



**Cuiavian University
in Włocławek**



**State Biotechnological
University**

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES
AND EQUIPMENT: DEVELOPMENT
PROSPECTS OF THE FOOD
AND RESTAURANT INDUSTRIES**

Scientific monograph



**IZDEVNIECĪBA
BALTIJA
PUBLISHING**

2022

*Recommended for printing and distribution via Internet
by the Academic Council of Baltic Research Institute
of Transformation Economic Area Problems according
to the Minutes № 2 dated 28.03.2022*

Reviewers:

Hrynchenko Olha Oleksiivna – Doctor of Technical Sciences, Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Head of the Department of Food Technologies in the Restaurant Industry, State Biotechnological University;

Deinychenko Hryhorii Viktorovych – Doctor of Technical Sciences, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Professor at the Department of Food Technologies in the Restaurant Industry, State Biotechnological University;

Zolotukhina Inna Vasylivna – Doctor of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Food Technologies in the Restaurant Industry, State Biotechnological University;

dr Elżbieta Nowakowska – Cuiavian University in Wloclawek;

dr Wiesław Pędziak – Cuiavian University in Wloclawek.

Innovative technologies and equipment: development prospects of the food and restaurant industries : Scientific monograph. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. 392 p.

CONTENTS

SECTION 1. «Delis» vegetarian cupcake technology using oatmeal and kelp (Antoniuk I. Yu., Medvedieva A. O.).....	1
1. The problem's prerequisites emergence and the problem's formulation	2
2. The results of the researcher.....	6
SECTION 2. Influence of Alternating Oscillations of Cutter Knives on their Stress-strain State And Fatigue Endurance (Batrachenko O. V.).....	18
1. The Force of Raw Materials on the Knife.....	18
2. Influence of Vibration Loads on the Stress-strain State of the Cutter Blades... ..	22
3. Stress-strain State of Knives under Static Load	30
4. Influence of Surface Hardening Technologies on the Endurance Limit of 65Г Steel	33
5. The Influence of the Design of the Cutter Knives on their Endurance Limit	33
SECTION 3. Technology of gluten-free cakes with buttermilk concentrate (Bezruchenko O. M.)	38
1. Analysis of the use of flour and secondary dairy raw materials in the technology of gluten-free flour confectionery	39
3. Technology of gluten-free cakes with buttermilk concentrate.....	46
SECTION 4. Innowacyjne technologie szybko mrożonych półfabrykatów z warzyw i grzybów (Belinska S. O., Kamieniewa N. W., Nesterenko N. A., Moroz O. O., Kepko W. M., Rogalskiy S. W.)	62
1. Konsumentne właściwości szybko mrożonych półproduktów z pomidorów	65
2. Właściwości konsumpcyjne mrożonych półproduktów z grzybów uprawnych.....	72
SECTION 5. Development of an expert-modeling system for the generation of ice cream formulations (Hrybkov S. V., Seidykh O. L.)	86
1. The emergence of the prerequisites for the problem of multicomponent food product formulation design	87
2. Mathematical apparatus for modeling ice cream formulations with specified quality indices	92

3. Knowledge base of the expert-modeling system.....	103
4. Implementation and testing of the expert-modeling system.....	108

SECTION 6. Technology and properties of low-lactose

semi-finished product based on sweet milk whey

(Gnitsevych V. A., Honchar Yu. M.) 118

1. Defining the preconditions and problem statement.....	119
2. Materials and methods for studying the influence of the semi-finished product's components ratio on the emulsification processes.....	125
3. Rheological properties' research of model systems based on semi-finished products	127

SECTION 7. Development of technologies of semi-finished

encapsulated products based on raw milk and their operation

in the conditions of intersectoral cooperation (Hrynchenko N. H.)..... 137

1. Development of intersectoral cooperation as a basis for improving the efficiency of the restaurant and food industry	138
2. Scientific substantiation and development of technology of semi-finished encapsulated products based on raw milk.....	143
3 Research of the main indicators of quality and safety of semi-finished encapsulated products, development of recommendations for their use in culinary and confectionery products	151

SECTION 8. The results of the study of colorimetric characteristics

of semi-finished products based on the targeted use of buttermilk

nutrients (Zolotukhina I. V.)..... 169

1. Modern directions of creation of combined products on a milk basis	169
2. The analysis of the nutritional value of carotene-containing vegetable raw materials for the production of semi-finished products based on coprecipitate from buttermilk	175
3. The analysis of modern structure stabilizers for dairy-protein dishes.....	187
4. The methods for determining the colorimetric characteristics of semi-finished products	189
5. The results of measuring the colorimetric characteristics of semi-finished products	193

SECTION 9. Technological features of flour composite mixtures

(Danyliuk I. P., Romanovska O. L.)..... 210

1. Analysis of the market of cereals and legumes in Ukraine. Consumer characteristics of different types of flour	210
---	-----

2. Technology of flour from germinated wheat grain.....	224
3. Physico-chemical and technological properties of flour mixtures from germinated wheat grain.....	229

**SECTION 10. Practical aspects of HACCP implementation
in Ukrainian educational institutions**

(Martsyn T. O., Vitriak O. P., Fedorova D. V.)	245
1. The stages of HACCP system implementation in Ukraine. Legislation on the organization of nutrition in educational institutions of Ukraine	246
2. Analysis of problems and ways to solve them in the implementation of the HACCP system in educational institutions.....	249

**SECTION 11. The efficiency of redistribution of energy resources
in the food industry by air heat pump system (Pidubnyi V. A.,**

Kravchenko M. F., Stadnyk I. Ya., Mykhailyk V. S.).....	259
1. The emergence of the preconditions of the problem and the formulation of the problem.....	260
2. Analysis of existing methods of problem solving and problem formulation for optimal development of technology.....	262
3. Modeling and optimization of energy consumption estimation in the processes of secondary circuit transformation	265

SECTION 12. Scientific fundamentals of resource-saving

technologies of jelly production (Foshchan A. L.).....	287
1. Molecular modeling of structure formation processes in aqueous solutions of collagen and agarose.....	289
2. Empirical modeling of functional and technological properties of jelly forming agents of different origin	303
3. Technologies of jelly products with low content of structural raw materials .	320

**SECTION 13. Functional and technological properties
of minced meat based on buttermilk concentrate**

(Yudina T. I., Deinychenko H. V., Nazarenko I. A.)	331
1. Defining the prerequisites and formulating the research problem.....	332
2. Research of functional and technological properties of multicomponent stuffing masses on the basis of buttermilk concentrate.....	339

SECTION 14. Research of indicators of quality and safety of sauces thermostable based on dairy raw materials (Yanushkevich O. I.)	350
1. Innovations in the technology of production of sauces based on dairy raw materials	351
2. Object, subjects and methods of research	352
3. Research of indicators of quality and safety of sauces thermostable based on raw milk and their changes during storage	354
 SECTION 15. Improving the technology of yeast dough made in an accelerated way (Popova S. Yu., Hopkalo L. M.)	 365
1. Scientific and practical aspects of producing semi-finished products from yeast dough by accelerated method.....	366
2. Object, materials and methods of research	369
3. Substantiation of technological parameters obtaining dry potato additive from secondary products of potato raw processing	371
4. Influence of dry potato additive on the technological process of yeast dough production and investigation of its quality	374

ТЕХНОЛОГІЯ ВЕГЕТАРІАНСЬКОГО КАПКЕЙКУ «ДЕЛІС» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІВСЯНОГО БОРОШНА ТА ЛАМІНАРІЇ

Антонюк І. Ю., Медведєва А. О.

ВСТУП

За останні роки спостерігається значне погіршення екологічного стану навколишнього середовища, що безпосередньо впливає на якість повітря, харчових продуктів тощо. Це, в свою чергу, призводить до зниження ефективності роботи організму та погіршення стану здоров'я. Окрім екологічних факторів, також вагомими є і наступні чинники. По-перше, це сумнівна та/або низька якість харчових продуктів, а також порушення правил їх транспортування, зберігання. По-друге, ненормований темп життя, в якому немає місця для повноцінного раціонального харчування, замість якого є час лише на швидкі перекуси напівфабрикатами, кавою тощо, що однозначно не приносить користі, а тільки короточасне насичення та шкоду організму. Також, спостерігається зниження матеріальних можливостей населення забезпечувати себе якісними та натуральними продуктами. Крім того, неосвіченість у таких питаннях як біохімічні, енергетичні властивості продуктів, показання та протипоказання до вживання, негативно впливає на стан здоров'я¹.

Вивчення харчового статусу населення України свідчить про тенденцію його погіршення. За останні роки поступово знизилася споживання продуктів тваринного походження, овочів та фруктів, і, навпаки, підвищилася – хліба, круп, макаронних, кондитерських виробів, цукру. Усе це привело до зниження забезпеченості білками, вітамінами, макро– і мікроелементами, як наслідок, – більшість

¹ Причини изменений в структуре питания современного человека. Здоровье и организм: полезные советы. – URL: <http://opportunity.com.ua/teoriya/prichiny-izmenenij-v-strukture-pitaniya-sovremennogo-cheloveka.html>

населення має відхилення в стані здоров'я й потребує забезпечення дієтичним і лікувально-профілактичним харчуванням².

Всі ці аспекти підштовхують науковців до розробки інноваційних технологій різних страв (виробів), які були б набагато кориснішими, мали більш збалансований склад, містили багато необхідних людському організму біологічних речовин та були вироблені з продуктів із високими функціональними та технологічними показниками. Легка засвоюваність, багатий склад, високі фізико-хімічні показники також мають доповнюватися збалансованістю смаку та задовольняти інші органолептичні вимоги.

1. Виникнення передумов проблеми та формулювання проблеми

Кексові вироби у наш час представлені на вітринах багатьох закладів різних типів і класів та являють собою одну з найбільш універсальних позицій у меню, тому вони користуються не аби яким попитом серед споживачів. Хоча і кекси, і капкейки відносять до групи кексових виробів, та й між собою вони мають багато спільного, у зв'язку з чим їх легко сплутати, все ж між ним існує ряд відмінностей. По-перше, кексове тісто може бути виготовлене з використанням дріжджів, а тісто для капкейків, зазвичай, не містить у своїй рецептурі даного інгредієнту. По-друге, м'якуш кексу завжди більш пористий та легкий за структурою, ніж м'якуш капкейка. Основа кексу є більшою за розмірами (якщо порівняти вироби у паперових формах), тоді як капкейки менші та не такі об'ємні, діаметр капкейку становить в середньому 5-6 см. Крім того, якщо капкейк завжди має порційну форму подачі у паперових формах, то кекси можуть бути презентовані як у даній формі, так і у вигляді прямокутника чи кільця з отвором всередині. І декорування виробів теж має свої особливості: якщо для прикрашання кексів зазвичай використовують цукрову пудру, глазур, ягоди, горіхи, то для оформлення капкейків розповсюдженим є викладення кремової шапки, використання прикрас та елементів декору з мастики різної складності, топінги.

До класичної рецептури кексового тіста входять пшеничне борошно, яйця, цукор, вершкове масло, ванільний екстракт, розпушувач, сіль. Для виготовлення крему використовуються,

² Екологія і захворювання щитоподібної залози: монографія; 2-ге вид-ня, допов. і перероб / В.Н. Корзун, Т.О. Воронцова, І.Ю. Антонюк; за заг. ред. д-ра мед. наук, проф. В.Н. Корзуна. – К.:Кафедра, 2020. – 740 с.

зазвичай, молочні продукти, цукор, іноді яйця та різні смакові добавки. Вироби за такими класичними рецептурами хоч і містять певну кількість корисних речовин, втамовують голод, підвищують вміст гормону щастя в організмі тощо, та все ж, такі кондитерські вироби не можна віднести до класу корисних, рекомендованих до вживання. Все це відбувається через вміст цукру, пшеничного борошна, частково, через наявність молочних продуктів³.

Окремо потрібно підкреслити проблему дефіциту йоду в організмі людини на наш час. Хоча про актуальність цієї проблеми і не говорять так широко, як про інші нутрієнти, такі як вітаміни, білки тощо, дане питання є не менш важливим та потребує підвищеної уваги. Йод є мікроелементом, який забезпечує синтез гормонів щитовидною залозою, що регулює метаболізм організму людини. Нестача йоду в організмі призводить до постійного відчуття виснаження організму, збільшення щитовидної залози, погіршення розумової діяльності, підвищення вмісту холестерину, погіршення функціонування імунної системи, набряків, випадіння волосся, погіршення стану шкіри; у дітей спричиняє затримування розвитку та росту, а під час вагітності навіть незначна нестача йоду в організмі вагітної жінки, може призвести до проблем із здоров'ям дитини. Щоб запобігти виникненню дефіциту йоду, потрібно дотримуватися рекомендованих норм вживання цього елемента: для дітей віком до 6 років – 90 мкг/добу, віком від 6 до 12 років – 120 мкг/добу, для осіб від 12 років – 150 мкг/добу та для вагітних жінок чи жінок, що годують грудьми норма складає 200-250 мкг/добу. Але, як свідчить статистика, проблема нестачі йоду в організмі зафіксована в усіх регіонах України, середній показник вживання йоду українцями – 40-70 мкг, що не відповідає рекомендованим нормам. Все це відбувається через нестачу йоду у воді, ґрунті, як наслідок, у харчових продуктах. Виходом із даної ситуації є включення до раціону йодовмісних продуктів. Зі свого боку, представники кулінарної індустрії мають розробляти нові рецептури з використанням продуктів, багатих на йод, щоб розширити сегмент таких страв (виробів) і тим самим надати споживачам більше

³ Романова М.Ю. Модная выпечка: лучшие рецепты макарон, фонданов, маффинов, капкейков, чизкейков, брауни / М. Романова – Х. : Виват, 2017. – 224 с.

можливостей вживати продукти, збагачені цим необхідним елементом^{4,5,6}.

Для підвищення харчової цінності виробленої продукції, зниження негативного впливу гастрономічних чинників на стан здоров'я людини, а також реформування харчових звичок населення, для забезпечення та підтримування функціонування організму, слід переглядати склад страв і замінювати менш цінні та шкідливі компоненти на більш корисні, необхідні біологічні речовини. За останні роки харчова індустрія розвивається досить стрімко, що відкриває нові можливості у використанні інноваційних технологій обробки продуктів з можливістю максимального збереження їх харчової та біологічної цінності; дозволяє працювати з новими продуктами (невідомими чи маловідомими дотепер), використовувати незвичні нам досі поєднання структур і складових. Також і новітні та детальні дослідження самих харчових продуктів на різних рівнях дозволяють краще пізнати усі їх властивості, дізнатися більше про користь та шкоду і зробити відповідні висновки. Все це має стати поштовхом до розробки нових технологій та вдосконалення вже існуючих на користь правильного раціонального харчування.

Щоб збагатити харчові продукти біологічно активними речовинами, мікро- та макроелементами, харчовими волокнами, використовують багато різних харчових добавок, одними з яких є морські водорості та продукти їх переробки. Цей продукт є достатньо вигідним і доцільним для доповнення складу різних страв, оскільки продуктами синтезу морських водоростей є широкий перелік речовин, таких як полісахариди (альгінова кислота, глюкан, пектини, лігніни, галактани), вітаміни А, групи В, С, D, РР, К, каротини, фенольні сполуки, ферменти, стерини, мінеральні речовини тощо. Саме завдяки своєму багатому та своєрідному складу, наявності великої кількості корисних речовин морські водорості та продукти їх переробки покращують роботу імунної системи, сприяють виведенню токсичних речовин і радіонуклідів, підтримують роботу

⁴ Проблема мікроелементів у харчуванні населення України та шляхи їх вирішення / В.Н. Корзун, І.П. Козярін, А.М. Парац та ін. // Проблеми харчування. – 2007. – № 1. – С. 5-11.

⁵ Чим небезпечний йододефіцит і як уберегтися. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/chim-nebezpechnij-jododeficit-i-jak-uberegtisja>

⁶ Йододефіцит – проблема, якої не повинно бути. URL: <https://www.medcv.gov.ua/archives/25859>

щитовидної залози, покращують біостимулюючу функцію. Особливу цінність морські водорості мають через наявність в них надзвичайно важливого елементу – йоду в органічній формі, який міститься в обмеженому переліку продуктів та є дуже важливим для нормального функціонування організму людини^{7,8}.

Підсумовуючи усі вищезазначені факти та доводи, було вирішено розробити нову рецептуру та технологію кексового виробу (капкейку) з підвищеною біологічною та харчовою цінністю. Також за концепцію взято не лише ідею корисного виробу з покращеними характеристиками, а й дотримання рецептурних вимог щодо вегетаріанських страв. Тому що зараз ця гастрономічна течія все більше і більше набуває популярності саме через те, що більшість вегетаріанської продукції є корисною та містить меншу кількість шкідливих компонентів.

Метою наукової роботи є розробка інноваційної технології кексових виробів, зокрема капкейків, аналіз проведеної роботи та формування висновків щодо результатів експерименту.

Об'єктом дослідження є технологія вегетаріанського капкейку «Деліс» із використанням вівсяного борошна (ТУ У 46.22.054-94) та ламінарії (ТУ У 00382119-01-97).

За контроль обрано капкейк зі сметанним кремом, який виготовлено за традиційною технологією. Технологія капкейку складається із наступних етапів: підготовки сировини, перемішування сухих компонентів; збивання яєць з цукром, олією та вершковим маслом; з'єднання сухих компонентів та збитих яєць, додавання кефіру в два етапи; розливання отриманої маси у паперові форми в металевій ємкості, випікання у духовій шафі при температурі 180°C протягом 30 хвилин та подальшого охолодження. Готові капкейки прикрашаються сметанним кремом⁹.

Недоліком рецептури контрольного виробу є незадовільні показники харчової та біологічної цінності, неактуальність рецептури згідно кулінарних тенденцій сьогодення, наявність

⁷ Ситник І.П., Удворгелі Л.І., Дробот В.І. «Водорості, як джерело біологічно активних речовин» / Національний університет харчових технологій. м. Київ. – 2016. с. 1. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7937/1/dvivydbar.pdf>

⁸ Ламінарія – найкорисніша водорість. URL: <https://sayyes.com.ua/ua/laminiya-samaya-poleznaya-vodorosl/>

⁹ Рецепт капкейка зі сметанним кремом. URL: https://www.youtube.com/watch?v=uc3vU_Xe1oI

великої кількості цукру, наявність молочних продуктів, що в свою чергу унеможливило споживання даного виробу певним сегментом населення (люди з непереносимістю лактози) – це спричиняє зниження попиту на дану позицію меню, що є економічно не раціональним, а також висока калорійність за рахунок великої кількості жирів у складі; наявність швидких вуглеводів, які не є корисними для організму, високий глікемічний індекс. Усі ці аспекти стали поштовхом для розробки інноваційної рецептури та технології кексових виробів, які б відповідали канонам сучасних гастрономічних поглядів.

2. Результати дослідження

З метою покращення харчової та біологічної цінності капкейку було вирішено певну кількість пшеничного борошна частково замінити на вівсяне, замість яєць додати мигдалеве молоко, замість вершкового масла – рослинну олію, цукор замінити на мед, а рецептуру крему, до якого входять сметана, цукор, вершкове масло та пшеничне борошно, замінити новою рецептурою, до якої входять фініки, банани, лимонний сік. Також до рецептури крему додано морську водорість ламінарію.

Пшеничне борошно вищого гатунку, яке, зазвичай, використовується для виготовлення даних виробів, не містить великої кількості біологічно активних речовин, а навпаки, лише багате на вуглеводи. Зі зниженням гатунку кількість корисних речовин збільшується, але все ж цей вид борошна не можна віднести до найкорисніших. Саме тому вирішено частково замінити пшеничне борошно на вівсяне, яке містить не лише білок і жир, а й вітаміни групи В, вітаміни А і Е, макроелементи та насичені жирні кислоти (табл. 1).

Задля отримання вихідного продукту не лише зі збагаченим складом, а й із збалансованим смаком, методом експериментів і проробок було вирішено використовувати суміш пшеничного і вівсяного борошна у співвідношенні 70/30. Ціллю даної частини експерименту було якомога більше заміщення пшеничного борошна вівсяним, але саме дане співвідношення є найвлучнішим, тому що при додаванні більшої кількості вівсяного борошна, отримано виріб із м'якушем гіршої за якістю структури та органолептичні показники були незадовільні: занадто виражений смак вівсянки, що перебивало смак інших добавок, також був відчутний більш насичений запах вівсяного борошна. При додаванні вівсяного борошна у кількості

30% від загальної маси, отримано м'якуш пухкої, пористої структури, вівсяний присмак не відчувається, аромат є ледь відчутним та нерізким.

Таблиця 1

Вміст нутрієнтів борошна на 100г продукту (істівна частина)¹⁰

Показники	Пшеничне борошно	Вівсяне борошно
Енергетична цінність		
Калорійність, кКал	334	369
Нутрієнти		
Вода, г	14	9
Білки, г	10.8	13
Жири, г	1.3	6.8
Вуглеводи, г	69.9	64.9
у т.ч. харчові волокна, г	3.5	4.5
Зола, г	0.5	1.8
Вітаміни		
В1, мг	0.17	0.35
В2, мг	0.04	0.1
Е, мг	1.5	1.5
РР, мг	3	4.3
Макроелементи		
Калій, мг	122	280
Кальцій, мг	18	56
Магній, мг	16	110
Натрій, мг	3	21
Фосфор, мг	86	350

Щодо яєць та вершкового масла, то їх теж замінено у рецептурі, тому що концепція даного капкейку орієнтована не лише на отримання корисного виробу, а і передбачає, що виріб є вегетаріанським. Хоча є різні види вегетаріанства, обмеження у яких на ті чи інші продукти різняться, з метою охоплення інтересів усіх груп даної течії, рецептура є більш універсальною, тому виключені усі можливі недопустимі компоненти.

Яйця замінені на мигдалеве молоко (виробництво Іспанії), оскільки під час експерименту було виявлено, що за відсутності рідкого компоненту, отримати необхідну консистенцію тіста неможливо, а при спробах замінити яйця на фруктові компоненти (пюре фруктів окремо чи у поєднанні один з одним), було отримано глевкий, не пропечений м'якуш непривабливого вигляду, а також смакові якості не відповідали вимогам. Мигдалеве молоко є чудовою альтернативою тому, що воно

¹⁰ Калькулятор калорійності продуктів. URL: <https://health-diet.ru>

підходить для використання у вегетаріанських стравах, а також не містить лактози та холестерину. Оскільки зараз значно збільшилась кількість людей, які мають непереносимість лактози та просто тих, хто не бажає вживати продукти з вмістом вищеперелічених речовин, то саме цей компонент є більш вдалим варіантом, ніж молоко тваринного походження. До того ж, воно містить деякі корисні речовини (на 100 мл): білок – 0,5 г, жири – 1,1 г (у т.ч. насичені – 0,1 г, мононенасичені – 0,8 г, поліненасичені – 0,2 г); вуглеводи – 3,0 г (клітковина – 0,5 г); калорійність – 24 ккал; вміст вітамінів становить: D – 0,75 мг; B₂ – 0,21 мг, B₁₂ – 0,38 мг, E – 1,8 мг; вміст кальцію – 120 мг. Вміст саме цих речовин сприяє очищенню складу крові за рахунок наявності поліненасичених жирних кислот; підтриманню стану шкіри та епітелію тканин завдяки вмісту вітаміну E; нормалізуванню травлення та не перевантажує шлунково-кишковий тракт, тому що у ньому відсутні білки тваринного молока, які спричиняють у багатьох людей важкість та неприємні відчуття (навіть у тих, хто не має непереносимості лактози)¹¹.

Вершкове масло замінено на рослинну олію, тому що наявність жиру необхідна у рецептурі для забезпечення потрібної консистенції та уникнення прилипання тіста до форм під час випікання. В якості олії обрано оливкову. Вона, безсумнівно, корисніша за вершкове масло тому, що не містить холестерину, цей елемент притаманний лише тваринним продуктам; містить мононенасичені жирні кислоти (омега-9) та багата на вітаміни E, K, групи B, мінеральними речовинами, фенольними сполуками (табл. 2)¹².

Замість цукру до тіста додається мед. Цукор має вищий глікемічний індекс, а отже після його вживання рівень глюкози у крові значно підвищується, в той час, як при вживанні меду така різка динаміка не спостерігається внаслідок меншого вмісту фруктози. Також мед містить у своєму складі такі мінеральні речовини як калій та магній, антиоксиданти і ферменти, чого не можна сказати про цукор. Тому переваги використання меду очевидні¹³.

Рецептуру крему теж було змінено. До її складу у контрольному виробі входять такі компоненти: сметана, цукор, вершкове масло, пшеничне борошно. Але усі ці складові не задовольняють загальної концепції нового виробу (аспекти описані вище), тому було

¹¹ Мигдалеве молоко: користь та шкода. URL: <https://medfond.com/korysni-produkty/korist-migdalevogo-moloka.html>

¹⁰ Калькулятор калорійності продуктів. URL: <https://health-diet.ru>

¹² Султанович Ю. А. «Яке масло корисніше». URL: <https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/podsolnechnoe-vs-olivkovoe-kakoe-maslo-poleznee/>

¹³ Що корисніше – мед чи цукор. URL: <https://www.apteka.ua/article/412715>

розроблено нову рецептуру крему. Використано лише рослинні компоненти, а саме: фініки, банани, сік лимона.

Таблиця 2

Вміст нутрієнтів в оливковій олії (на 100 г)¹⁰

Калорійність, кКал	898	Стероли	
Жири, г	99.8	β-ситостерол, мг	100
Вода, г	0.2	Насичені жирні кислоти	
Вітаміни		Пальмітинова, г	12.9
В4, мг	0.3	Стеаринова, г	2.5
Е, мг	12.1	Арахінова, г	0.85
К, мг	60.2	Мононенасичені жирні кислоти	
Мінеральні речовини		Пальмітолеїнова, г	1.55
Калій, мг	1	Олеїнова, г	64.9
Кальцій, мг	1	Гадолеїнова, г	0.5
Натрій, мг	2	Поліненасичені жирні кислоти	
Фосфор, мг	2	Ліноленова, г	12
Залізо, мг	0.4	Омега-6 жирні кислоти, г	12

Із метою покращення показників біологічної цінності та корисності продукту до складу рецептури додано ламінарію. Це придатна до вживання морська водорість, яка належить до класу бурих. У ній наявно багато корисних мікроелементів, що і зумовлює її цінність та корисні властивості. Найголовнішою її складовою є органічний йод, який є життєво необхідним хімічним елементом для організму людини, саме тому ламінарія рекомендована до вживання багатьма лікарями та дієтологами.

Ламінарію додано до крему, а не до тіста, щоб уникнути теплової обробки, з метою максимального збереження її корисних властивостей. Оскільки під час теплової обробки відбувається частковий або повний розпад (залежить від умов) певних біологічно активних речовин (зокрема йоду), у зв'язку з чим ці елементи втрачають свої властивості, а отже, рівень користі від харчової добавки знижується. За результатами попередніх досліджень було виявлено, що ламінарія додається від 0.7% до 1% від маси крему. На підставі проведеної математичної обробки визначено раціональну кількість добавки ламінарії до маси крему, яка становить 0.8% від маси крему. Саме за такої кількості добавки буде підвищено біологічні показники виробу, але й органолептичні показники не будуть погіршені, адже ламінарія все ж має специфічний солонкуватий смак, тому якщо її додати забагато, буде відчуватися її присмак, що не є допустимим у солодких стравах та виробах.

На основі плану реалізації вирішення поставленої проблеми випечено виріб за новою рецептурою, задля перевірки наукової гіпотези експериментальним шляхом та отримання наглядних результатів. Новому виробу надано назву «Деліс», що походить від французького *ledélice* – захоплення та англійського *delicious* – смачний.

Технологічна схема виробництва капкейку «Деліс» наведена на рис. 1, фото готового виробу наведено на рис. 2.

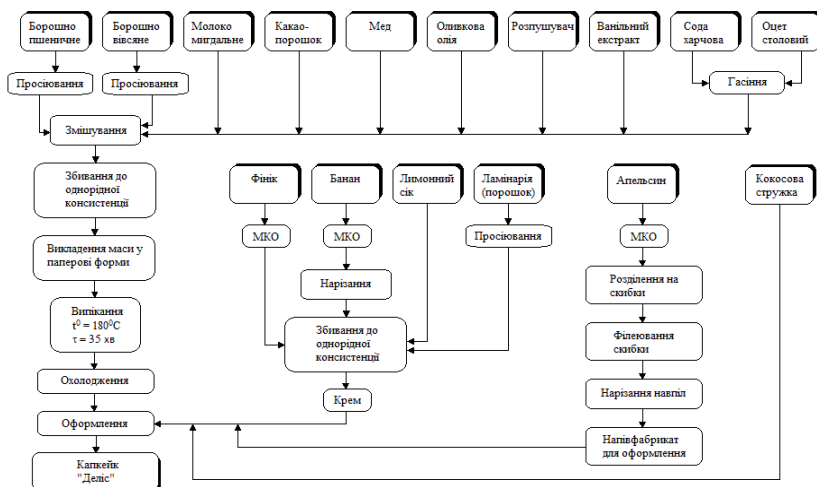


Рис. 1. Технологічна схема виробництва капкейка «Деліс»



Рис. 2. Капкейк «Деліс» підвищеної біологічної цінності

Здійснено органолептичну оцінку розробленого виробу (кексової основи) за нижчезазначеними показниками і доведено, що розроблена рецептура є доцільною для реалізації і підходить для подальшого її використання. Результати органолептичної оцінки наведені у таблиці 3. Сенсорний аналіз проводили на основі нормативних документів та рекомендацій щодо кексових виробів¹⁴.

Таблиця 3

Органолептична оцінка кексових основ контрольного та дослідного виробів

Органолептичні показники	Контрольний виріб	Дослідний виріб
Смак	Приємний, виражений, солодкий	Приємний, в міру солодкий, з присмаком какао
Запах	Ванільний	Легкий аромат ванілі та какао
Колір	Світло-коричневий	Темно-коричневий
Структура м'якуша	Пориста, пухка, м'яка	Пориста, м'яка, щільна
Наявність підгорілостей	Відсутні	
Наявність надривів і тріщин	Відсутні	Є маленькі тріщини, які не впливають на якість виробу
Наявність непропеченостей	Відсутні	
Правильність форми	Форма правильна, без просідань та напливів	

Проведено органолептичну оцінку крему з використанням ламінарії. Результати органолептичної оцінки наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Органолептична оцінка крему з використанням ламінарії

Органолептичні показники	Контрольний зразок	Дослідний зразок
Смак	Солодкий, наявний сметаний присмак, жирнуватий	В міру солодкий з кислинкою
Запах	Легкий сметанный	Легкий фруктовий
Колір	Молочний	Світло-коричневий
Консистенція	Щільна, однорідна	Легка, однорідна
Наявність розшарувань	Відсутні	

¹⁴ Дончевська Р.С., Пустовраг А.В. «Сенсорний аналіз кексів провідних вітчизняних виробників». URL: <https://www.inter-nauka.com/uploads/public/14509457855525.pdf>

В цілому слід зазначити, що запах основи легкий, приємний, відчутні нотки вівсянки та какао, не є різким, неприємним, підгорілим, не відчувається запах вівсянки чи сторонні запахи; крем має фруктовий, свіжий аромат. Смак основи збалансований, приємний, помірно виражений, в міру солодкий, відчутний присмак какао, не різкий, не має неприємного, підгорілого, стороннього запаху; крем має фруктовий, свіжий смак, без сторонніх присмаків. Основа є цілісною, без таких дефектів як тріщини, надломи, розриви, підгорілості, напливи, просідання, має однорідний темно-коричневий колір, тримає форму та відповідає розмірам; крем темно-жовтого кольору, однорідний, без розшарувань чи сторонніх домішок. М'якуш має однорідну пористу і в міру щільну структуру, є добре пропеченим і м'яким, відсутні сторонні домішки, пустоти і розшарування, ознаки закалу.

Підсумовуючи результати органолептичної оцінки, можна зазначити, що контрольний та дослідний зразки мають хороші показники, які задовольняють загальні вимоги. Хоча в цілому виробі відрізняються один від одного, але це є аргументованою різницею. Таким чином, усі особливості використаних компонентів рецептури ніяк не погіршують загального стану дослідного зразку, тому він може бути рекомендований до виробництва.

Вміст мінеральних речовин визначено атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Techtron-AA-4 (Австрія), Йоду – методом інверсійної вольтамперометрії (прилад АВА-3, Росія)¹⁵, амінокислот – за S. Moore і W. Stein у модифікації Н. Н. Алахова, К. В. Єгорова і М. І. Решетова на аміноаналізаторі Biotronik-5001 (ФРН)¹⁶; білків – розрахунково (для готових страв); розчинних та нерозчинних харчових волокон – ферментативно-гравіметричним методом¹⁷; визначення водорозчинних вітамінів – методом

¹⁵ Tomcik P. Voltammetric determination of iodide by use of an investigated microelectrode array / P. Tomcik, D. Bustin // Fresenius J. Anal. Chem. – 2001. – Vol. 371. – P. 362–364.

¹⁶ Хроматографирование аминокислот. Справочник химика 21. URL: <http://chem21.info>.

¹⁷ Продукты пищевые функциональные. определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. гост р 54014-2010 – url: <http://vsegost.com/catalog/50/50525.shtml>

високоєфективної рідинної хроматографії¹⁸; вітамін Е – за ГОСТ Р 54634-2011¹⁹.

Хімічний склад та енергетична цінність контрольного та розробленого зразків, а також задоволення добової потреби наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Хімічний склад та енергетична цінність контрольного та розробленого зразків (на 80 г)

Нутрієнти	Вміст у виробках		Добова потреба (жінки) ²⁰	Задоволення добової потреби, %	
	контроль	дослід		контроль	дослід
Білки, г	4.5	3.8	66	6.8	5.8
Жири, г	32.3	6.1	70	46.1	8.7
Вуглеводи, г	39.7	32	326	12.2	9.8
Клітковина, г	0.5	3.1	38	1.3	8.2
Енергетична цінність, ккал	467.4	197.3	2200	21.2	9.0
Вітаміни					
В ₁ , мг	0.05	0.1	1.3	3.8	7.7
В ₂ , мг	0.14	0.12	1.6	8.8	7.5
С, мг	0.22	14.27	70	0.3	20.1
РР, мг	1.25	1.65	16	7.8	10.3
Мінеральні речовини					
Калій, мг	98	372	1920	5.1	19.4
Кальцій, мг	62	59	1100	5.6	5.4
Магній, мг	9	75	500	1.8	15
Залізо, мг	0.74	2.51	17	4.4	14.8
Йод, мкг	7	150	150	4.7	100
Селен, мкг	6	22	50	12	44
Цинк, мг	0.43	0.46	12	3.6	3.8

Проаналізувавши дані (табл. 5), можна зробити висновки щодо хімічного складу контрольного та дослідного зразків. У дослідному

¹⁸ Определение водорастворимых витаминов в пищевых продуктах методом высоко-эффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. URL: http://cn.agilent.com/cs/library/applications/5991-3523_RURU_print.pdf

¹⁹ Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина Е. ГОСТ Р 54634-2011. URL: <http://vsegost.com/Catalog/52/52088.shtml>

²⁰ Наказ про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії. Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17>

зразку, порівняно з контрольним, збільшилася кількість вітаміну В₁ у двічі, РР – на 32%; С – у 65 разів. Значною мірою зросла кількість мінеральних речовин особливо, йоду – у 21.4 рази, селену – у 3.7 разів, магнію – у 8.3 рази, калію – 3.8 рази, заліза – у 3.4 рази, що в свою чергу сприяло покращенню задоволення добової потреби в цих нутрієнтах. Щодо контрольного зразку, в ньому більша кількість білку, але слід враховувати, що даний білок є тваринного походження, на відміну від усіх білків, які входять до складу розробленого виробу. Також контрольний зразок містить набагато більше жирів, що в свою чергу робить цей виріб більш калорійним порівняно з дослідним зразком у 2.4 рази. Контрольний капкейк відрізняється великою кількістю вуглеводів, але на протигагу цьому, вміст клітковини мізерно малий, а в дослідному зразку кількість клітковини зростає у 6.2 рази.

Тож підсумувавши порівняльну оцінку хімічного складу контрольного та дослідного зразків, можна зробити висновки, що хімічний склад щодо корисних для організму нутрієнтів, є більш багатим у розробленого виробу, він є більш корисним і дієтичним, в той час як контрольний зразок містить у великій кількості саме ті складові, яких бажано уникати у раціонах харчування, а також є дуже калорійним.

ВИСНОВКИ

Провівши аналіз проблематики покращення харчової цінності кексових виробів, було визначено варіанти вирішення даної проблеми та шляхом експериментів і проробок розроблено найбільш вдалу рецептуру інноваційного виробу.

За контрольний виріб було обрано рецептуру класичного капкейка зі сметанним кремом. Навіть не дивлячись на те, що контрольний виріб не містить у своєму складі синтетичних чи модифікованих добавок, за харчовою та біологічною цінністю він не відповідає вимогам. На підставі цього положення, під час розробки нової рецептури виробу, за основу було взято ідею створення корисного виробу з покращеними показниками харчової та біологічної цінності.

Капкейк «Деліс» має не лише збалансований склад, покращені біологічні та харчові показники, а й відмінні результати органолептичної оцінки, а також у виробі прослідковується закладена концепція вегетаріанської страви, яка є частиною головної ідеї корисного кексового виробу. Як результат, виріб являє собою поєднання улюбленого усіма нами солодкого виробу, та, водночас, корисного, збагаченого біологічно активними речовинами продукту,

який не завдасть шкоди здоров'ю людини. До того ж, саме чіткість, продуманість та орієнтованість на концепт здорової їжі, роблять даний виріб більш доступним для людей з обмеженнями у харчуванні, які на даний час дуже поширені та спричинені як захворюваннями чи медичними рекомендаціями, так і поглядами та стилем життя.

На розроблений виріб отримано Патент на корисну модель № 14648 від 01.09.2021 р. «Спосіб виготовлення капкейку вегетаріанського підвищеної біологічної цінності»

Резюмуючи результати проведених досліджень, можна зробити висновок, що розроблена нова рецептура та технологія є вдалими та новий капкейк можна рекомендувати до виробництва у закладах ресторанного господарства, як продукт підвищеної харчової та біологічної цінності.

АНОТАЦІЯ

Вивчення харчового статусу населення України свідчить про тенденцію його погіршення. Це привело до зниження забезпеченості білками, вітамінами, макро– і мікроелементами, як наслідок, – більшість населення має відхилення в стані здоров'я й потребує забезпечення дієтичним і лікувально-профілактичним харчуванням. Багато проблем зі здоров'ям пов'язано з дефіцитом йоду та його сенергістів у раціонах харчування.

Виходом із даної ситуації є включення до раціону йодовмісних продуктів, зокрема морських водоростей та продуктів їх переробки. Для створення нових виробів із підвищеним вмістом органічного йоду використано морську водорість ламінарію. У ній наявно багато корисних мікроелементів, що і зумовлює її цінність та корисні властивості.

Розроблено нову технологію вегетаріанського капкейку з використанням вівсяного борошна, а також морської водорості ламінарії. Запропонована технологія дозволяє отримати вироби підвищеної харчової та біологічної цінності. Значною мірою зросла кількість мінеральних речовин особливо, йоду – у 21.4 рази, селену – у 3.7 разів, магнію – у 8.3 рази, калію – 3.8 рази, заліза – у 3.4 рази, що в свою чергу сприяло покращенню задоволення добової потреби в цих нутрієнтах.

Розроблені вироби відрізняються підвищеним вмістом вітамінів групи В, С, Е, РР, не містять цукру. На розроблену нову рецептуру та технологію отримано Патент на корисну модель № 14648 від 01.09.2021 р. «Спосіб виготовлення капкейку вегетаріанського підвищеної біологічної цінності»

Новий капкейк можна рекомендувати до виробництва у закладах ресторанного господарства, як продукт підвищеної харчової та біологічної цінності, що може бути включений до раціонів харчування як дорослих, так і дітей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Причины изменений в структуре питания современного человека. Здоровье и организм: полезные советы. – URL: <http://opportunity.com.ua/teoriya/prichiny-izmenenij-v-strukture-pitaniya-sovremennogo-cheloveka.html>

2. Екологія і захворювання щитоподібної залози: монографія; 2-ге вид-ня, допов. І перероб / В.Н. Корзун, Т.О. Воронцова, І.Ю. Антонюк; за заг. ред. д-ра мед. наук, проф. В.Н. Корзуна. – К. : Кафедра, 2020. – 740 с.

3. Романова М.Ю. Модная выпечка: лучшие рецепты макарунов, фонданов, маффинов, капкейков, чизкейков, брауни / М. Романова – Х. : Виват, 2017. – 224 с.

4. Проблема мікроелементів у харчуванні населення України та шляхи їх вирішення / В.Н. Корзун, І.П. Козярін, А.М. Парац та ін. // Проблеми харчування. – 2007. – № 1. – С. 5-11.

5. Чим небезпечний йододефіцит і як уберегтися. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/chim-nebezpechnij-jododeficit-i-jak-uberegtisja>

6. Йододефіцит – проблема, якої не повинно бути. URL: <https://www.medcv.gov.ua/archives/25859>

7. Ситник І.П., Удворгелі Л.І., Дробот В.І. «Водорості, як джерело біологічно активних речовин»/ Національний університет харчових технологій. м. Київ. – 2016. – с. 1. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7937/1/dvivydbar.pdf>

8. Ламінарія – найкорисніша водорість. [Електронний ресурс] Доступний з: <https://sayyes.com.ua/ua/laminariya-samaya-poleznaya-vodorosl/>

9. Рецепт капкейка зі сметаним кремом. URL: https://www.youtube.com/watch?v=uc3vU_Xe1oI

10. Калькулятор калорійності продуктів. URL: <https://health-diet.ru>

11. Мигдалеве молоко: користь та шкода URL: <https://medfond.com/korysni-produkty/korist-migdalevogo-moloka.html>

12. Султанович Ю.А. «Яке масло корисніше». URL: <https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/podsolnechnoe-vs-olivkovoe-kakoe-maslo-poleznee/>

13. Що корисніше – мед чи цукор. URL: <https://www.apteka.ua/article/412715>

14. Дончевська Р.С., Пустовраг А.В. «Сенсорний аналіз кексів провідних вітчизняних виробників». URL: <https://www.inter-nauka.com/uploads/public/14509457855525.pdf>

15. Tomcik P. Voltammetric determination of iodide by use of an investigated microelectrode array / P. Tomcik, D. Bustin // Fresenius J. Anal. Chem. – 2001. – Vol. 371. – P. 362–364.

16. Хроматографирование аминокислот. Справочник химика 21. – URL: <http://chem21.info>.

17. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. ГОСТ Р 54014-2010 – URL: <http://vsegost.com/Catalog/50/50525.shtml>

18. Определение водорастворимых витаминов в пищевых продуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием – URL: http://cn.agilent.com/cs/library/applications/5991-3523RURU_print.pdf

19. Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина Е. ГОСТ Р 54634-2011 – URL: <http://vsegost.com/Catalog/52/52088.shtml>

20. Наказ про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії. Міністерство охорони здоров'я України. URL: [з:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17)

Information about the authors:

Antoniuk Iryna Yuriyivna,

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology and the
Organization of restaurant business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Medvedieva Anzhelika Oleksandrivna,

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology and the
Organization of restaurant business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

INFLUENCE OF ALTERNATING OSCILLATIONS OF CUTTER KNIVES ON THEIR STRESS-STRAIN STATE AND FATIGUE ENDURANCE

Batrachenko O. V.

INTRODUCTION

Cutters are known to be one of the main types of meat processing equipment. The main working parts of the cutter are crescent-shaped knives, the design of which depends on the efficiency of processing raw materials in the cutter and the durability of the machine itself. Knives in their work are a subject to alternating oscillations, which directly limits their durability. It is important to find ways to increase the strength and durability of cutter blades.

1. The Force of Raw Materials on the Knife

To determine the stress-strain state of the knives, it is necessary, first of all, to determine the forces acting on it during operation. The magnitude of the effort depends significantly on the cutting angle. Minimizing the blade cutting angle is especially important for cutter blades. This is achieved by kinematic transformation of the cutting angle (Fig. 1) – when using curved blades cutting angle β_1 always less than the sharpening angle β .

The effect of the blade sharpening angle on the resistance of its movement through the raw material and, accordingly, on the value of the pressure on the surface of the knife blade remains unexplored. This does not allow to obtain high accuracy when calculating the cutter blades for strength and does not allow to determine effective ways to further improving them.

A three-dimensional model of the laminar motion of an incompressible viscous fluid based on the Navier-Stokes equations and the continuity of the medium was chosen for modeling:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \cdot \vec{v} = \frac{1}{\rho} \nabla p + \frac{1}{\rho} \nabla (\mu \nabla \vec{v}) + \vec{S}, \quad (1)$$

$$\text{div } \vec{v} = 0$$

where \vec{v} – vector field of velocities; t – time; p – pressure; ρ – density;

μ – dynamic viscosity; \vec{S} – mass forces.

The boundary conditions were set as follows (in terms of FlowVision):

– at the entrance to the settlement area – input, normal speed –

$$v_n|_p = v_0;$$

– upper, lower and rear faces of the settlement area – free exit – $p|_p = 0$; $v|_p = v_\tau|_p$ at $(\vec{v}, \vec{n}) > 0$, $\nabla(v_i, \vec{n})|_{sp} = 0$ at $(\vec{v}, \vec{n}) \leq 0$.

– knife surface – wall, logarithmic law, taking into account the value of sand roughness in microns – $v_n|_p = 0$; $\tau|_p = \mu \frac{\partial v}{\partial y}|_{v=0}$;

– side surfaces of the calculation area – symmetry, wall with slipping – $v_n|_p = 0$, $\frac{\partial v_\tau}{\partial n}|_p = 0$;

Here v_n, v_τ – are normal and tangential components of velocity vectors, $v_i, i = 1, 2, 3$ – is projection of the velocity vector on the coordinate axis, \vec{n} – is vector normal to the limit.

The following initial data were used to model the cutting mode of lump steamed raw meat and its minced meat in the cutter: the velocity of the liquid in determining the frontal pressure was set in the range from 50m/s to 200 m/s (as when rotating knives); fluid movement mode – laminar; fluid density 1050 kg/m³, fluid viscosity 30-700 Pa·s. The values of the blade sharpening angle were as follows: 2°, 5°, 8°, 11°, 14°.

Numerical modeling of raw material hydrodynamics during knife movement was performed in the FlowVision software package. As a result of modeling, the distribution of fluid pressure during frontal flow of the blade was determined. Visualization of the obtained results is shown in Fig. 2, 3 (for individual cases).

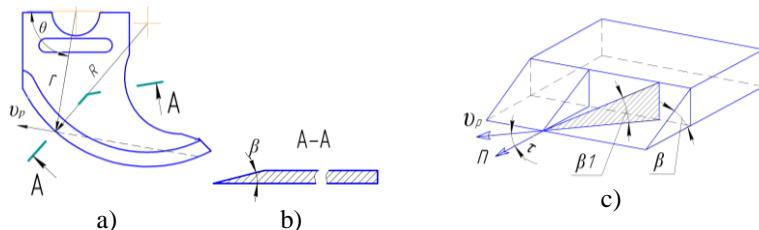


Fig. 1. Scheme for determining the kinematic angle of cutting:

a) cutter knife (as an example, the scheme of the cutter knife Л15-ФКБ, the blade of which is made in the form of an arc of a circle with radius R); b) cross section of the knife; c) section of the knife in the direction of the cutting speed v_p ; θ – is the current angle that determines the position of the point on the blade; r – is the radius of rotation of the blade point; v_p – is the cutting speed; n – normal to the tangent to the blade of the knife; τ – is the sliding angle; β – is the angle of sharpening of the blade; β_l – is kinematic cutting angle

The results obtained by numerical simulation (Fig. 4-6) were approximated by the method of least squares, resulting in the following multiple regression equation:

$$P = -4,69 + 0,32 \cdot \beta^2 + 0,0261 \cdot v + 0,0035 \cdot \eta \quad (2)$$

where P – is the value of pressure, MPa;

β – is the angle of sharpening of the blade, deg. ;

v – is the cutting speed, m/s; η – is the viscosity of the raw material Pa·s.

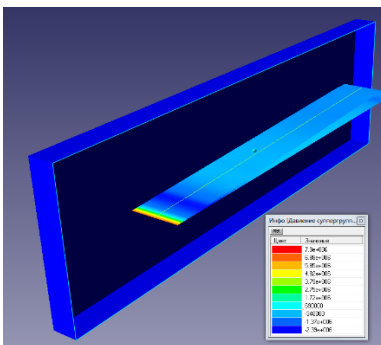


Fig. 2. Distribution of fluid pressure during the front flow of the blade (angle of sharpening of the blade $\beta = 2$ deg., cutting speed $v = 200$ m/s, viscosity of raw materials $\eta = 30$ Pa·s)

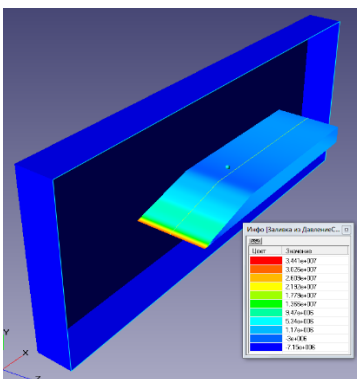


Fig. 3. Distribution of fluid pressure during the front flow of the blade (angle of sharpening of the blade $\beta = 14$ deg., cutting speed $v = 200$ m/s, viscosity of raw materials $\eta = 30$ Pa·s)

As follows from the simulation results, changing the sharpening angle of the blade significantly affects the pressure acting on the surface of the knife blade. Thus, at a flow rate of 50 m/s, changing the angle β from 2° to 14° leads to a change in blade pressure from 0,05 MPa to 1,37 MPa, depending on the viscosity of the raw material.

At a flow rate of 200 m/s, the pressure on the blade varies from 0,69 MPa to 13,66 MPa, respectively.

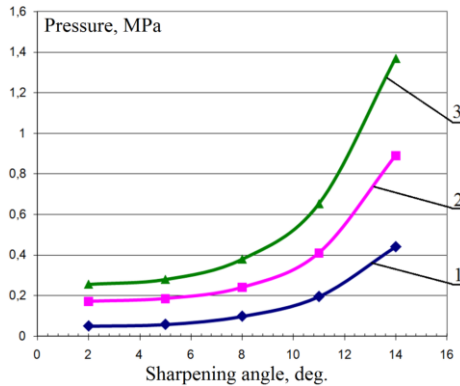


Fig. 4. The average values of the pressure acting on the cross section of the knife during cutting, at a cutting speed $v=50$ m/s and the following values of viscosity of raw materials: 1 – $\eta=30\text{Pa}\cdot\text{s}$; 2 – $\eta=200\text{Pa}\cdot\text{s}$; 3 – $\eta=700\text{Pa}\cdot\text{s}$

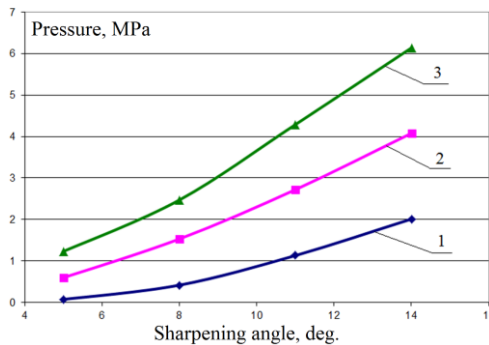


Fig. 5. The average values of the pressure acting on the cross section of the knife during cutting, at a cutting speed $v=125$ m/s and the following values of viscosity of raw materials: 1 – $\eta=30\text{Pa}\cdot\text{s}$; 2 – $\eta=200\text{Pa}\cdot\text{s}$; 3 – $\eta=700\text{Pa}\cdot\text{s}$

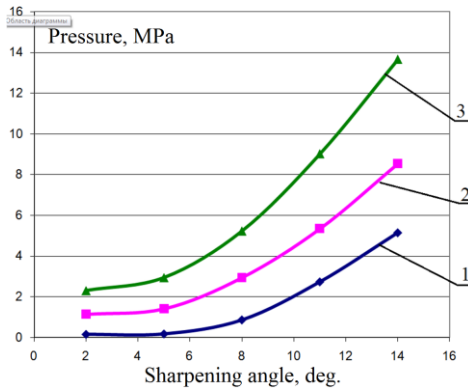


Fig. 6. The average values of the pressure acting on the cross section of the knife during cutting, at a cutting speed $v=200$ m/s and the following values of viscosity of raw materials: 1 – $\eta=30\text{Pa}\cdot\text{s}$; 2 – $\eta=200\text{Pa}\cdot\text{s}$; 3 – $\eta=700\text{Pa}\cdot\text{s}$

At the same time, the greater the viscosity of the raw material flow is, the more pronounced the increase in pressure with increasing sharpening angle becomes. This indicates the need to take into account these design parameters when determining the power load conditions of the cutter blades and when calculating their strength.

2. Influence of Vibration Loads on the Stress-strain State of the Cutter Blades

Modern designs of cutters in accordance with technological requirements have intensified modes of operation. As a result, the problem of ensuring the proper strength and durability of cutter blades is faced by manufacturers of cutting tools in a new format.

Speaking of finding ways to solve this problem, along with these factors of the force load of knives, I would like to note another one, which, in our opinion, has not yet received sufficient attention from researchers. This factor is the vibration load of the cutter blades.

Performing up to 100 s^{-1} and at the same time having periodic contact with raw materials, it performs up to 100 oscillations per second due to deformation during cutting raw materials. Since they have relatively high frequency of oscillations of knives, a considerable length and small thickness, it is to be assumed that their operation may cause resonance, which is able to lead to a sharp increase in body deformation and its destruction. The study of the oscillation parameters of the cutter blades can provide an opportunity to determine rational ways to increase their strength and, consequently, durability.

The natural oscillation frequencies of 6 types of knife designs (Fig. 7), which are most often used in modern models of cutters, were studied. According to Figure 7 knives of the presented types belong to cutters of the following brands: type I – Seydelmann; type II and III – Laska; type IV – Kilia; type V – Alpina; type VI –Л5-ФКБ.

The study of natural frequencies was performed by numerical mathematical modeling. 3D – models were built for each type of knife, with a maximum radius of rotation of the knife points of 300 mm, and the thickness of the knife took three values, each of which was determined by the scale factor k ($k_1 = 42,9$; $k_2 = 60$; $k_3 = 85,7$). The scale factor k was calculated by the expression:

$$k = \frac{R}{S}, \quad (3)$$

where R is the maximum radius of rotation of the points of the knife blade. mm; S is the thickness of the knife, mm.

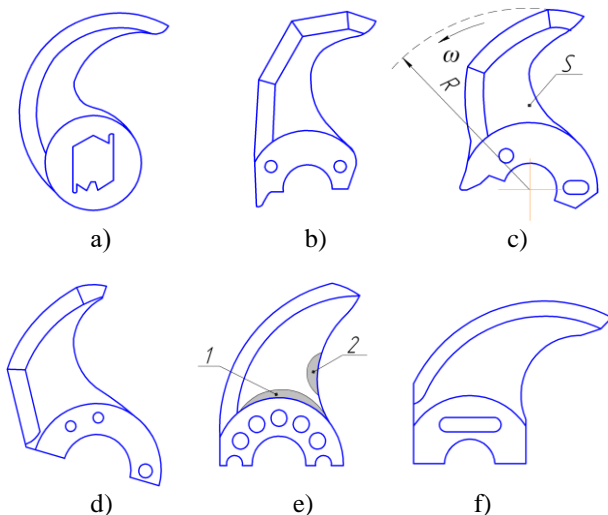


Fig. 7. Schemes of knife designs that are most often used in practice:

a) – type I; b) – type II; c) – type III; d) – type IV; e) – type V; f) – type VI, R – the largest radius of rotation of the points of the knife blade; S – is the thickness of the knife; ω – is the direction of rotation of the knife when grinding raw materials; 1, 2 – areas of greatest stress in the body of the knife under its static load

The values of k were determined according to the value of k_1 corresponding to the knives with the largest specific thickness, and the value of k_3 to the knives with the smallest specific thickness. The use of the scale factor k allows to obtain simulation results that can be interpreted for cutter blades of different performance, as well as for cutters with bowls of different volume, the blades of which have different lengths. In this case, for knives with $R = 300$ mm, the values of the scale factor k corresponded to the following values of the thickness of the knife: at $k = 42,9 - S = 7$ mm; at $k = 60 - S = 5$ mm; at $k_3 = 85,7 - S = 3,5$ mm.

Alloy steel with a yield strength of 620,4 MPa was chosen as the material of the knives (the value of the yield strength corresponds to the grade of steel 65Г, which is widely used by domestic manufacturers for the manufacture of cutter knives).

Visualization of the obtained results (for some types of knives) is shown in Fig. 8, 9. The values of the natural frequencies of oscillations of knives are given in Table 1, and, having the actual modes of operation of modern cutters, only the first two natural frequencies of natural oscillations $v_{own.1}$ and $v_{own.2}$ were determined.

The obtained data were approximated by the method of least squares by the quadratic function of the form:

$$v_{\text{власн.1}} = a + b \cdot k + c \cdot k^2 \quad (4)$$

where $v_{\text{власн.1}}$ – the first natural frequency of the knife, Hz;
 k – is the scale factor; a, b, c – coefficients (determined by table 2).

According to the obtained data, knives of all studied types, when used in modern high-speed cutters, work in the range of frequencies close to resonance or can work in resonance mode. At the same time, for knives of type I of reduced thickness, the passage of the first resonant frequency and approaching the second (48,9 Hz and 121,3 Hz, respectively) is observed, which indicates their extremely low vibration resistance.

In order to reflect the effect of vibration load of knives on their stress-strain state, the concept of the coefficient of dynamism was used, which was determined by the expression:

$$\beta = \frac{A}{x_{cm}} = \frac{1}{1 - \frac{v_{\text{вум.}}^2}{v_{\text{власн.}}^2}}, \quad (5)$$

where A is the amplitude of forced oscillations;
 x_{st} – the amount of deformation under static load of the knife;
 $v_{\text{вум.}}$ – frequency of forced oscillations of the knife, Hz;
 v_{own} – natural oscillation frequency of the knife, Hz.

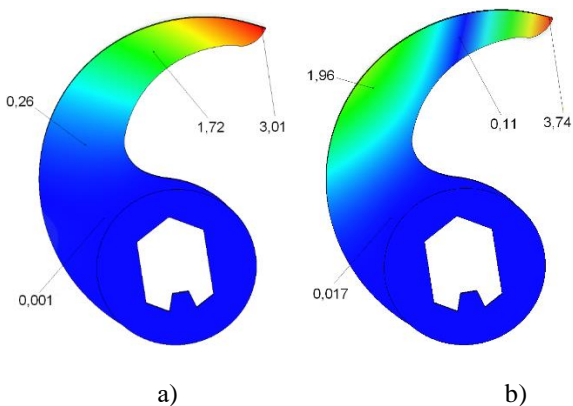


Fig. 8. The value of the relative displacements of the knife type I when it reaches: a) the first natural frequency of oscillation $v_{own,1}$; b) the second natural frequency of oscillation $v_{own,2}$

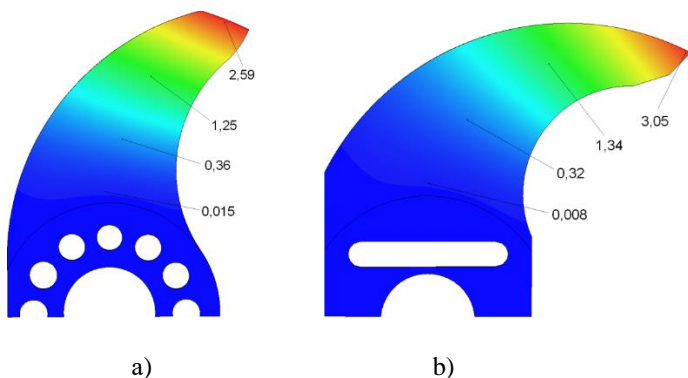


Fig. 9. The value of the relative displacements of the knives when they reach the first natural frequency of oscillation $v_{own,1}$: a) knife type V; b) knife type VI

The coefficient of dynamism β indicates how much the amplitude of the forced oscillations is greater than the deformation of the body under the action of static load. When approaching the frequency of forced oscillations $v_{vim.}$ to the frequency of natural oscillations $v_{own.}$ the value of the coefficient of dynamism β increases rapidly, which indicates a sharp increase in the deformation of the knife under the action of vibration load.

Table 1

**The value of the first $v_{\text{property1}}$ and the second $v_{\text{property.2}}$
of the natural frequencies of the knives**

The type of knife	Natural frequency $v_{\text{vlasn.1}}/v_{\text{vlasn.2}}$, Hz			The type of knife	Natural frequency $v_{\text{vlasn.1}}/v_{\text{vlasn.2}}$, Hz		
	Scale factor k				Scale factor k		
	42,9	60	85,7		42,9	60	85,7
I	97,0 / 241,0	69,6 / 172,8	48,9 / 121,3	IV	177,2 / 469,2	127,1 / 337,5	89,1 / 237,2
II	134,4 / 400,5	96,4 / 288,1	67,7 / 202,7	V	186,0	133,3 / 428,4	93,5 / 301,1
III	170 / 460,4	121,9 / 330,9	85,6 / 232,5	VI	181,5 / 500,5	130,2 / 359,9	91,3 / 252,9

Table 2

Values of regression equation coefficients

The type of knife	Values of coefficients			The type of knife	Values of coefficients		
	a	b	c		a	b	c
I	213,665	-3,518	0,019	IV	390,166	-6,419	0,034
II	296,218	-4,880	0,026	V	410,421	-6,768	0,036
III	374,890	-6,180	0,033	VI	399,591	-6,573	0,035

In turn, according to Hooke's law, within the elastic deformation stresses σ arising in the body are directly proportional to the relative deformations of this body. Thus, the stresses $\sigma_{\text{vibr.}}$, arising in the body under the action of vibration load, β times greater than the stress $\sigma_{\text{stat.}}$, arising in the body under the action of static load.

Therefore, the value of the coefficient of dynamism β allows you to quantify how much the stress state of the body will change during the transition from static application of load to vibration. Using the data in Table 1, expression (5) was used to calculate the values of the coefficient of dynamism β for the most widely used frequency ranges of knives in modern cutters. The calculated values are given in table 3, with only the values that precede the achievement of the first natural frequency of oscillation of the knives v_{own1} .

The obtained data allowed to build the corresponding graphical dependences of the coefficient of dynamism β for knives of the studied types (examples are shown in Fig. 10-15) taking into account different values of the scale factor k . The values of the resonant oscillation frequencies of the knives (v_{own1}) are shown in the dotted figures.

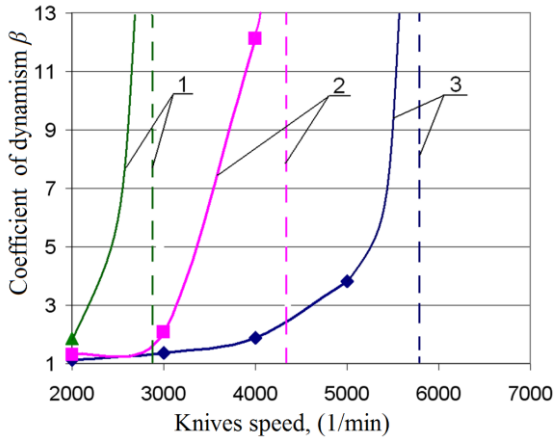


Fig. 10. Dependence of the coefficient of dynamism on the frequency of forced oscillations of the knife type I at different values of the scale factor: 1 – $k = 85,7$; 2 – $k = 60$; 3 – $k = 42,9$

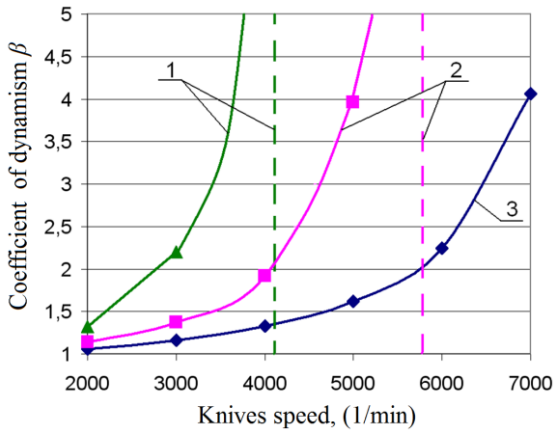


Fig. 11. Dependence of the coefficient of dynamism on the frequency of forced oscillations of the knife type II at different values of the scale factor: 1 – $k = 85,7$; 2 – $k = 60$; 3 – $k = 42,9$

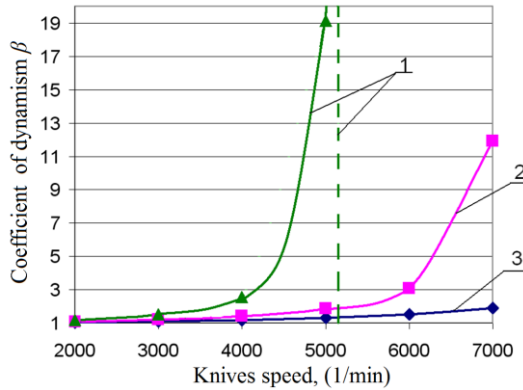


Fig. 12. Dependence of the coefficient of dynamism on the frequency of forced oscillations of the knife type III at different values of the scale factor: 1 – $k = 85,7$; 2 – $k = 60$; 3 – $k = 42,9$

As follows from the results, knives of all studied types when used in modern high-speed cutters work in the range of oscillation frequencies close to resonance. For knives of all types, when their minimum specific thickness ($k = 85.7$) is observed, a resonance phenomenon is observed in the range of operating frequencies of rotation of the knife heads of modern cutters ($<6300 \text{ min}^{-1}$).

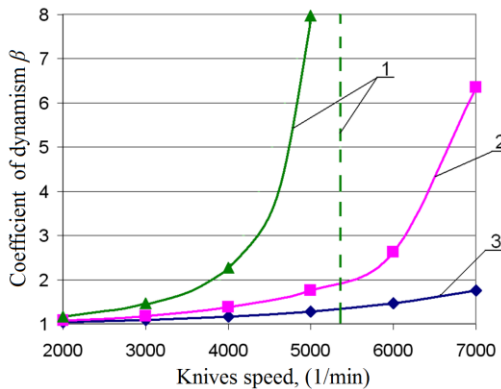


Fig. 13. Dependence of the coefficient of dynamism on the frequency of forced oscillations of the knife type IV at different values of the scale factor: 1 – $k = 85,7$; 2 – $k = 60$; 3 – $k = 42,9$

For type I knives, resonance is observed for all values of the scale factor k , and at $k = 85,7$ $v_{own.1min} = 2934 \text{ min}^{-1}$. Knives of type V, and also type VI can be considered the most rigid.

The fact is that for knives of types II-VI even at performance of their maximum specific thickness ($k = 42,9$) increase of coefficient of dynamism within $\beta = 1,04-2,24$ that causes essential increase in deformations and stresses can be determined for knives under static loads.

In practice, this leads to a sharp increase in stress in the areas of greatest concentration, which may explain the breakage of the knives in these areas.

The obtained results indicate the need to find effective ways to increase the vibration resistance of cutter knives, which would increase their strength without compromising technological properties.

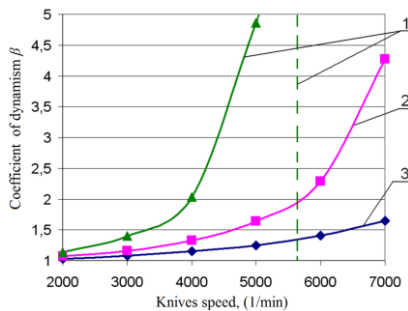


Fig. 14. Dependence of the coefficient of dynamism on the frequency of forced oscillations of the knife type V at different values of the scale factor: 1 – $k = 85,7$; 2 – $k = 60$; 3 – $k = 42,9$

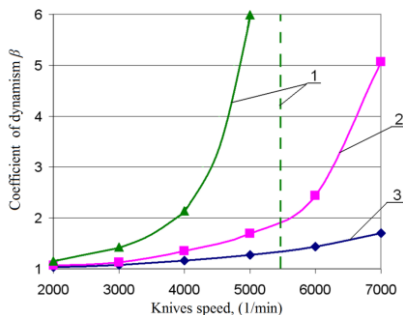


Fig. 15. Dependence of the coefficient of dynamism on the frequency of forced oscillations of the knife type VI at different values of the scale factor: 1 – $k = 85,7$; 2 – $k = 60$; 3 – $k = 42,9$

Table 3

The value of the coefficient of dynamism β

Frequency of rotation of knives $n_n, \text{min.}^{-1}$	The type of knife								
	I			II			III		
	Scale factor k			Scale factor k			Scale factor k		
2000	42,9	60	85,7	42,9	60	85,7	42,9	60	85,7
3000	1,13	1,30	1,87	1,06	1,14	1,32	1,04	1,08	1,18
4000	1,36	2,07	-	1,16	1,37	2,20	1,09	1,20	1,52
5000	1,89	12,12	-	1,33	1,92	33,0	1,18	1,43	2,54
6000	3,82	-	-	1,62	3,96	-	1,32	1,88	19,14
7000	-	-	-	2,24	-	-	1,53	3,06	-
7000	-	-	-	4,06	-	-	1,89	11,9	-

Frequency of rotation of knives $n_n, \text{min.}^{-1}$	The type of knife								
	IV			V			VI		
	Scale factor k			Scale factor k			Scale factor k		
2000	42,9	60	85,7	42,9	60	85,7	42,9	60	85,7
3000	1,04	1,07	1,16	1,03	1,07	1,14	1,03	1,07	1,15
4000	1,09	1,18	1,46	1,08	1,16	1,4	1,08	1,17	1,43
5000	1,16	1,38	2,27	1,15	1,33	2,03	1,16	1,35	2,14
6000	1,28	1,75	7,98	1,25	1,64	4,86	1,27	1,69	5,99
7000	1,47	2,62	-	1,41	2,29	-	1,44	2,44	-
7000	1,76	6,35	-	1,65	4,27	-	1,70	5,07	-

3. Stress-strain State of Knives under Static Load

The study of the static strength of the cutter blades was carried out using numerical simulations. The data given in item 1 were used to determine the forces acting on the blade and on the side of the cutter blades of Alpina, Seydelmann, Kilia, Laska, Л15 – ФКБ brands.

Stress determination was performed for two points, which are located in the most intense parts of the knife (Fig. 16). The simulation results for the Alpina knife are shown in Fig. 17 (for other knives, the dependence of stresses on the thickness of the knife has a similar linear character). Visualization of simulation results is shown in Fig. 18-22.

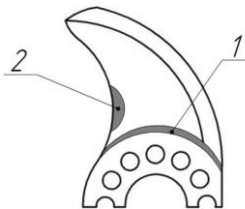


Fig. 16. Layout of the most tense areas of the cutter knife: 1 – area near the landing part of the knife, 2 – area on the back of the knife

As follows from the data obtained, the dependence of the stresses in the cutter blade on its thickness is linear for both of these points. This allows you to count on the possibility of simply increasing the strength of the knives by increasing their thickness.

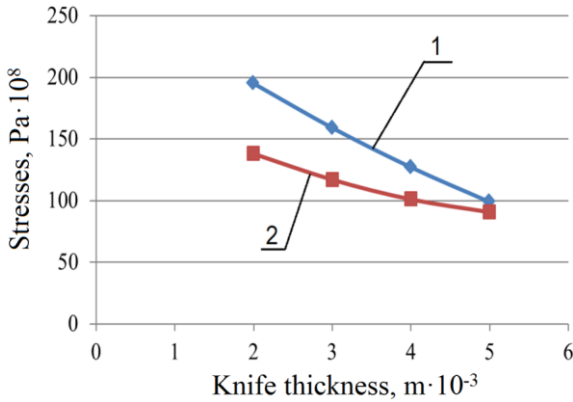


Fig. 17. Dependence of stresses in the knife of the cutter brand Alpina on its thickness: 1 – the area near the landing part of the knife, 2 – the area on the back of the knife

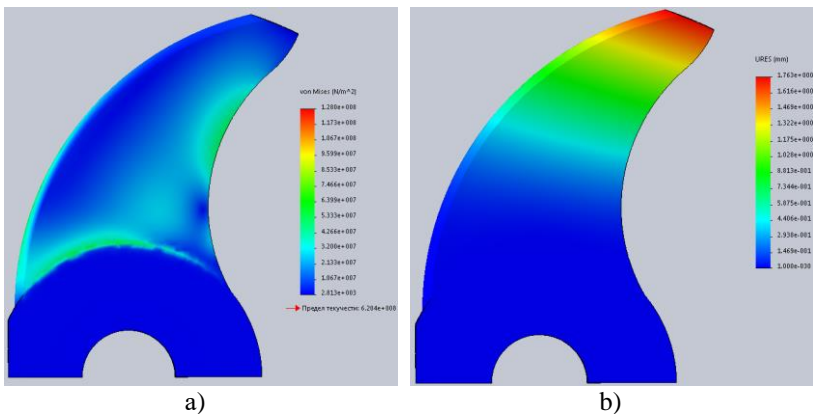


Fig. 18. Visualization of the stress-strain state of the knives of the cutter brand Alpina: a) stress, PA; b) deformation, $m \cdot 10^{-3}$

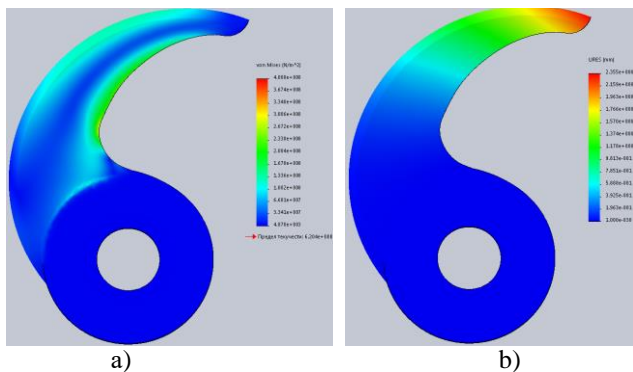


Fig. 19. Visualization of the stress-strain state of the knives of the cutter brand Seydelmann: a) stress, PA; b) deformation, $m \cdot 10^{-3}$

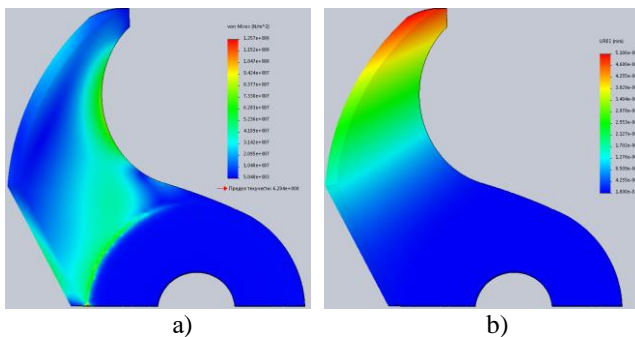


Fig. 20. Visualization of the stress-strain state of the knives of the cutter brand Kilia: a) stress, PA; b) deformation, $m \cdot 10^{-3}$

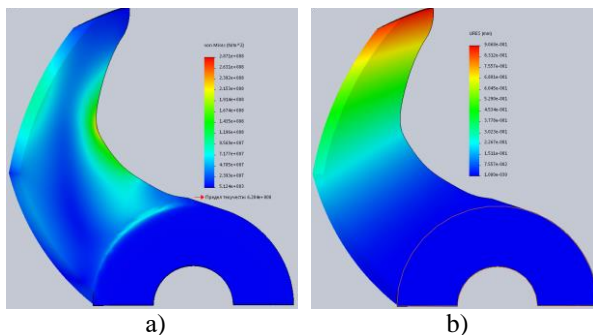


Fig. 21. Visualization of the stress-strain state of the knives of the cutter brand Laska: a) stress, PA; b) deformation, $m \cdot 10^{-3}$

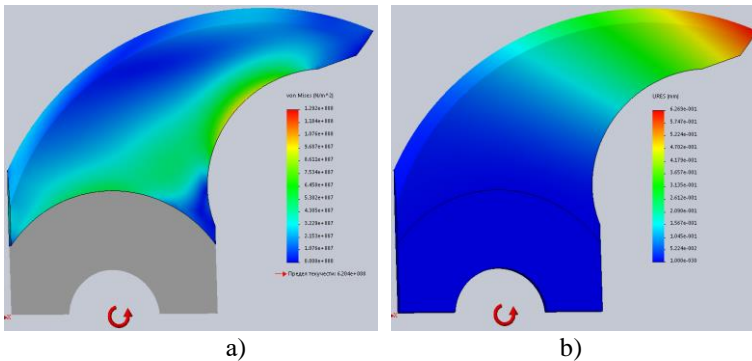


Fig. 22. Visualization of the stress-strain state of the knives of the cutter brand Л5-ФКБ: a) stress, PA; b) deformation, $m \cdot 10^{-3}$

4. Influence of Surface Hardening Technologies on the Endurance Limit of 65Г Steel

An experimental study of the fatigue strength of samples has been made by the technology of making cutter knives, as well as samples have been hardened by pulse-plasma treatment and high-frequency mechanical forging. The results obtained are presented in Fig. 23.

According the results, high-frequency mechanical forging can increase the fatigue strength of 65Г steel up to 2,5 times. At the same time, pulse-plasma hardening reduces fatigue endurance by 3-3,5 times.

5. The Influence of the Design of the Cutter Knives on their Endurance Limit

In order to study the influence of the geometric shape of the cutter knife on its resistance to fatigue failure and to develop recommendations for rational design of knives, numerical modeling of their endurance under alternating loads has been conducted. The results are shown in Fig. 24-26. As follows from the results, the geometric shape significantly affects the durability of the cutter blades at alternating loads.

The following values of endurance limit were shown by the following knives: Laska universal – $2,2 \cdot 10^4$ cycles; Laska for smoked sausages – $2,2 \cdot 10^4$ cycles; Seydelmann – $2,4 \cdot 10^4$ cycles. Knives of other brands have much higher durability: Alpina – $4,2 \cdot 10^5$ cycles; Kilia – $1 \cdot 10^6$ cycles and above; L5-FCB – $1 \cdot 10^6$ cycles and above. At the same time, on average, the knives of modern cutters before disposal can work up to $2,3 \cdot 10^6$ cycles.

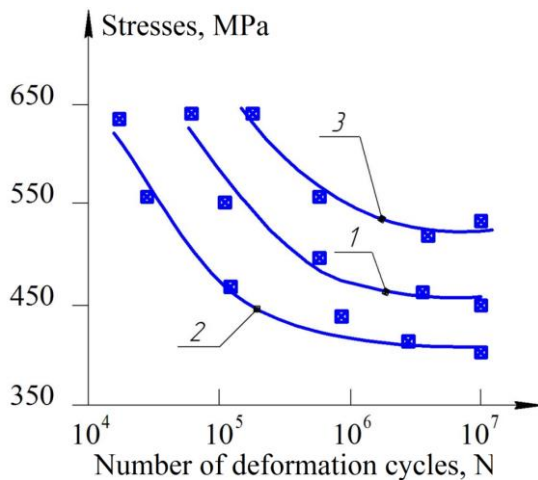


Fig. 23. Curves of fatigue of samples from steel 65:
1 – ordinary sample; 2 – strengthened by pulse-plasma treatment;
3 – reinforced by high-frequency mechanical forging

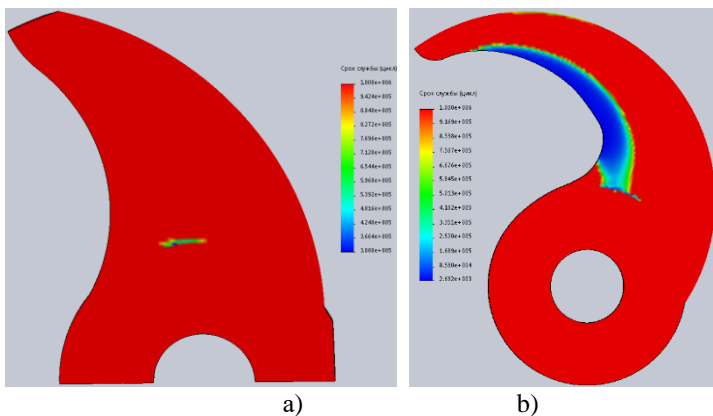


Fig. 24. Results of numerical simulation of the durability of cutter knives at alternating loads (number of load cycles before failure):
a) Alpina knife; b) a knife of the Seydelmann brand

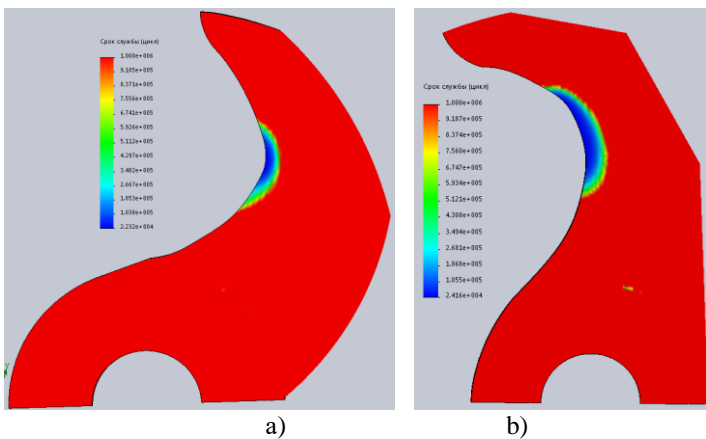


Fig. 25. Results of numerical simulation of the durability of cutter knives at alternating loads (number of load cycles before failure):
 a) Laska universal knife; b) Laska brand for smoked sausages

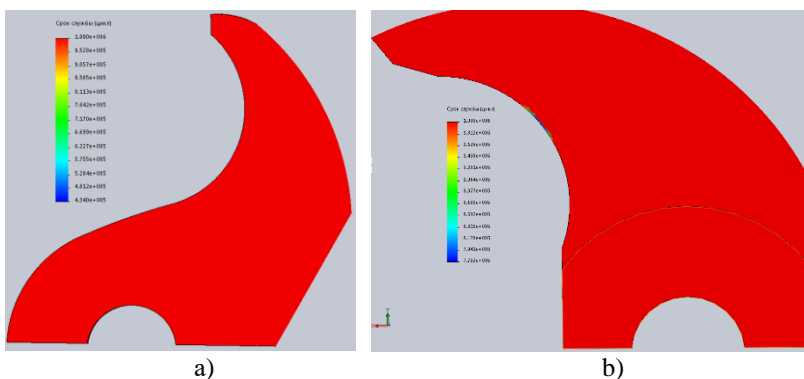


Fig. 26. Results of numerical simulation of the durability of cutter knives at alternating loads (number of load cycles before failure):
 a) Kilia knife; b) Л15 – ФКБ knife.

Thus, we can conclude that to ensure high endurance of knives when working on fatigue, it is advisable to perform a knife body of increased width and avoid the presence of sharp transitions of geometry to eliminate stress concentrators. It will be useful to increase the thickness of the knife in the most stressful parts of its body.

CONCLUSIONS

Numerical simulations have revealed the values of the pressures acting on the cutter blades under different operating conditions. The regularities of the influence of the blade sharpening angle, cutting speed and dynamic viscosity of the raw material on the pressure acting on the surface of the knife blade have been established. At a flow rate of 50 m/s, changing the angle β from 2° to 14° results in a change in blade pressure from 0,05 MPa to 1,37 MPa, depending on the viscosity of the raw material. At a flow rate of 200 m/s, the pressure on the blade varies from 0,69 MPa to 13,66 MPa, respectively. The obtained results allow to take into account the influence of structural and technological factors of the process on the force load on the knife and, accordingly, to increase the accuracy of the calculation of knives for strength and fatigue endurance.

By mathematical modeling using numerical methods, it has been established that cutter blades of all studied types, when used in modern high-speed machines, work in the range of oscillation frequencies close to resonant. The influence of the design parameters of knives on their resonant frequencies is found out. Quantitative characteristics of the influence of vibration loads on the stress-strain state of knives are obtained. For knives of the most common types, even when performing their design with the maximum specific thickness, there is an increase in the coefficient of dynamism in the range $\beta = 1,04-2,24$, which causes a proportional increase in deformation and stress.

The regularities of the influence of material hardening technologies and geometrical characteristics of cutter knives on the limit of their fatigue endurance are established. The technology of high-frequency mechanical forging allows to increase the fatigue strength of 65Г steel up to 2,5 times.

Pulse-plasma hardening technology reduces fatigue endurance by 3-3,5 times. It was found that the geometric characteristics significantly affect the fatigue endurance of the known designs of cutter knives under alternating loads (Laska universal – $2.2 \cdot 10^4$ cycles; Laska for smoked sausages – $2.2 \cdot 10^4$ cycles; Seydelmann – $2.4 \cdot 10^4$ cycles, Alpina – $4.2 \cdot 10^5$ cycles, Kilia – $1 \cdot 10^6$ cycles and above, Л15-ФКБ – $1 \cdot 10^6$ cycles and above).

According to the results of research, a set of recommendations has been proposed and substantiated to increase the fatigue endurance of cutter knives, while upgrading existing and designing new equipment.

SUMMARY

The results of complex researches of influence of alternating oscillations of cutter knives on their durability and endurance are

presented. The regularities of the influence of the blade sharpening angle, cutting speed and dynamic viscosity of the raw material on the pressure acting on the surface of the knife blade have been established. Cutter knives of all researched types at their use in modern high-speed cars work in the field of the frequencies of the fluctuations close to resonant. The influence of the design parameters of knives on their resonant frequencies is found out. The regularities of the influence of material hardening technologies and geometrical characteristics of cutter knives on the limit of their fatigue endurance are established. The technology of high-frequency mechanical forging allows to increase the fatigue strength of steel 65Г up to 2,5 times. Pulse-plasma hardening technology reduces fatigue endurance by 3-3,5 times. Geometric characteristics significantly affect the fatigue endurance of the known designs of cutter knives under alternating loads. The obtained results allow to determine effective ways to increase the durability of cutter blades.

Information about the author:

Batrachenko Oleksandr Viktorovych,

Doctor of Engineering,

Associate Professor at the Department of Design of Food Production
and Machines of New Generation

Cherkasy State Technological University

460, Shevchenko Boulevard, Cherkasy, 18006, Ukraine,

ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ КЕКСІВ З КОНЦЕНТРАТОМ СКОЛОТИН

Безрученко О. М.

ВСТУП

Здоров'я сучасної людини значною мірою визначається характером та структурою харчування. На сьогоднішній день харчова геноміка довела не тільки взаємозв'язок харчування з людським геномом, але і можливості запобігання індукованих неправильним харчуванням захворювань.

Одним із таких хронічних захворювань, що пов'язане з «непереносимістю» певних нутрієнтів і вимагає корекції харчування, є целиакія. Це хвороба, що проявляється у повній непереносимості злакового білка пшениці, жита, ячменю, вівса – глютену, і, як наслідок, атрофії слизової оболонки тонкої кишки і пов'язаного з ним стану – синдромом мальабсорбції.

Дослідження Всеукраїнського товариства целиакії доводять, що 450 тисяч українців щороку страждають на целиакію. Це захворювання найбільш часто виявляється у дітей у віковій групі від півроку до 2-х. В останні роки середній вік пацієнтів, у яких діагностується целиакія, становить 45 років, а у 25% целиакія виявляється у віковій групі старше 60-ти років.

Для хворих целиакією в багатьох країнах розроблені технології і здійснюється виробництво безглютенового хліба, макаронних виробів, печива, кексів, бісквітів та ін. На жаль, в Україні виробництво безглютенових виробів неналагоджене і потреби населення забезпечуються за рахунок продукції іноземного походження.

За даних умов розроблення технології і впровадження на вітчизняний ринок безглютенових харчових продуктів у контексті державної політики у сфері здорового харчування, ресурсозбереження, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва є актуальним і своєчасним завданням.

Особливу увагу, на наш погляд, слід приділити борошняним кондитерським виробам, які мають постійний попит у дитячого та дорослого населення, займають 47% у загальній структурі

кондитерської продукції на ринку і виступають головним джерелом глютену, бо містять у рецептурі пшеничне борошно як основний сировинний ресурс.

1. Аналіз використання борошняної та вторинної молочної сировини у технологіях безглютенових борошняних кондитерських виробів

Процеси глобалізації та інтеграції України до світової спільноти, боротьба за ресурси та доступ до нових ринків збуту стали рушійною силою запровадження інноваційних технологій харчової продукції, зокрема борошняних кондитерських виробів, що мають за мету імпортозаміщення, зменшення залежності від зарубіжних технологій та сировини, забезпечення сталого розвитку АПК України. До ключових завдань, які вирішуються за впровадження інновацій, належать раціональне використання сировинних ресурсів шляхом їх комплексної переробки, підвищення конкурентоспроможності вітчизняної харчової продукції.

Враховуючи стрімке зростання в світі і, зокрема, в Україні, аліментарно обумовлених захворювань, кількості людей із надмірною масою тіла, ферментопатіями та обмеження природних продовольчих ресурсів домінантою постає проблема розроблення технологій борошняних кондитерських виробів (БКВ) з регульованим нутрієнтним складом, як групи продуктів, що характеризується підвищеним попитом населення.

На сьогодні доцільність створення нових рецептур і технологій харчових продуктів категорії «freefrom» обумовлена насамперед їх високою затребуваністю та вузьким асортиментом вітчизняного виробництва. Одними з найбільш поширених харчових продуктів категорії «freefrom» є безглютенові, які призначені для харчування хворих на целиакію¹. За оцінками експертів ВООЗ, з 2005 року целиакія вважається найчастішим захворюванням тонкого кишечника і уражає більш 1% населення земної кулі².

Зазвичай, у рецептурах безглютенових БКВ використовуються економічно доступні види локальної аглютенової борошняної сировини, це, як правило, рисове та кукурудзяне, рідше гречане борошно. Жоден із означених видів безглютенового борошна не

¹ Наумова О. А. Особенности питания больных целиакией. Сучасні медичні технології. 2017. № 2.С. 124–127

² Jeffrey L. Gluten-free baked products / L.C. Jeffrey, W.A. Atwell //AACC International, Inc., 2014. 88p.

можна вважати еквівалентним за функціонально-технологічними властивостями пшеничному. Оскільки кожен вид аглютененого борошна має специфічний хімічний склад і гранулометричні характеристики, що, в свою чергу, суттєво впливає на структурно-механічні властивості тіста та якість готових виробів. Разом з тим, слід зазначити, що безглютенове борошно круп'яних культур має високий технологічний потенціал та характеризується гарною поживною цінністю. Так, середній вміст білка в гречаному борошні складає 12,6%, рисовому борошні – 7%, кукурудзяному – 8%³.

Білок гречаного борошна відрізняється збалансованістю за амінокислотним складом, а за вмістом лізину він перевершує білки пшениці та жита. Порівняльний аналіз хімічного складу гречаного борошна з борошном інших культур показав підвищений вміст кальцію, феруму, вітамінів В₁, В₂, РР і Е. Рутин гречаного борошна сприяє підвищенню міцності капілярів; лецитин і аргінін знижують вміст холестерину в крові. Вміст клітковини в гречаному борошні в 1,5-2 рази більше, ніж у рисовому і вівсяному.

Попередніми дослідженнями науковців доведено, що амінокислотний склад білка рису близький до гречки. Продукти переробки рису багаті вітамінами В₁ і В₂, фосфором, фітином і лецитином. Рисове борошно містить кремній, який сприяє процесам обміну речовин в організмі людини, біотин, а також інші вітаміни і мікроелементи, що мають важливе медико-біологічне значення⁴.

У кукурудзяному борошні, порівняно з пшеничним, міститься більше ліпідів, цукрів, геміцелюлози. Це борошно багате на К, Са, Mg і F, вітаміни Е і В₂, біотин. У складі його жирів переважають поліненасичені (лінолева і ліноленова). Білки кукурудзяного борошна слабо набухають. Борошно не містить глютену, не утворює клейковини, але має велику газоутворювальну здатність⁵.

Важливою технологічною властивістю досліджуваного борошна, що впливає на вологість та структурно-механічні властивості тіста, є його водопоглинальна здатність (ВПЗ). На думку деяких дослідників,

³ Дробот В. І. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба / В. І. Дробот, А. М. Грищенко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. / Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2013. Вип. 30. С. 52–58.

⁴ Там само

⁵ Лісовська Т. О., Чорна Н. В., Дьяков О. Г. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2016. № 2/11 (80). С. 19–23.

різниця у показниках ВПЗ безглютенового тіста обумовлена хімічним складом та гранулометричними характеристиками рисового, гречаного та кукурудзяного борошна. Таким чином, варіювання складовими композиційної суміші з означених видів безглютенового борошна дозволить не тільки позитивно вплинути на хімічний склад, а й корегувати структурно-механічні властивості тіста та борошняних кондитерських виробів на їх основі⁶.

Встановлено, що використання безклеювального борошна у виробництві борошняних кондитерських виробів, зокрема кексів на хімічних розпушувачах, зумовлює низку технологічних проблем і потребує розроблення напрямів щодо поліпшення структури тіста та готових виробів⁷.

Визначено кроки щодо регулювання структурно-механічних властивостей безглютенового тіста. По-перше, це застосування борошняних сумішей, а не окремих видів безглютенового борошна, що дозволяє суттєво поліпшити харчову та біологічну цінність, структуру виробів; розширити сировинну базу та асортимент готової продукції.

Доведено, що одним із важливих чинників оптимізації і стабілізації процесу утримання газу, утвореного в безглютеновому тісті, є достатня кількість води для гідратації біополімерів тіста і набуття потрібної в'язкості. Підвищити гідратаційну здатність безглютенового тіста можна додаванням білкових речовин.

Тому науковий і практичний інтерес становлять білкові концентрати – джерело унікальної системи, яка представлена білками високої харчової цінності. Окрім посилення вологоутримувальної здатності тіста, цей крок дозволяє комбінувати білки тваринного походження з рослинними білками борошна, що є передумовами для розширення асортименту безглютенових кексів з підвищеною біологічною цінністю.

Створенню науково-практичних засад виробництва борошняних кондитерських виробів з регульованим нутрієнтним складом, зокрема категорії «freefrom», присвячені праці вітчизняних та

⁶ Цыганова Т. Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов / Т. Цыганова, Д. Шнейдер, Е. Костылева, А. Козлов // Хлебопродукты, 2011. № 12. С. 44–46.

⁷ Tetiana Lisovska, Olga Rybak, Mykola Kuhtyn, Nina Chorna. Investigation of water binding in spongecake with extruded corn meal // Ukrainian Food Journal, 2015. Vol. 4. Is. 3. P. 413-422.

зарубіжних вчених: В.В. Дорохович^{8,9}, О.В. Немиріч¹⁰, А.В. Гавриша, Н.В. Гревцевої, Т.М. Лозової, І.В. Сирохмана, Т.О. Лісовської, Н.В. Чорної, Camino M., Jeffrey L., Trif A., Perlmutter D., Loberg K. та ін.

Науковцями під керівництвом Дорохович В.В. розроблені технології борошняних кондитерських виробів спеціального призначення – кексів зі зниженою калорійністю за рахунок застосування продукту BENEО і цукрозаміника (лактитол). Вченими НУХТ Немиріч О.В., Гавриш А.В., Михайленко В.М., Браташ М.Й. розроблені технології печива, кексів, бісквітів із застосуванням безглютенового борошна та цукрозамінників – лактидолу, ізомальту, фруктози¹¹. З метою підвищення харчової та біологічної цінності виробів для хворих на целиакію науковцями використано добавки соєвого та горіхового борошна, а також борошна солоду, сої та гороху. Лозовою Т.М., Гревцевою Н.В. доведено доцільність використання природних нетрадиційних видів сировини (апипродуктів, фітодобавок, блокувальної та каротиновмісної сировини) у виробництві борошняних кондитерських виробів для поліпшення їх споживних властивостей та збереженості^{12,13}. Існує низка досліджень (Лісовської Т. О., Чорної Н. В., Camino M., Jeffrey L., Trif A., Perlmutter D., Loberg K. та ін.), що ґрунтуються на пошуку оптимального співвідношення структуроутворюючих компонентів для борошняних кондитерських

⁸ Інноваційні технології борошняних кондитерських виробів зі зниженою калорійністю / В. В. Дорохович // Наукові праці НУХТ. – 2017. № 4. – С. 199–206

⁹ Борошняні кондитерські вироби для хворих на цукровий діабет із застосуванням продуктів переробки моркви / В. В. Дорохович // Наукові праці НУХТ. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 238–244.

¹⁰ Аналіз якості кондитерських напівфабрикатів з рослинними порошками впродовж зберігання / М. В. Янчик, О. В. Немиріч, А. В. Гавриш / Наукові праці НУХТ. – 2017. – Том 23, №1. – С. 222–231.

¹¹ Перспективні напрямки підвищення біологічної цінності борошняного кондитерського виробу «брауні» спеціального призначення / О.В. Немиріч, В.М. Михайленко, М. Й. Браташ // Актуальні проблеми сучасної науки, Астана – Київ – Відень, – 2018. – С. 61–65.

¹² Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини: монографія / Т.М. Лозова. І.В. Сирохман. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2017. – 328 с.

¹³ Використання каротиновмісної сировини в технологіях борошняних кондитерських та макаронних та виробів: монографія / Н.В. Гревцева, О.Г. Шідакова-Каменюка, Д.О. Набоков. – Харків: ХДУХТ, 2018. – 122 с.

виробів, за основу взято рисове борошно, кукурудзяне борошно екструдоване, амарантове борошно та крохмально-білкові суміші, які не містять глютену^{14,15,16}.

Незважаючи на велику кількість наукових досліджень, роботи в даному напрямку постійно продовжуються й, з одного боку, лежать в площині використання різних видів аглютененого борошна, харчових добавок та їх сумішей, а, з іншого, – передбачають залучення до технологічного циклу нової сировини, яка є природним джерелом есенціальних речовин та має широкий спектр технологічних властивостей.

Перспективним напрямком у створенні якісно нових харчових продуктів є комбінування молочної сировини з рослинною, що забезпечує потенційну можливість взаємного збагачення отриманих продуктів есенціальними інгредієнтами. Слід також зазначити, що рослинні білки в поєднанні з тваринними створюють активні в біологічному відношенні амінокислотні комплекси, що забезпечують фізіологічну повноцінність і високу їх засвоюваність.

Завдяки високій харчовій і біологічній цінності молочно-білкових концентратів, функціональним властивостям їх основного компонента – білка, що має гарну розчинність, піноутворювальну і емульгувальну здатності, гідратаційні властивості, можливість виступати в ролі стабілізатора структури, вони знаходять широке застосування у технології харчових продуктів¹⁷.

Традиційно як компонент у рецептурах борошняних кондитерських виробів, зокрема кексів, з молочних продуктів використовують кисломолочний сир¹⁸. Однак, технологія

¹⁴ Camino M., Mancebo Patricia Rodriguez, Manuel Gomez Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. LWT-Food Science and Technology. 2016, Volume 67. P. 127-132.

¹⁵ The technology of making a pastry product from tender dough/ A.Trif, A Vârban, L. Pirvulescu, D.N. Raba// LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, SERIA I, VOL.XX (3), Romania – 2018. Pp. 188-194.

¹⁶ Possible applications of brewer's spent grain in the production of bread and pastry/Šarić, G.// 12th Croatian Congress of Cereal Technologists «Brašno-Kruh '19», Osijek, Croatia – 2020.– pp.65-76.

¹⁷ Tetiana Yudina, Victoriia Gnitsevych, Iryna Nazarenko (2019) Substantiation of rational modes of semi-finished milk-plant stuffings freezing. Ukrainian Food Journal. № 29 (1). P.89-98.

¹⁸ Збірник рецептур борошняних кондитерських і здобних булочних виробів: Навчально-практичний посібник / О.В. Павлов. – Видання перероблене і доповнене. Київ: ПрофКнига, 2018. – 336 с.

виробництва кисломолочного сиру дозволяє використовувати тільки казеїнову фракцію молочних білків. Група повноцінних сироваткових білків, що складає 20...30% загальної кількості білків в молоці, при виготовленні кисломолочного сиру традиційним способом видаляється разом з сироваткою.

Українськими вченими розроблена технологія молочно-білкового концентрату сколотин¹⁹. Отриманий МБК – це продукт з однорідною, ніжною, такою, що мастить, консистенцією, має чисті смак і запах, характерні для молочних продуктів, без сторонніх присмаків і запахів, колір від білого до білого з кремовим відтінком.

Білки молочно-білкового концентрату сколотин містять у своєму складі крім казеїну сироваткові білки, кількість яких складає 26% від маси протеїну. Відмінною рисою білкового складу сколотин є наявність білків оболонки жирових кульок (55% від їх вмісту в оболонках), що переходять до сколотин за фізико-хімічного і механічного впливу на вершки в процесі виробництва вершкового масла.

Як показали дослідження, у складі білків МБК сколотин рівень усіх незамінних амінокислот перевищує стандарт ФАО/ВООЗ, що свідчить про високу біологічну цінність продукту.

В цілому МБК є продуктом з природним набором життєво важливих мінеральних речовин: кальцію – 0,16%, фосфору – 0,23%, калію – 0,27%, натрію – 0,40%, магнію – 0,04%. Молочно-білковий концентрат сколотин також відрізняється значним вмістом таких мікроелементів як ферум, кобальт та купрум. У формуванні біологічних властивостей сколотин важливу роль відіграють такі вітаміни, як тіамін (В₁), рибофлавін (В₂), біотин (Н), вітамін С та пантотенова кислота. МБК зі сколотин є гарним джерелом водорозчинних вітамінів, що наслідком використання при його виробництві кислої сирної сироватки, яка багата на означені вітаміни. Особливо слід відмітити високе утримання в МБК токоферолу (21%), що бере участь у процесах тканинного дихання і сприяє засвоєнню білків і жирів.

Хімічний склад МБК сколотин у порівнянні з деякими молочно-білковими концентратами наведено у табл. 1.1.

¹⁹ Гніцевич В.А. Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів / В.А. Гніцевич, Т.І. Юдіна, Л.Г. Дейниченко // Товари і ринки. Київ: КНТЕУ. – 2016. – № 2 (22). – С. 172-185.

Таблиця 1.1

**Хімічний склад МБК сколотин у порівнянні
з деякими молочно-білковими концентратами, (%)**

Показники	МБК сколотин	Високо- кальцієвий копреципітат	Низько- кальцієвий копреципітат	Нежирний кисломол очний сир
Волога	71,8	73,4	74,6	77,7
Сухі речовини	28,2	26,6	25,4	22,3
Білок	20,8	19,8	20,6	18,0
Жир	1,3	0,5	0,4	0,6
Зола	2,2	1,8	1,1	1,2

Данні табл. 1.1 доводять, що за вмістом сухих речовин МБК сколотин перевершує висококальцієвий копреципітат на 5,6%, низькокальцієвий копреципітат на 9,9%, нежирний кисломолочний сир на 20,9 %. Вміст білка в МБК сколотин вищий, ніж висококальцієвому копреципітаті на 4,8%, низькокальцієвому копреципітаті – 1,0%, нежирному кисломолочному сиру – 13,4%. Порівняно з наведеними концентратами молочних білків у МБК сколотин збільшено також вміст жиру та зольних елементів.

З наведеного можна зробити висновок – МБК сколотин є більш перспективною сировиною для використання у виробництві харчових продуктів, зокрема безглютенових кексів. Водночас виявлено, що системні дослідження, спрямовані на одержання безглютенових борошняних кондитерських виробів з використанням молочно-білкового концентрату (МБК) сколотин, що дозволить прогнозовано впливати на корегування харчової цінності та функціональних властивостей виробів, відсутні.

Саме тому метою роботи є обґрунтування та розроблення технології безглютенових кексів з молочно-білковим концентратом сколотин. Згідно з цією метою у процесі роботи необхідно вирішити наступні задачі:

- обґрунтувати вибір аглютенної борошняної сировини та спосіб підвищення її харчового потенціалу;
- визначити технологічну доцільність використання молочно-білкового концентрату сколотин у технології безглютенових кексів;
- встановити вплив окремих рецептурних компонентів на структурно-механічні характеристики та функціонально-технологічні властивості модельних систем безглютенових кексів;
- розробити технологічну схему виробництва безглютенових кексів з молочно-білковим концентратом сколотин.

3. Технологія безглютенових кексів з концентратом сколотин

На основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано робочу гіпотезу наукової роботи – використання суміші аглютенового борошна круп'яних культур за певних способів оброблення, молочно-білкового концентрату сколотин у технологіях кексів забезпечує підвищення їх технологічної стабільності, харчової та біологічної цінності, дає змогу розширити асортимент борошняних кондитерських виробів з прогнозованими показниками якості для осіб із ферментопатіями, харчовими алергіями, хронічними захворюваннями, що пов'язані з «непереносимістю» глютену, більш повно використовувати харчовий потенціал вторинної молочної сировини.

Об'єктом дослідження є технологія безглютенових кексів з використанням молочно-білкового концентрату сколотин для спеціального харчування хворих на целиакію.

Предмет дослідження – борошно кукурудзяне обойне (ГОСТ 14176-69) і борошно рисове (ТУ 9190-402-23476484-01) виробника ТОВ «Добродія Фудз», молочно-білковий концентрат сколотин (ТУ У 10.5 – 01566057–024:2016), модельні харчові системи, що містять вказані види сировини; тісто та готові безглютенові кекси з молочно-білковим концентратом сколотин.

У роботі використані сучасні методи та стандартні методики, викладені у науковій та науково-технічній літературі, що дозволяють надати характеристику хімічного складу, фізико-хімічних та структурно-механічних властивостей, органолептичних показників сировини, напівфабрикатів та готової продукції.

Подрібнення кукурудзяного борошна проводили на млині Dezort НК-820. Мікрофотографії зроблені за допомогою цифрового мікроскопу *CL PC camera 4.5*. При визначення дисперсного складу борошна з різних частин спожиткової тари відібрано чотири точкові проби та з кожної точкової проби з відстані $0,5 \pm 0,2$ мм (за роздільної здатності камери 5 Мрх) зроблено по 5 фотографій мікроструктури зразка. Визначення гранулометричного складу борошна проводили методом середньомасового діаметра з використанням програмного забезпечення *Cooling Tech 4.5*. Розподіл фракцій здійснювали за допомогою набору борошняних лабораторних сит СЛ-120, з розмірами отворів 210, 32Н, 55Н, 76. Вологопоглинальну здатність (ВПЗ) борошна визначено фаринографом фірми «Brabender» (Німеччина).

Органолептичну оцінку проводили за методикою Д.Є.Тільгнера. Дослідження реологічних параметрів проводили на ротаційному віскозиметрі Rheotest-2.

Для харчової інженерії безглютенових борошняних кондитерських виробів характерне конструювання продукції на основі природної безглютенової сировини, перш за все рослинного походження, з метою моделювання хлібопекарських властивостей пшеничного борошна, імітації його структуроутворюючих властивостей.

Як правило, рецептури сумішей для безглютенових борошняних кондитерських виробів комбінують із чотирьох груп харчових компонентів:

- борошно з високим вмістом крохмальних і не крохмальних полісахаридів (рисове борошно, кукурудзяне борошно, вівсяне борошно, борошно з псевдозернових (амарант, гречка) і круп'яних культур (просо), та ін.);

- високобілкові інгредієнти (соеві ізоляти і концентрати, казеїнати,

- молочно-білкові концентрати, ізоляти білків люпину і ін.);

- гідроколоїди (ксантан, гуарова камедь, модифіковані крохмалі та ін.);

- емульгатори, розпушувачі, смакові інгредієнти (меланж, лецитин, сіль, цукор, харчова сода, ароматизатори, барвники та ін.)

Сировина зазначених груп та їх комбінації в конкретних рецептурах безглютенових борошняних кондитерських виробів надзвичайно різноманітна та визначається видом і заданою харчовою цінністю виробів, хімічним складом і технологічними властивостями сировини.

Попередніми дослідженнями встановлено, що структурно-механічні характеристики безглютенових борошняних і борошняних кондитерських виробів залежать від рецептурних компонентів та можуть виступати об'єктивними показниками для контролю за дотриманням рецептури при їх виробництві. Тому, особливу увагу, на наш погляд, необхідно приділити дослідженню впливу рецептурних компонентів, зокрема аглютенної борошняної сировини та молочно-білкового концентрату сколотин, на органолептичні та структурно-механічні властивості модельних харчових систем безглютенових кексів з МБК сколотин.

На першому етапі досліджено структурно-механічні та органолептичні показники модельних харчових композицій безглютенових кексів з МБК сколотин (табл. 3.1) для визначення

раціональної кількості аглютенного борошна²⁰. Як контроль обрано кекс «Сирний» за традиційною технологією.

У дослідних зразках кількість кожного окремого виду аглютенного борошна у складі суміші варіювали від 20 до 80%. За результатами лабораторних випікань визначено недоцільність використання у рецептурі безглютенових кексів будь-якого одного виду борошна через невисокі органолептичні показники.

Таблиця 3.1

**Модельні харчові композиції безглютенного кексу
з МБК сколотин**

№ з/п	Сировина	Співвідношення сировини, мас. %					
		Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4	Дослід 5
1	Борошно пшеничне	23,9	-	-	-	-	-
2	Борошно рисове	-	19,1	14,3	9,6	7,2	4,8
3	Борошно кукурудзяне	-	4,8	9,6	14,3	16,7	19,1
4	Цукор-пісок	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
5	Масло вершкове	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
6	Сир кисломолочний 18% жирності	21,3	-	-	-	-	-
7	МБК сколотин	-	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
8	Меланж	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
9	Амоній двовуглекислий	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
10	Натрій двовуглекислий	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Вимірювання в'язкості тіста для кексів проводили відразу після замісу при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$ на ротаційному віскозиметрі Rheotest -2 при швидкості зсуву від 0,167 до $4,5 \text{ c}^{-1}$ (при більш високих швидкостях зсуву структура кексового тіста руйнується). Результати досліджень наведено в табл. 3.2.

²⁰ Yudina T.I. Gluten-free cakes with cereal flour / T.I. Yudina, O.M. Bezruchenko, O.V. Aharova // Обладнання та технології харчових виробництв [Текст]: темат. зб. наук. пр. Вип. 40(1) / Гол. ред. Чернега О. Б. – Кривий Ріг : ДонУЕТ, 2020. – С. 19-25.

Таблиця 3.2

Показники якості тіста безглютенового кексу з МБК сколотин

Показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4	Дослід 5
Ефективна в'язкість, Па·с, за $\gamma=0,9 \text{ с}^{-1}$	168,78	198,60	187,20	175,4	168,9	135,7

Відповідно даних табл. 3.2 досліді № 3 та № 4 мають найбільш близькі до контрольного зразка значення ефективної в'язкості. Проведенні реологічні дослідження довели, що у порівнянні з контрольним зразком у досліді № 1 і № 2 збільшується в'язкість – 198,6 Па·с та 187,2 Па·с, відповідно. Це пояснюється високою вологозв'язуючою здатністю рисового борошна та МБК сколотин.

Як показали результати пробних лабораторних випікань, збільшення кількості рисового борошна у рецептурі суміші понад 40 % призводить до зниження питомого об'єму готових кексів на 23 %, утворення щільного м'якуша з низькою пористістю за рахунок високої вологоутримувальної здатності рисового борошна. А збільшення кількості кукурудзяного борошна у рецептурі суміші понад 70% призводить до одержання готових виробів з незадовільною крихтоподібною консистенцією.

Проведена органолептична оцінка готових кексів за п'ятибальною шкалою показала, що досліді № 3 і № 4 зі співвідношенням кукурудзяного та рисового борошна – 60...70% і 40...30% відповідно, мають найкращі органолептичні показники (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Органолептична оцінка якості безглютенового кексу з МБК сколотин

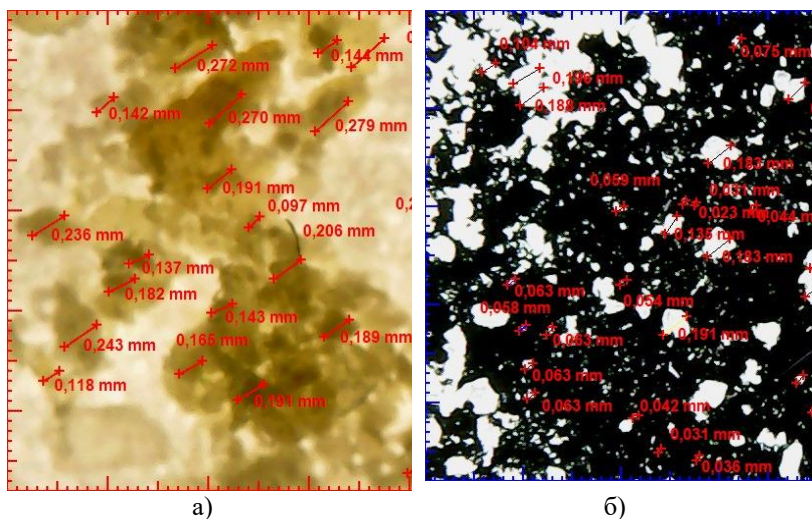
Показники	Коефіцієнт вагомості	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4	Дослід 5
Зовнішній вигляд	0,20	5,0	4,8	5,0	5,0	5,0	5,0
Колір	0,15	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9	4,9
Смак	0,25	5,0	4,9	4,9	4,8	4,8	4,7
Запах	0,15	4,9	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9
Консистенція	0,25	4,9	4,5	4,7	4,9	4,9	4,7
Загальна оцінка	1,0	24,8	24,1	24,5	24,7	24,6	24,2

Одержані вироби характеризуються гарним зовнішнім виглядом, випуклою без розривів поверхнею, щільним м'якушем жовтого кольору з текстурою, що адекватна традиційному кексу «Сирному».

Разом з тим, результати органолептичної оцінки виявили певні вади, що негативно впливають на споживні властивості готових кексів – дуже солодкий смак й наявність на поверхні та у м'якушу виробів сухих часток кукурудзяного борошна, які, ймовірно, за період короткотривалого замішування тіста для кексів – (3-5)·60 с не спроможні поглинути необхідну для набрякання кількість води.

Ось чому в наступній серії експериментів досліджували вплив гранулометричного складу аглютенowego борошна, тобто розміру часток, які зв'язані між собою в агломерати, на його вологопоглинальну здатність²¹.

Визначено розмірність часток кукурудзяного борошна методом «світлого поля» та рисового борошна методом «темного поля». Результати дослідження представлено на рис. 3.1.



**Рис. 3.1. Визначення розмірів часток борошна:
а) кукурудзяного; б) рисового**

²¹ Юдіна Т., Безрученко О., Агапова О. Вологопоглинальна здатність аглютеновой борошняної сировини // World science: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2021. Pp. 21-27.

Дисперсний розподіл часток кукурудзяного та рисового борошна наведено на рис. 3.2.

Отримані результати свідчать, що найбільшу питому вагу в рисовому борошні складають частки з розміром 50-100 та 100-125 мкм, у значній кількості також присутні частки розміром 125-150 мкм і 150-200 мкм. Рисове борошно характеризується відносною однорідністю за розміром часток та високим ступенем дисперсності, і як наслідок, гарною вологопоглинальною здатністю – 78.4 %.

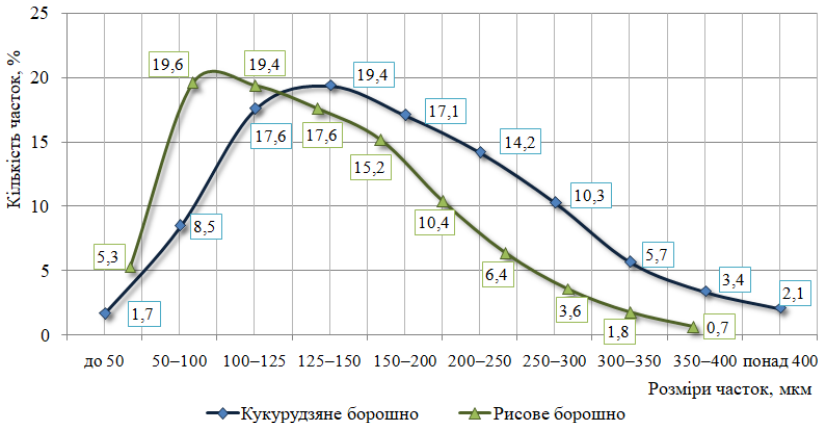


Рис. 3.2. Калібрувальний графік кількості часток різних розмірів аглютенного борошна

У кукурудзяному борошні, в цілому, найбільшу питому вагу мають частки з середніми діаметрами від 100 до 250 мкм (68.3 %). Разом з тим, в ньому присутні фракції часток відносно великих розмірів (понад 300 мкм), вміст яких складає 11.2 %, а у загальній площі часток 26.9 ± 4.2 %, і це, на наш погляд, негативно впливає на ВПЗ борошна та споживні властивості готових кексів.

Дослідження ВПЗ одержаних фракцій різних розмірних класів кукурудзяного борошна наведено на рис. 3.3.

З отриманих даних видно, що розмір фракцій часток кукурудзяного борошна істотно впливає на їх вологопоглинальну здатність. Так, найбільша ВПЗ 70.2 та 69.5 % відзначається для фракцій із розміром часток 100–125 та 125–150 мкм відповідно.

Встановлено, що частки розміром 50–100 та 300–350 мкм мають низький показник ВПЗ (62.5 та 56.1 % відповідно).

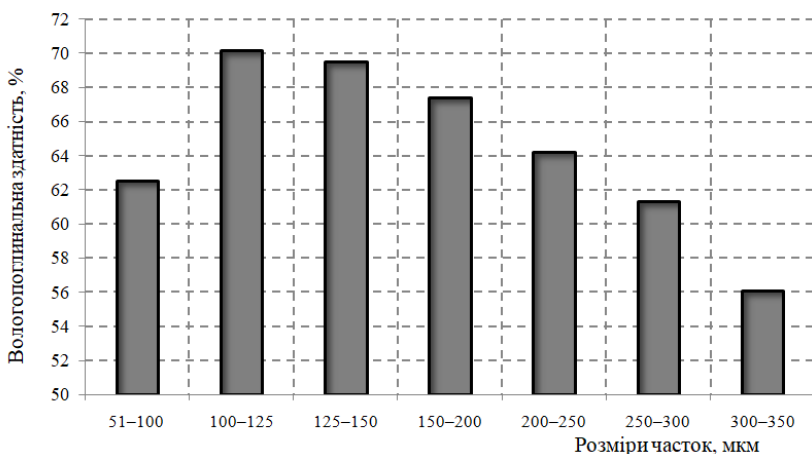


Рис. 3.3. Залежність ВПЗ кукурудзяного борошна від розміру фракцій часток

Це зумовлено тим, що при поглинанні води невеликими частками утворюється насичений в'язкий шар, який запобігає контакту інших часток з водою. Чим більше частки борошна, тим з меншою швидкістю відбувається процес утворення тіста, що пов'язано зі зниженням швидкості проникнення води всередину білка.

Кукурудзяне борошно, що відрізняється підвищеною крупністю, зазвичай піддається певній обробці для використання у виробництві хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів. Його рекомендують замочувати у воді з 0.3 % сірчаного газу, смажити, заварювати²². Використовують обробку борошна газоподібним хлором, але в усьому світі використання хлорування все більше обмежується. У багатьох країнах хлорування замінюють на суху термообробку борошна. Ступінь хлорування і теплової обробки борошна, призначеного для виробництва кексів, відрізняються в залежності від можливого використання борошна. Ще одним способом зменшення розмірів часток борошна є повторний помел або поділ в потоці повітря, або поєднанням цих борошномельних технологій.

Особливість технологічного процесу виробництва безглютенових кексів з використанням МБК сколотин вплинула на вибір найбільш

²² Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів: монографія. Суми: Сумський нац. аграрний ун-т, 2015. 214 с.

раціонального методу попередньої обробки кукурудзяного борошна – повторного помелу.

Для зменшення розмірів часток кукурудзяного борошна і забезпечення однорідності дисперсної фази (суміші кукурудзяного та рисового борошна) у розробленій технології безглютенових кексів, кукурудзяне борошно було подрібнене на млині *Dezopt HK-820*. Результати дослідження дисперсного розподілу часток кукурудзяного борошна після повторного помелу наведено на рис. 3.4.

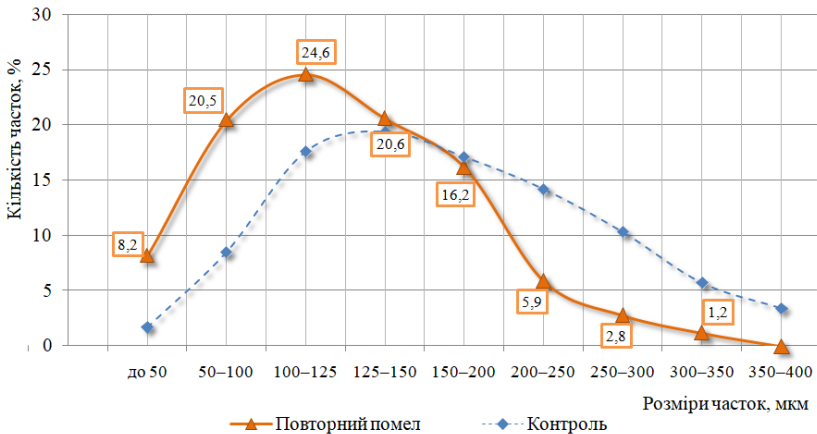


Рис. 3.4. Калібрувальний графік кількості часток різних розмірів кукурудзяного борошна

З отриманих даних видно, що після повторного помелу кукурудзяного борошна вміст фракцій часток розміром понад 300 мкм зменшився з 11,2 до 1,2 %, вміст часток з найбільшою вологопоглинальною здатністю (50–250 мкм) збільшився з 76,8 до 90,1 %, при відносно невеликому вмісті фракції до 50 мкм (8,2 %), яка має невисоку вологопоглинальну здатність через утворення насиченого в'язкого шару тіста.

Результати лабораторних випікань довели, що використання у технології безглютенових кексів кукурудзяного борошна повторного помелу позитивно впливає на органолептичні показники виробів, зокрема консистенцію (рис. 3.5).

Одержані вироби характеризуються гарним зовнішнім виглядом, випукою без тріщин не підгорілою поверхнею; відмінно пропеченим м'якушем жовтого кольору, з розвинутою тонкостінною

пористістю, без слідів непромісу і наявності сухих часток борошна. Смак і запах виражені, властиві кексам.

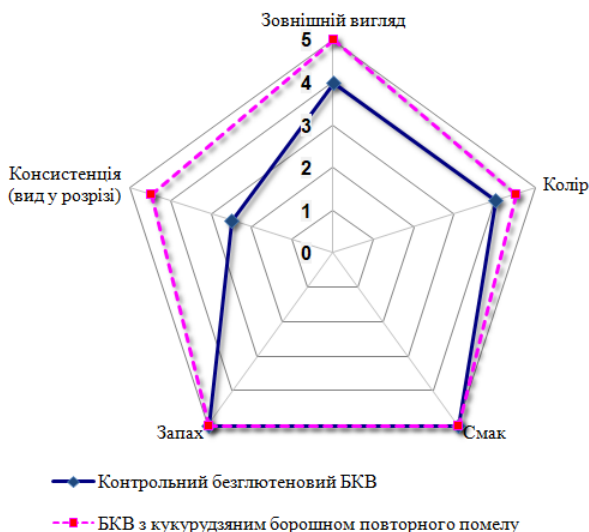


Рис. 3.5. Профілі органолептичної оцінки якості безглютенових кексів

Відомо, що тісто для кексів є структурованою дисперсною системою, яка складається з твердої, рідкої і газоподібної фаз. Вплив на формування його структурно-механічних властивостей здійснюють такі фактори як вологість, температура, рецептура, властивості борошна та ін.

Для означеної системи характерна залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву, а основний внесок в структурно-механічні характеристики вносять контактні взаємодії, критерієм яких є порівняння енергії контактних взаємодій та енергії, що підводиться до системи для досягнення стану гранично зруйнованої структури.

Тому, зважаючи на вище наведене, в наступній серії експериментів досліджували вплив МБК сколотин на зміну в'язкості і щільності тіста в залежності від змінного рецептурного компонента і його дозування (табл.3.4). В якості контролю використовували зразок тіста кексу «Сирний», що виготовлений за традиційною технологією.

Таблиця 3.4

**Модельні харчові композиції безглютенового кексу
з МБК сколотин**

Сировина	Співвідношення сировини, мас. %				
	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4
Борошно пшеничне	23,9	-	-	-	-
Борошно рисове	-	6,4	6,4	9,0	9,0
Борошно кукурудзяне	-	16,1	16,1	13,5	13,5
Цукор-пісок	27,3	20,9	20,9	20,9	20,9
Масло вершкове	13,8	18,2	18,2	18,2	18,2
Сир кисломолочний 18% жирності	21,3	-	-	-	-
МБК сколотин	-	22,3	25,2	28,1	31,0
Меланж	13,6	16,0	13,1	10,2	7,3
Амоній двовуглекислий	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Натрій двовуглекислий	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Доведено, що значення показника щільності тіста дозволяє оцінювати ступінь його насичення повітрям. Зі збільшенням частки повітряної фази щільність тіста знижується, що призводить до збільшення обсягу готових кексів.

Результати дослідження в'язкості тіста для кексів (табл. 3.5) показали, що зі збільшенням вмісту МБК сколотин відбувається поступове збільшення в'язкості і щільності тіста в порівнянні з контрольним зразком.

Таблиця 3.5

Показники якості тіста безглютенового кексу з МБК сколотин

Показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4
Ефективна в'язкість, Па·с, за $\gamma=0,9 \text{ с}^{-1}$	168,78	135,7	168,9	175,4	198,60
Щільність, г/см ³	1,68	1,54	1,67	1,70	1,84

Збільшення в'язкості обумовлено високою вологозв'язуючою здатністю рисового борошна та МБК сколотин. Збільшення

щільності тіста можна пояснити зменшенням кількості повітряної фази в тісті, внаслідок зниження кількості піноутворювача (меланжу), а також надлишку твердих частинок в системі, на поверхні яких може відбуватися адсорбція поверхнево-активних речовин, що додатково знижує їх концентрацію в розчині.

Таким чином, найбільш близькі значення в'язкості та щільності тіста по відношенню до контролю мають дослід № 2 і № 3 при вмісті МБК сколотин 25,2...28,1% при одночасному зменшенні кількості меланжу по сухій речовині, що, забезпечить отримання виробів з добре розпушеною структурою і поліпшеним хімічним складом.

На підставі серії попередніх експериментів розроблено технологію безглютенових кексів з використанням молочно-білкового концентрату сколотин.

На рис. 3.6, як приклад, наведено технологічну схему виробництва шоколадного безглютенового кексу.

У розробленій технології передбачено введення до складу тіста у певному співвідношенні кукурудзяного та рисового борошна, а також молочно-білкового концентрату сколотин.

Додавання до рецептури какао-порошку дозволяє збагатити продукт вітамінами (А, Е, РР, групи В), бета-каротином, мінеральними речовинами та покращити смакові властивості кексу.

Спосіб виробництва нового борошняного кондитерського виробу – шоколадного безглютенового кексу – здійснюється наступним чином: розм'якшене вершкове масло і цукор пісок збивають протягом (10...15) 60 с, з'єднують з попередньо протертим молочно-білковим концентратом сколотин і продовжують збивання до однорідної маси. Потім додають меланж, натрій двовуглекислий, амоній двовуглекислий, ретельно перемішують, всипають суміш кукурудзяного і рисового борошна, какао-порошок і замішують тісто протягом (3...5) 60 с. Тісто розкладають у підготовлені форми і випікають за температури 160...170°C протягом (25...30) 60 с. Готові кекси посипають рафінадною пудрою і реалізують.

Одержані вироби характеризуються гарним зовнішнім виглядом, випуклою без розривів поверхнею, щільним м'якушем темно-коричневого кольору з текстурою, що адекватна традиційному кексу «Сирному».

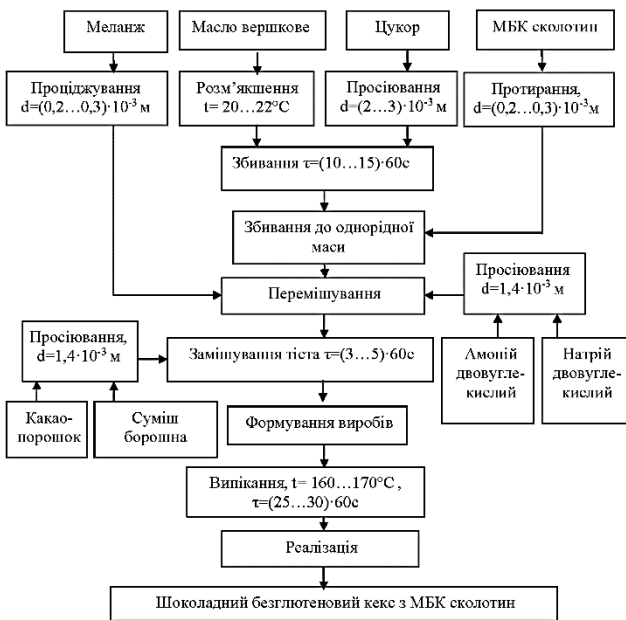


Рис. 3.6. Технологічна схема виробництва шоколадного безглютенового кексу з МБК сколотин

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел підтверджена актуальність проблеми розроблення технології і впровадження на вітчизняний ринок безглютенових борошняних кондитерських виробів для осіб із ферментопатіями, харчовими алергіями, хронічними захворюваннями, що пов'язані з «непереносимістю» глютену.

2. Обґрунтовано доцільність використання у технології безглютенових кексів кукурудзяного та рисового борошна у співвідношенні 60...70% і 40...30%, відповідно, від загальної кількості борошняної суміші за рецептурою, що дозволить не тільки усунути існуючі недоліки хімічного складу аглютененового борошна, а й корегувати реологічні властивості тіста та борошняних кондитерських виробів на його основі.

3. Доведено, що на вологопоглинальну здатність аглютененового борошна, його консистенцію та споживні властивості готових безглютенових кексів суттєво впливає гранулометричний склад

борошна. Запропоновано у розробленій технології безглютенових кексів для забезпечення однорідності розмірів часток суміші кукурудзяного та рисового борошна використати метод повторного помелу кукурудзяного борошна.

4. Визначено, що додавання до рецептури 25,2...28,1% молочно-білкового концентрату сколотин підвищує волого утримуючу здатність тіста, взаємно збагачує білки тваринного походження з рослинними білками борошна, створює передумови для розширення асортименту безглютенових кексів з підвищеною харчовою цінністю та заданими споживними властивостями.

5. Розроблено технологічну схему виробництва кексу шоколадного безглютенового.

АНОТАЦІЯ

Одними з найбільш поширених харчових продуктів категорії *freefrom* є безглютенові, які призначені для харчування хворих на целиакію – хронічне генетично детерміноване захворювання, що характеризується непереносимістю глютену (злаковий білок пшениці, жита, ячменю, вівса), і як наслідок, розвитком атрофії слизової оболонки тонкої кишки. За оцінками експертів ВООЗ, з 2005 року целиакія вважається найчастішим захворюванням тонкого кишечника і уражає більш 1% населення земної кулі. Щороку 450 тисяч українців страждають на целиакію, яка найбільш часто виявляється у дітей у віковій групі від півроку до 2-х; середній вік пацієнтів, у яких діагностується целиакія, становить 45 років, а у 25 % целиакія виявляється у віковій групі старше 60-ти років.

За даних умов розроблення технології і впровадження на вітчизняний ринок безглютенових харчових продуктів у контексті державної політики у сфері здорового харчування, ресурсозбереження, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва є актуальним і своєчасним завданням.

Особливу увагу, на наш погляд, слід приділити борошняним кондитерським виробам, які мають постійний попит у дитячого та дорослого населення, займають 47% у загальній структурі кондитерської продукції на ринку і виступають головним джерелом глютену, бо містять у рецептурі пшеничне борошно як основний сировинний ресурс.

На основі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень у роботі наведено технологію безглютенових кексів з використанням молочно-білкового

концентрату сколотин. Обґрунтовано доцільність використання у розробленій технології безглютенових кексів кукурудзяного та рисового борошна певної обробки у співвідношенні 60...70% і 40...30%, відповідно, від загальної кількості борошняної суміші за рецептурою, що дозволить не тільки усунути існуючі недоліки хімічного складу аглютенного борошна, а й корегувати реологічні властивості тіста та борошняних кондитерських виробів на його основі. Визначено, що додавання до рецептури 25,2...28,1% молочно-білкового концентрату сколотин підвищує вологоутримуючу здатність тіста, взаємно збагачує білки тваринного походження з рослинними білками борошна, створює передумови для розширення асортименту безглютенових кексів з підвищеною харчовою цінністю та заданими споживними властивостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наумова О. А. Особенности питания больных целиакией. Сучасні медичні технології. 2017. № 2.С. 124–127
2. Jeffrey L. Gluten-free baked products / L.C. Jeffrey, W.A. Atwell // AACC International, Inc., 2014. 88p.
3. Дробот В. І. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба / В. І. Дробот, А. М. Грищенко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. / Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2013. Вип. 30. С. 52 –58.
4. Лісовська Т. О., Чорна Н. В., Дьяков О. Г. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2016. № 2/11 (80). С. 19–23.
5. Цыганова Т. Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов / Т. Цыганова, Д. Шнейдер, Е. Костылева, А. Козлов // Хлебопродукты, 2011. № 12. С. 44–46.
6. Tetiana Lisovska, Olga Rybak, Mykola Kuhtyn, Nina Chorna. Investigation of water binding in spongecake with extruded corn meal // Ukrainian Food Journal, 2015. Vol. 4. Is.3. P. 413-422.
7. Інноваційні технології борошняних кондитерських виробів зі зниженою калорійністю / В. В. Дорохович // Наукові праці НУХТ. – 2017. № 4. – С. 199– 206
8. Борошняні кондитерські вироби для хворих на цукровий діабет із застосуванням продуктів переробки моркви / В.В. Дорохович // Наукові праці НУХТ. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 238-244.

9. Аналіз якості кондитерських напівфабрикатів з рослинними порошками впродовж зберігання / М.В. Янчик, О.В. Неміріч, А.В. Гавриш / Наукові праці НУХТ. – 2017. – Том 23, № 1. – С. 222-231.

10. Перспективні напрямки підвищення біологічної цінності борошняного кондитерського виробу «брауні» спеціального призначення / О. В. Неміріч, В. М. Михайленко, М. Й. Браташ // Актуальні проблеми сучасної науки, Астана – Київ – Відень, – 2018. – С. 61-65.

11. Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини: монографія / Т.М. Лозова. І.В. Сирохман. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2017. – 328 с.

12. Використання каротиновмісної сировини в технологіях борошняних кондитерських та макаронних та виробів: монографія / Н.В. Гревцева, О.Г. Шидакова-Каменюка, Д.О. Набоков. – Харків: ХДУХТ, 2018. – 122 с.

13. Camino M., Mancebo Patricia Rodriguez, Manuel Gomez Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. LWT-Food Scienc and Technology. 2016, Volume 67. P. 127-132.

14. The technology of making a pastry product from tender dough/ A.Trif, A Vârban, L. Pîrvulescu, D.N. Raba// LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, SERIA I, VOL.XX (3), Romania – 2018. – pp. 188-194.

15. Possible applications of brewer's spent grain in the production of bread and pastry/Šarić, G.// 12th Croatian Congress of Cereal Technologists «Brašno-Kruh '19», Osijek, Croatia – 2020.– pp.65-76.

16. Tetiana Yudina, Victoriia Gnitsevych, Iryna Nazarenko (2019) Substantiation of rational modes of semi-finished milk-plant stuffings freezing. Ukrainian Food Journal. № 29 (1). P. 89-98.

17. Збірник рецептур борошняних кондитерських і здобних булочних виробів: Навчально-практичний посібник / О.В. Павлов. – Видання перероблене і доповнене. Київ: ПрофКнига, 2018. – 336 с.

18. Гніцевич В.А. Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів / В.А. Гніцевич, Т.І. Юдіна, Л.Г. Дейниченко // Товари і ринки. Київ: КНТЕУ. – 2016. – № 2 (22). – С. 172-185.

19. Yudina T.I. Gluten-free cakes with cereal flour / T.I. Yudina, O.M. Bezruchenko, O.V. Aharova // Обладнання та технології харчових виробництв [Текст]: темат. зб. наук. пр. Вип. 40(1) / Гол. ред. Чернега О. Б. – Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2020. – С. 19-25.

20 Юдіна Т., Безрученко О., Агапова О. Вологопоглинальна здатність аглютенової борошняної сировини // World science: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2021. Рр. 21-27.

21.Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів: монографія. Суми: Сумський нац. аграрний ун-т, 2015. 214 с.

Information about the author:

Bezruchenko Olha Mykolaivna,

Postgraduate student at the Department of technology
and organization of restaurant business
State University of Trade and Economics,
19, Kyoto str., Kiev, 02156, Ukraine

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE SZYBKO MROŻONYCH PÓLFABRYKATÓW Z WARZYW I GRZYBÓW

**Belinska S. O., Kamieniewa N. W., Nesterenko N. A., Moroz O. O.,
Kepko W. M., Rogalskiy S. W.**

WSTĘP

Orientacja ludności na zwiększenie udziału świeżych owoców i warzyw w diecie, wyrównanie sezonowości ich spożycia oraz rosnące zainteresowanie spożyciem przetworzonych produktów z surowców roślinnych wykonanych przy użyciu oszczędzających sposobów konserwowania, które zapewniają zachowanie indywidualnych właściwości organoleptycznych charakterystycznych dla różnych rodzajów owoców i warzyw, rośnie z roku na rok. Wynika to z szeregu czynników, w tym promowania zdrowego trybu życia i zrozumienia znaczenia owoców i warzyw jako źródła substancji biologicznie czynnych, które mogą zwiększać odporność organizmu ludzkiego na różne choroby, co jest niezwykle istotne w kontekście pandemii Covid-19.

Skutecznym sposobem na zachowanie konsumentnych właściwości surowców roślinnych, urozmaicenie asortymentu przetworzonych owoców i warzyw jest mrożenie, które w porównaniu z innymi metodami przetwarzania ma szereg zalet: zachowanie wysokiego poziomu wartości odżywczej i biologicznej, gwarantowane wskaźniki sanitarne i higieniczne, komfort i kompletność użytkowania, właściwości ergonomiczne, szeroki asortyment produktów, niezależnie od sezonowości i geografii rosnących surowców roślinnych. Analiza źródeł naukowych wykazała, że Ukraina i zagranica zgromadziły wystarczające doświadczenie teoretyczne i praktyczne w polepszeniu jakości szybko mrożonych produktów z owoców i warzyw. W szczególności należy zauważyć podstawowe badania Sokolovoj Ye.B., Simakhinoj G.O.,

Grigorenko O.V., Serdyuk M.Ye., Orlovoji N.Ya., Chaves A., Wu X-F.^{1,2,3,4,5,6,7}

W kontekście jakości rozwiązywane są rzeczywiste zadania: ustalenie przydatności rodzajów i odmian owoców i warzyw do zamrażania, opracowywanie nowych technologii zamrażania, pakowania itp.^{8,9,10,11,12}

¹ Соколова Є. Б. Дослідження показників якості замороженого напівфабрикату для смузі. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. № 27. С. 15-21. DOI: 10.36477/2522-1221-2021-27-02.

² Сімахіна Г. О., Науменко Н.В. Удосконалений спосіб отримання заморожених ягідних напівфабрикатів. *Харчова промисловість*. 2020. Вип. 27. С. 80–87. DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-11

³ Григоренко О. В., Загорко Н. П. Збереженість біологічної цінності компонентів заморожених ягідних сумішей за тривалого низькотемпературного зберігання. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. Т. 1. С. 164–169.

⁴ Сердюк М. Є., Григоренко О. В., Сухаренко О. І., Коляденко В. В. Зміни функціональних властивостей фруктової та ягідної сировини протягом криогенного зберігання. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Нові рішення в сучасних технологіях»*. № 2 (4). 2020. С. 126-132. DOI:10.20998/2413-4295.2020.02.16.

⁵ Nesterenko N., Orlova N., Belinska S., Motuzka Iu., Ivanyuta A., Menchynska A. Biological Value of Protein of Quick-Frozen Semi-finished Products from Cultivated Champignons. *International Journal of Food Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 5. №4. P. 89–93. DOI:10.11648/j.ijfsb.20200504.17.

⁶ Chaves A., Zaritzky N. Cooling and Freezing of Fruits and Fruit Products // *Food Engineering Series*. 2018. P. 127–180. DOI:10.1007/978-1-4939-3311-26

⁷ Wu X-F., Zhang M., Adhikari B., Sun J. Recent developments in novel freezing and thawing technologies applied to foods. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. Vol. 57(17). P. 3620-3631. DOI: 10.1080/10408398.2015.1132670

⁸ Cheng L., Sun D-W., Zhu Z., Zhang Z. Emerging techniques for assisting and accelerating food freezing processes: a review of recent research progresses. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. № 57(4). P. 769–781. DOI: 10.1080/10408398.2015.1004569.

⁹ Zhang P., Zhu Z., Sun D-W. Using power ultrasound to accelerate food freezing processes: Effects on freezing efficiency and food microstructure. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. Vol. 58(16). P. 2842-2853. DOI:10.1080/10408398.2018.1482528.

¹⁰ R. G. M. van der Sman. Impact of Processing Factors on Quality of Frozen Vegetables and Fruits. 2020. *Food Engineering Reviews*. Vol.12. P. DOI: 399–420. 10.1007/s12393-020-09216-1.

¹¹ Demir E., Dymek K., Galindo F. Technology allowing baby spinach leaves to acquire freezing tolerance. *Food and bioprocess technology*. 2018. Vol. 11(4). P. 809–817. DOI: 10.1007/s11947-017-2044-7.

¹² Bilbao-Sainz C., Sinrod A., Powell-Palm M., Dao L. T., Takeoka G. R., Williams T. G., Wood D. F., Ukpai G., Aruda J., Bridges D. F., Wu V. C., Rubinsky B., McHugh T. H. Preservation of sweet cherry by isochoric (constant volume) freezing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018. Vol. 52. P. 108–115. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.10.016.

Науковці wykazali, że niektóre rodzaje warzyw ze względu na specyfikę ich struktury, składu chemicznego nie podlegają konserwacji w niskich temperaturach, ponieważ jakość mrożonych produktów, w porównaniu ze świeżymi surowcami, jest zasadniczo niższa. W związku z tym pomidory, ogórki, cukinia, grzyby, dynie, melony warto wykorzystywać w składzie szybko zamrożonych półproduktów. Głównym czynnikiem tego, czemu wyżej wymienione typy surowców roślinnych nie stały obiektem masowego zamrażania, jest ich niska kriooporność. Dlatego są one najczęściej spotykane w mieszankach mrożonych lub półproduktach^{13,14,15}.

W ostatnich latach produkcja i konsumpcja półproduktów pierwszych i drugich dań, deserów, soków znacznie wzrosła na Ukrainie i na świecie. Każdy kraj wytwarza produkty uwzględniające specyfikę regionu, klimatu, tradycje narodowe, rodzaje owoców i warzyw przystosowanych do uprawy w różnych warunkach agroklimatycznych^{16,17,18,19}.

W związku z tym problem rozszerzenia asortymentu mrożonych produktów roślinnych i opracowanie innowacyjnych skutecznych

¹³ Li J., Chotiko A., Kyereh E., Zhang J., Liu C., Ortega V., Vandeker R., Bankston D., Sathivel S. Development of a combined osmotic dehydration and cryogenic freezing process for minimizing quality changes during freezing with application to fruits and vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017. Vol. 41(1). e12926. DOI: 10.1111/jfpp.12926.

¹⁴ I. Marco, R. Iannone. Production, packaging and preservation of semi-finished apricots: A comparative Life Cycle Assessment study. *Journal of Food Engineering*. 2017. Vol 206. P. 106-117 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.03.009.

¹⁵ Оптимізація технології заморожування плодоовочевої продукції: Монографія / В.Ф. Ялпачик, Н.П. Загорко, С.В. Кюрчев, В.Г. Тарасенко, Л.М. Кюрчева, С.Ф. Буденко, О.В. Григоренко, М.І. Стручас, В.О. Верхоланцева. – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. – 214 с.

¹⁶ Свистун Т. В., Туз К. В. Аналіз ринку заморожених напівфабрикатів України. *Економіка харчової промисловості*. 2017. Т. 9. Вип. 2. С. 19-23.

¹⁷ Сало І.А., Попова О.П. Розвиток українського ринку плодів і ягід в умовах глобалізації. Садівництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2019. Вип. 74. С. 160–170. DOI: 10.35205/0558-1125-2019-74-160-170.

¹⁸ Сімахіна Г.О., Камінська С.В. Ринок заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів в Україні. *Технологія харчової та легкої промисловості*. 2020. Том 31 (70). Ч. 2. № 3. С. 67-71. DOI: 10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/12.

¹⁹ Олійник Н. М., Тарасюк А. В., Макаренко С. М., Котик О. А. Проблеми та перспективи розвитку ринку заморожених напівфабрикатів. Підприємництво і торгівля: збірник наукових праць. 2019. Вип. 24. С. 127-131. DOI: 10.36477/2522-1256-2019-24-19.

sposobów stabilizacji właściwości organoleptycznych, wartości pokarmowej i biologicznej mrożonych półproduktów nie traci na znaczeniu. Zastosowanie polisacharydów pochodzenia naturalnego (guma ksantanowa, guma guar, alginian sodu itp.) w technologiach półproduktów pozwala uzyskać produkty o zachowanej strukturze, konsystencji, jednocześnie pozytywnie wpływając na właściwości smakowe gotowego produktu.

1. Konsumentne właściwości szybko mrożonych półproduktów z pomidorów

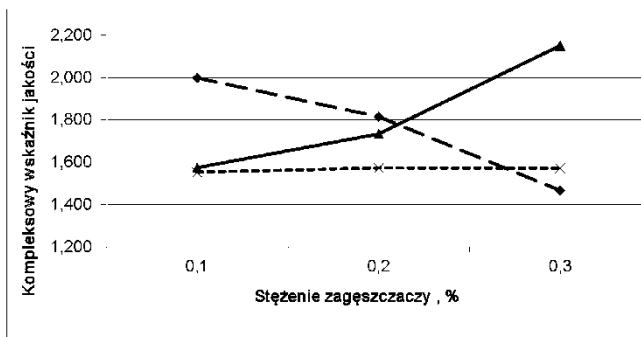
Asortyment szybko mrożonych półproduktów z pomidorów, papryki i bakłażanów, które są niezbędnym źródłem przydatnych substancji ludzkich: łatwo strawnych węglowodanów, witaminów, elementów mineralnych i błonnika pokarmowego są zbyt ograniczone.

Aby zwiększyć odżywczo i biologiczną wartość szybko mrożonych półproduktów z warzyw oraz poprawić właściwości organoleptyczne produktu, opracowaliśmy recepturę półproduktu „Leczo warzywne” w skład którego wchodziły: sok pomidorowy (36,5%), bakłażan (30,4%), cebula zwyczajna (2,5%), papryka słodka (30,4%), papryka ostra (0,02%), czosnek (0,06%), cukier biały (0,1%), sól stołowa (0,02%). Dodawanie bakłażanów, które są bogate w substancje pektynowe, wzbogaciło półprodukt błonnikiem pokarmowym i miało pozytywny wpływ na konsystencję półproduktu. Cebulę, paprykę ostrą i czosnek dodano, aby zwiększyć ilość witaminów w półproduktach i wzmocnić smak i zapach.

Badania partii próbnych produktów wykazały, że półprodukt po rozmrożeniu i ugotowaniu miał rozrzedzoną konsystencję, co negatywnie wpłynęło na smak i wygląd produktu. W celu polepszenia właściwości konsumenckich, czyli konsystencji, naszym zdaniem celowe było wprowadzenie do receptury jako zagęszczaczy – polisacharydów pochodzenia naturalnego: gumy ksantanowej, gumy guar i alginianu sodu.

W celu ustalenia zależności jakości leczy od rodzaju i stężenia zagęszczacza zbadano właściwości organoleptyczne oraz określono najważniejsze wskaźniki fizyko-chemiczne dla kształtowania właściwości konsumpcyjnych głęboko mrożonych półproduktów warzywnych: ułamek wagowy, lepkość, zawartość wody oraz zawartość witaminy C, na podstawie których obliczono kompleksowy wskaźnik jakości (KWJ) (tabela 1).

Uzyskane dane umożliwiły określenie zależności kompleksowego wskaźnika jakości półproduktu od rodzaju i stężenia zagęszczaczy (wykres 1).



Wykres 1. Zależność kompleksowego wskaźnika jakości szybko mrożonych półproduktów warzywnych od rodzaju i stężenia zagęszczaczy

$$Y_1 = 0,082x_1^2 + 0,0626x + 2,0167, \quad R_1^2 = 0,95 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,1287x_2^2 - 0,2268x_2 + 1,6717, \quad R_2^2 = 0,98 \quad (2)$$

$$Y_3 = 0,011x_3^2 + 0,0532x + 1,5101, \quad R_3^2 = 0,97 \quad (3)$$

gdzie: Y_1, Y_2, Y_3 – kompleksowy wskaźnik jakości;

x_1 – zawartość gumy ksantanowej, %;

x_2 – zawartość alginianu sodu, %;

x_3 – zawartość gumy guar, %.

R_1^2, R_2^2, R_3^2 – wiarygodność aproksymacji odpowiednich równań.

Tym samym ustaliliśmy optymalne rodzaje i stężenia zagęszczaczy, dodatek których pozwolił uzyskać produkt wysokiej jakości: guma ksantanowa – 0,1%, alginian sodu 0,3%.

Eksperymentalne partie szybko zamrożonych półproduktów warzywnych były przechowywane przez 12 miesięcy, w temperaturze minus 18 ± 20 ° C. Przechowywanie w tym okresie nie prowadziło do zauważalnego pogorszenia organoleptycznych parametrów produktu.

Ustalono, że po zamrożeniu najlepszy ogólny wygląd zewnętrzny miały warianty eksperymetalne z dodatkiem zagęszczaczy (tabela 2).

Kompleksowy wskaźnik jakości szybko mrożonego półproduktu „Leczo warzywne”

Eksperyment	Stężenie zagęszczaczy, %	Parametry organoleptyczne, punkty					Parametry fizykochemiczne				KWJ
		Ogólny wygląd zewnętrzny	Kolor	Smak	Zapach	Konsystencja	Utrata wagi, % podczas zamrażania	Lepkość, Pa*s po rozmrożeniu	Zawartość wody, %	Zawartość witaminy C mg na 100 g	
Współczynnik wagi	0,1	0,1	0,14	0,06	0,15	0,14	0,07	0,1			
	4,32	4,15	4,12	4,10	3,90	5,94	0,019	6,10	42,80	1,139	
	0,1	4,35	4,18	4,15	4,12	3,98	3,81	0,064	6,30	48,26	2,028
Guma ksantanowa	0,2	4,35	4,20	4,10	4,15	4,00	3,85	0,051	6,00	44,43	1,616
	0,3	4,39	4,23	4,00	4,15	4,10	3,89	0,050	6,20	43,56	1,545
	0,1	4,73	4,65	4,50	4,78	4,43	4,45	0,057	5,20	42,85	1,560
Guma guar	0,2	4,70	4,65	4,40	4,75	4,45	4,40	0,051	5,40	43,00	1,580
	0,3	4,74	4,65	4,30	4,70	4,50	4,37	0,048	5,60	43,34	1,626
	0,1	4,60	4,30	4,10	4,35	4,20	3,82	0,065	5,90	43,00	1,549
Algimian sodu	0,2	4,75	4,40	4,30	4,56	4,25	3,69	0,063	6,00	43,60	1,707
	0,3	4,80	4,50	4,52	4,67	4,45	3,54	0,083	6,20	44,90	1,958

Tabela 2

**Ocena organoleptyczna jakości półproduktu „Leczo warzywne”
(w 5-stopniowej skali)**

Eksperyment		Ogólny wygląd zewnątrzny	Kolor	Smak	Zapach	Konsystencja	Średni wynik
Świeżo mrożone							
Kontrola		4,37	4,18	4,10	4,07	3,92	4,13
Z dodatkiem	0,1 % GK*	4,83	4,55	4,52	4,79	4,54	4,65
	0,3 % AS**	4,91	4,60	4,64	4,83	4,63	4,72
Po 12 miesiącach przechowywania							
Kontrola		3,94	3,85	4,09	3,75	3,89	3,90
Z dodatkiem	0,1 % GK*	4,33	4,21	4,30	4,06	4,00	4,18
	0,3 % AS**	4,40	4,30	4,24	4,14	4,10	4,25

Uwagi: * guma ksantanowa; ** alginian sodu.

Półprodukt głęboko mrożony był atrakcyjny, kawałki warzyw były równomiernie rozłożone i miały odpowiedni kształt. W próbkach wariantu kontrolnego (bez zagęszczaczy) po rozmrożeniu nastąpiło rozluźnienie konsystencji, przebarwienia i deformacje kawałków warzyw. Stwierdzono częściowe rozwarstwienie masy pomidora.

Po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze wygląd próbek z zagęszczaczami prawie się nie zmienił. Istotnie niższe parametry organoleptyczne miały próbki wariantu kontrolnego.

Barwa wszystkich próbek eksperymentu po zamrożeniu była jasna, typowa dla warzyw zawartych w recepturze półproduktu, próbki wersji kontrolnej – matowe, niewyraźne i niejednorodne. Po długotrwałym przechowywaniu próbki eksperymentu Leczo nie zmieniły koloru. Smak mrożonych półproduktów na początku przechowywania był przyjemny, bogaty, wyrazisty, charakterystyczny dla warzyw zawartych w recepturze leczo, bez obcych posmaków.

W próbkach wariantu kontrolnego barwa była lekko błada, co najwyraźniej wynika z utleniania karotenoidów.

Po przechowywaniu półprodukty z wariantów eksperymentalnych różniły się najlepszym smakiem. Smak próbek kontrolnych po

przechowywaniu był nieco pusty, ze względu na znaczne zmiany biochemiczne w produkcie.

Zapach świeżo mrożonych półproduktów badanych próbek był przyjemny, kompletny, charakterystyczny dla składników receptury, bez obcych odcieni. Po przechowywaniu prawie się nie zmienił. W próbkach kontrolnych po przechowywaniu zapach był słaby, co wiąże się ze znaczną utratą substancji aromatycznych w wyniku odparowania wilgoci z powierzchni produktu.

Konsystencja próbek wersji kontrolnej po zamrożeniu była nierównomierna, płynna i niekiedy luszcząca się, eksperymentalna – galaretowata, ze względu na zdolność zagęszczaczy do wiązania wody.

Podczas przechowywania w niskich temperaturach próbki wariantu kontroli leczu ulegały największym zmianom konsystencji na skutek zniszczenia koloidalnej struktury tkanek roślinnych i uwolnienia wolnej wody. Wystąpiło również nieznaczne pogorszenie konsystencji próbek ze względu na częściową synerezę masy pomidorowej produktu po rozmrożeniu.

Zgodnie z zestawem parametrów organoleptycznych najwyższą średnią punktację po długotrwałym przechowywaniu w niskiej temperaturze uzyskały próbki eksperymentalne leczu z alginianem sodu (4,25 pkt), natomiast próbki kontrolne leczu warzywnego uzyskały wynik 3,90 pkt.

Wiadomo, że zamrożeniu surowych owoców i warzyw towarzyszą zmiany jakościowe i ilościowe w ich początkowych właściwościach. Są one związane przede wszystkim z wielkością kryształków lodu powstających podczas zamrażania, równomiernością ich rozmieszczenia w zamrożonej tkance, uszkodzeniem przez kryształki lodu elementów strukturalnych tkanek. Ustalono, że podczas długotrwałego przechowywania mrożonych surowców owocowo-warzywnych w niskich temperaturach występuje zjawisko rekrytalizacji, które niekorzystnie wpływa nie tylko na strukturę tkanek roślinnych, ale również na zmiany właściwości fizykochemicznych.

Jedną z ważnych zmian fizycznych zachodzących podczas zamrażania i przechowywania owoców i warzyw są zmiany masy, które spowodowane parowaniem wody z powierzchni produktu. Ubytki masy występują zarówno podczas procesu zamrażania, jak i podczas długotrwałego przechowywania i mają nie tylko aspekt ekonomiczny, ale również wpływają na jakość mrożonego produktu.

Największy ubytek masy podczas zamrażania wykazywały próbki wariantu Lecho kontrolnego. Można to wytłumaczyć dużą ilością receptowych składników o dużej zawartości słabo związanej wody, która

jest podatna na wymrażanie. Najniższymi stratami podczas zamrażania charakteryzowały się próbki z dodatkiem alginianu sodu. Wynika to z jego stosunkowo wysokiego stężenia, a także zdolności do tworzenia bardziej lepkich roztworów.

Utrata masy mrożonych półproduktów warzywnych podczas przechowywania w niskich temperaturach, przede wszystkim na skutek wymrażania wolnej wody. Były one największe w próbkach wariantu kontrolnego (tab. 3).

Tabela 3

Ubytek masy półproduktów „Leczo warzywne” podczas mrożenia i przechowywania w niskich temperaturach, %

Eksperyment		Podczas zamrażania	Czas przechowywania, miesiące		
			3	6	12
Kontrola		7,12±0,36	8,95±0,45	11,23±0,56	13,90±0,70
Z dodatkiem	0,1 % GK*	4,95±0,25	6,50±0,33	7,00±0,35	7,82±0,39
	0,3 % AS**	4,45±0,22	5,31±0,27	5,95±0,30	6,85±0,34

Uwagi: * guma ksantanowa; ** alginian sodu.

W próbkach wariantu eksperymentalnego ubytek masy podczas przechowywania w niskiej temperaturze był mniejszy niż w próbkach wariantu kontrolnego. Należy zauważyć, że poziom ubytków masy zarówno w próbkach wariantu kontrolnego, jak i eksperymentalnego znacznie wzrasta w ciągu pierwszych 6 miesięcy przechowywania w niskich temperaturach. Spowalniają się podczas dalszego przechowywania.

Analiza zawartości wody wykazała, że po zamrożeniu nastąpił spadek zawartości wody na skutek zamrażania wody wolnej (tabela 4).

Najbardziej zauważalne były zmiany udziału masowego wody w próbkach bez zagęszczaczy. Największą stabilność wody wykazały próbki z gumą ksantanową i alginianem sodu. Nie stwierdzono zależności między zawartością wody a rodzajem zagęszczacza.

Podczas przechowywania we wszystkich wersjach doświadczenia następował dalszy spadek wody na skutek przemarznięcia.

Nie stwierdzono również istotnej różnicy w zawartości rozpuszczalnej suchej masy w zależności od rodzaju i stężenia zagęszczaczy.

Podczas mrożenia oraz w ciągu 6 miesięcy przechowywania w niskiej temperaturze nastąpił nieznaczny spadek ilości rozpuszczalnych ciał stałych. Po 12 miesiącach przechowywania ich liczba nieznacznie wzrasta, prawdopodobnie z powodu zamrażania wody.

Tabela 4

Zawartość wody i rozpuszczalnej suchej masy w szybko mrożonych półproduktach „Leczo warzywne”, %

Eksperyment		Do zamrażania	Po zamrożeniu	Czas przechowywania, miesięcy		
				3	6	12
Udział masowy wody						
Kontrola		92,24±4,61	91,42±4,57	82,42±4,12	79,24±3,96	76,14±3,81
Z dodatkiem	0,1 % GK*	92,74±4,64	91,47±4,57	86,47±4,32	84,74±4,24	82,70±4,14
	0,3 % AS**	92,55±4,63	92,00±4,60	89,26±4,46	86,12±4,31	84,15±4,21
Udział masowy rozpuszczalnej suchej masy						
Kontrola		6,07±0,30	6,00±0,30	6,10±0,31	6,40±0,32	6,70±0,34
Z dodatkiem	0,1 % GK*	6,07±0,30	5,90±0,30	5,40±0,27	5,80±0,29	6,20±0,31
	0,3 % AS**	6,90±0,35	6,40±0,32	5,90±0,30	6,30±0,32	6,60±0,30

Uwagi: * guma ksantanowa; ** alginian sodu.

Badana lepkość szybko mrożonego półproduktu wykazała, że dodatek gumy ksantanowej i alginianu sodu ją zwiększał. Najwyższy był w próbkach z dodatkiem alginianu sodu. Po 12 miesiącach przechowywania w chłodni w niskich temperaturach obserwuje się spadek lepkości w próbkach wersji kontrolnej o 25,81%, w próbkach eksperymentalnych o 19,75% w stosunku do produktów świeżych przed zamrożeniem.

Wartość biologiczną półproduktów określono na podstawie zawartości kwasu askorbinowego, beta-karotenu, pierwiastków mineralnych.

Próbki przed zamrożeniem charakteryzowały się dość wysoką zawartością witaminy C (powyżej 45 mg/100 g), ze względu na obecność w składzie produktów o odpowiednio wysokiej zawartości.

Podczas mrożenia stwierdzono nieznaczny spadek zawartości witaminy C, który nadal występuje podczas przechowywania w niskich temperaturach, a po 12 miesiącach ubytek sięga 26%.

Półprodukty warzywne zawierają również niewielkie ilości beta-karotenu. Przed zamrożeniem oznaczono go na poziomie 2,78 mg/100 g. Największą zawartość β -karotenu stanowiły półprodukty z dodatkiem gumy ksantanowej. Po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze zawartość beta-karotenu spadła o 4,7% w wyniku jego utleniania.

Wartość biologiczna mrożonych półproduktów wynika z wysokiej zawartości składników mineralnych. Analiza składu pierwiastkowego w szybko mrożonych półproduktach wykazała, że półprodukt „Leczo warzywne” jest ważnym źródłem makro- i mikroelementów (tab. 5).

Tabela 5

**Skład pierwiastkowy półproduktów „Leczo warzywne”
mg na 100 g produktu**

Perwiastek	Kontrola	Eksperyment	
		0,1 % GK*	0,3 % AS**
Potas	232,16	232,20	232,15
Wapń	15,18	15,18	15,20
Żelazo	2,34	2,35	2,36
Siarka	10,50	10,40	10,60
Cynk	0,292	0,290	0,291
Kuprum	0,13	0,15	0,15

*Uwagi: * guma ksantanowa; ** alginian sodu.*

Opracowany produkt zawiera dużo potasu (który uczestniczy w metabolizmie i pobudzeniu układu nerwowego), wapń, siarkę, żelazo, cynk i miedź. Bogaty skład mineralny półproduktów wynika z zawartości pierwiastków popiołu w składnikach receptury. Z uzyskanych danych wynika, że spożycie 300 g półproduktów warzywnych pozwala na pokrycie dziennego zapotrzebowania na potas, żelazo, miedź o ponad 20%.

„Leczo warzywne” zapowiada się na zdrową dietę na masę i ma akceptowalne właściwości smakowe, stabilność konsystencji i skład chemiczny.

2. Właściwości konsumpcyjne mrożonych półproduktów z grzybów uprawnych

W ostatnich dziesięcioleciach na Ukrainie nastąpił wzrost przemysłowej uprawy pieczarek. Najważniejszymi substancjami zawartymi w owocniku grzybów są białka, tłuszcze, węglowodany, błonnik, minerały, witaminy, ekstrakty.

Analiza danych naukowych wykazała, że kompleks aminokwasów egzogennych, polisacharydy, kompleks chitynowo-glukanowy, związki fizjologicznie czynne obecne w grzybach zapewniają wysokie właściwości odżywcze, sorpcyjne, onkostatyczne, przeciwmiażdżycowe i antyoksydacyjne, które mogą zwiększać odporność na wirusy. Ze względu na niską żywotność świeżych grzybów straty produktów w ruchu towarowym wynoszą około 47%. Na Ukrainie oficjalnie dopuszczono uprawę trzech rodzajów grzybów uprawnych: pieczarki, boczniki i shiitake. Udział pieczarek w ogólnej strukturze produkcji wynosi 84%.

Skład chemiczny pieczarek zmienia się zarówno ilościowo, jak i jakościowo w zależności od odmiany, rasy, fali owocnikowania, wieku owocnika, warunków uprawy i składu podłoża, co znacząco wpływa na

właściwości fizykochemiczne i cechy organoleptyczne zarówno grzybów, jak i półproduktów.

Wyniki własnych badań jakości mrożonych pieczarek wykazały, że zwykła metoda zamrażania nie zapewnia wysokiej jakości gotowego produktu. Po rozmrożeniu wygląd pieczarek znacznie się pogarsza. Ze względu na dużą aktywność oksydoreduktaz ciemnieją, mają słaby zapach, luźną konsystencję, a po rozmrożeniu dochodzi do nadmiernego nawilżenia z utratą cennych składników odżywczych i substancji biologicznie czynnych.

Przedmiotem badań były świeże pieczarki białe i brunatne hodowlane szczepów Hauser A-15, Sylvan 130 i №273, №117 z zamkniętymi i otwartymi kapeluszami pierwszej fali zbioru oraz półprodukty z nich głęboko mrożone.

Badania organoleptyczne jakości pieczarek przeprowadzono przed zamrożeniem i po rozmrożeniu na powietrzu. Parametry organoleptyczne oceniano w 5-stopniowej skali (tab. 6).

Wszystkie odmiany pieczarek przed zamrożeniem, niezależnie od stopnia dojrzałości, miały atrakcyjny wygląd, wyraźny naturalny kolor, czysty, przyjemny, harmonijny, charakterystyczny smak, brak obcego posmaku i zapachu, gęstą, elastyczną konsystencję.

Wyniki oceny organoleptycznej pieczarek po rozmrożeniu wskazują, że wszystkie próbki były mniej atrakcyjne z wyglądu w porównaniu ze świeżymi. Powierzchnia grzybów wyschła, kolor uległ znacznej zmianie pod wpływem reakcji enzymatycznych. Ten trend został ustalony dla wszystkich badanych próbek, niezależnie od rasy, szczepu i etapu dojrzałości.

Potwierdzeniem uzyskanych wyników oceny barwy metodą organoleptyczną było oznaczenie aktywności oksydazy polifenolowej. Stwierdzono, że najwyższą aktywnością oksydazy polifenolowej charakteryzował się szczep świeżych pieczarek białych Sylvan 130 z otwartym kapeluszem – 10,5 μmol kwasu askorbinowego utlenionego w ciągu 1 minuty, najniższą – 3,6 – szczep nr 117 pieczarek brunatnych z zamkniętym kapeluszem. Wyniki badań aktywności enzymatycznej pieczarek mrożonych doprowadziły do wniosku, że zamrażanie nie zapewnia całkowitej dezaktywacji enzymów, a jedynie czasowe i częściowe ustanie ich aktywności. Dlatego wskazane jest stosowanie wydajniejszych operacji technologicznych mających na celu ich unieczynnienie.

Tabela 6

**Właściwości organoleptyczne szybko mrożonych pieczarek
w zależności od stopnia dojrzałości i metody rozmrażania**

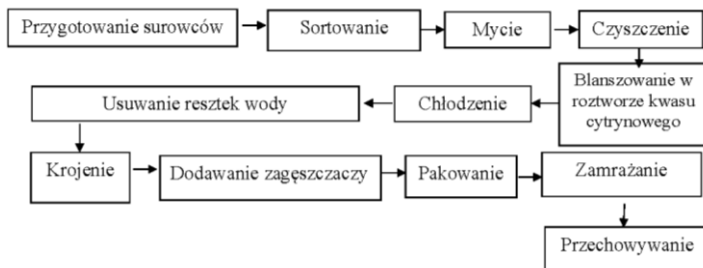
Stopień dojrzałości	Ocena degustacyjna, punkty				
	Ogólny wygląd zewnątrzny	Kolor	Aromat	Smak	Konsysten cja
Biała rasa					
<i>Szczep Hauser A-15</i>					
Przed zamrożeniem					
Zamknięty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Otwarty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Po rozmrożeniu					
Zamknięty kapelusz	3,60±0,18	3,40±0,17	4,50±0,20	4,00±0,20	3,60±0,18
Otwarty kapelusz	3,40±0,17	3,30±0,16	4,30±0,21	3,90±0,19	3,50±0,17
<i>Szczep Sylvana 130</i>					
Przed zamrożeniem					
Zamknięty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Otwarty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Po rozmrożeniu					
Zamknięty kapelusz	3,50±0,17	3,40±0,17	4,40±0,22	4,00±0,20	3,60±0,18
Otwarty kapelusz	3,30±0,16	3,30±0,16	4,30±0,21	3,90±0,19	3,50±0,17
Rasa brązowa					
<i>Szczep № 273</i>					
Przed zamrożeniem					
Zamknięty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Otwarty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Po rozmrożeniu					
Zamknięty kapelusz	3,40±0,17	3,30±0,16	4,40±0,22	3,80±0,19	3,40±0,17
Otwarty kapelusz	3,30±0,16	3,20±0,16	4,40±0,22	3,70±0,18	3,30±0,16
<i>Szczep № 117</i>					
Przed zamrożeniem					
Zamknięty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Otwarty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Po rozmrożeniu					
Zamknięty kapelusz	3,50±0,17	3,30±0,16	4,40±0,22	3,90±0,19	3,50±0,17
Otwarty kapelusz	3,40±0,17	3,20±0,16	4,30±0,21	3,80±0,19	3,40±0,17

Konsystencja pieczarek po rozmrożeniu jest niezwykle ważnym wskaźnikiem jakości. Znaczące pogorszenie i rozluźnienie konsystencji stwierdzono w pieczarkach (zarówno białych, jak i brązowych) z otwartym kapeluszem. Wyznaczony wskaźnik zdolności zatrzymywania wody koreluje z wynikami oceny organoleptycznej. W celu zwiększenia zdolności zatrzymywania wody proponuje się stosowanie zagęszczaczy pochodzenia naturalnego.

Zgodnie wynikami badań organoleptycznych stwierdzono, że do produkcji mrożonych półproduktów wskazane jest stosowanie pieczarek

rasy białej szczep Hauser A-15 i rasy brązowej nr 117 z zamkniętym kapeluszem.

Schemat produkcji mrożonych półproduktów z pieczarek przed zamrożeniem przedstawiono na wykresie 2.



Wykres 2. Schemat produkcji mrożonych półproduktów z pieczarek

Mieszkankę gumy guar, gumy ksantanowej i lamidanu dodano jako zagęszczacz do pokrojonych pieczarek w ilości 0,1, 0,2; 0,1% odpowiednio (eksperyment).

W celu zachowania naturalnej barwy pieczarek oraz zwiększenia intensywności redukcji aktywności enzymatycznej powodującej ciemnienie barwy, surowiec pieczarkowy po oczyszczeniu był blanszowany w roztworze kwasu cytrynowego (0,1%) przez 1 min.

Kontrolne pieczarki blanszowano i zamrażano w podobnych warunkach bez użycia zagęszczaczy.

Właściwości organoleptyczne szybko mrożonych półproduktów z pieczarek białych podano w tabeli. 7.

Opracowane, adekwatne do danych eksperymentalnych modele liniowej zależności zmian właściwości organoleptycznych półproduktów próbek wariantów eksperymentalnych i kontrolnych od czasu przechowywania, wykazują ten sam kierunek przepływu, ale różną intensywność zmian. Dla próbek wariantu kontrolnego, w porównaniu z eksperymentalnym, stwierdzono istotnie wyższe tempo zmian właściwości organoleptycznych.

Należy zauważyć, że przed zamrożeniem próbki szybko mrożonych półproduktów z obu wariantów eksperymentalnych i kontrolnych miały atrakcyjny wygląd, wyraźny, naturalny kolor, czysty, przyjemny, harmonijny, nieodłączny smak, bez posmaku i zapachu, elastyczną konsystencją.

**Właściwości organoleptyczne mrożonych półproduktów
z pieczarek białych**

Czas przechowywania, miesiące	Ogólny wygląd zewnętrzny		Kolor		Smak		Zapach		Konsystencja	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Przed zamrożeniem	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Świeżo mrożone	4.00	4.90	3.80	4.80	4.10	4.80	4.80	4.95	3.9	4.80
1	3.90	4.88	3.75	4.77	4.10	4.76	4.75	4.92	3.85	4.78
3	3.80	4.84	3.70	4.74	4.05	4.72	4.73	4.90	3.82	4.76
6	3.76	4.80	3.66	4.69	4.00	4.70	4.70	4.88	3.78	4.74
9	3.70	4.74	3.60	4.65	3.98	4.68	4.65	4.85	3.7	4.70
12	3.60	4.70	3.54	4.60	3.95	4.65	4.60	4.80	3.6	4.68

Uwagi: K – kontrola, E – eksperyment

W wyniku badań ustalono, że po zamrożeniu najbardziej zauważalne pogorszenie wyglądu zaobserwowano w próbkach wariantów kontrolnych. Próbki wariantów eksperymentalnych charakteryzowały się atrakcyjnym wyglądem zarówno po zamrożeniu, jak i po przechowywaniu. Po 12 miesiącach przechowywania w niskich temperaturach najbardziej zauważalne pogorszenie wyglądu zaobserwowano w półproduktach wariantów kontrolnych (niezależnie od rasy): ich powierzchnia wysychała na skutek zamarzania wody z powierzchni produktu.

Szczególną uwagę zwrócono na analizę barwy pieczarek w procesie przechowywania w niskiej temperaturze. Wyniki oceny degustacyjnej wykazały istotne różnice w kolorze próbek wariantów eksperymentalnych i kontrolnych półproduktów po rozmrożeniu. Tak świeżo mrożone próbki wariantów eksperymentalnych charakteryzowały się naturalnym jasnobrązowym kolorem. Próbki wariantów kontrolnych miały niejednorodną ciemnobrązową barwę. Próbki wariantów eksperymentalnych po długotrwałym przechowywaniu nie zmieniły barwy. Zakładamy, że jest to wynik pozytywnego wpływu gumy na procesy utleniania dzięki wiązaniu wolnej wody. Próbki wariantów kontrolnych miały wyraźny ciemnobrązowy kolor, nietypowy dla świeżych grzybów.

Smak próbek półproduktów wariantów eksperymentalnych na początku przechowywania był przyjemny, harmonijny bez obcych smaków i

zapachów. Smak próbek wariantów kontrolnych półproduktów po zamrożeniu był nieco pusty. Po 12 miesiącach przechowywania w niskich temperaturach najlepszy smak miały próbki eksperymentalnych. Smak próbek kontrolnych po przechowywaniu okazał się wodnisty, niewyraźny, co naszym zdaniem wynika ze zmian fizykochemicznych i biochemicznych.

Zapach świeżo mrożonych próbek wariantów eksperymentalnych był przyjemny, dobrze wyrażony, tkwiący w tym produkcie, w próbkach wariantów kontrolnych nastąpił nieznaczny spadek intensywności ekspresji aromatu. Po przechowywaniu intensywność ekspresji grzybowego zapachu w próbkach wariantu eksperymentalnego i kontrolnego zmniejszyła się, ze względu na utratę substancji aromatycznych w wyniku częściowego zamrożenia wolnej wody.

Stwierdzono wysoki poziom zachowania sprężystej konsystencji pieczarek świeżo mrożonych po zamrożeniu i w procesie przechowywania w niskich temperaturach w próbkach wariantów eksperymentalnych. W próbkach grzybów w wariantach kontrolnych obu ras zaobserwowano znaczne pogorszenie i rozluźnienie konsystencji. Po przechowywaniu największe zmiany konsystencji wystąpiły w próbkach półproduktów wariantów kontrolnych w wyniku zniszczenia koloidalnej struktury tkanek grzybów i uwolnienia wolnej wilgoci. Półprodukty charakteryzowały się luźną konsystencją, utratą elastyczności, wysoką soczystością, co wskazuje na ich niską zdolność zatrzymywania wilgoci.

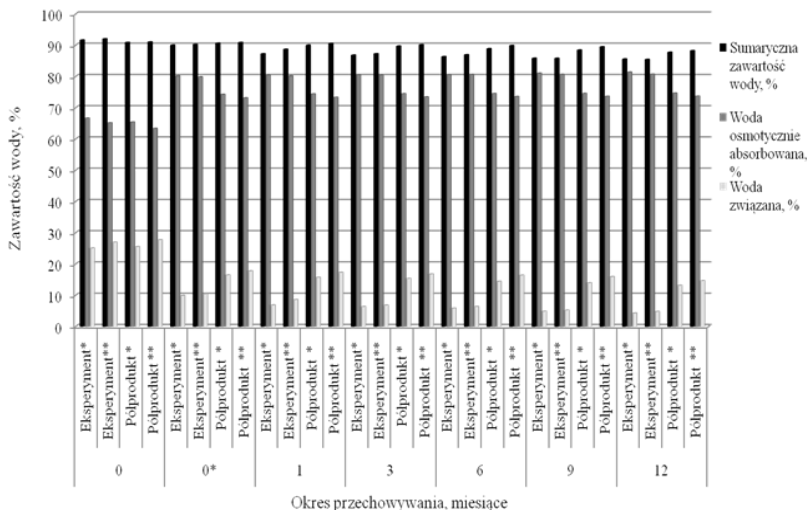
Podsumowując wyniki oceny organoleptycznej pieczarek stwierdzono, że dodanie przed zamrożeniem do półproduktów pieczarkowych (niezależnie od rasy) polisacharydów pochodzenia naturalnego daje produkt szybko mrożony o wysokich właściwościach sensorycznych, który jest przechowywany w niskich temperaturach. Natomiast półprodukty z wariantów kontrolnych charakteryzowały się znacznie niższymi właściwościami organoleptycznymi w stanie rozmrożonym zarówno na początku, jak i podczas przechowywania w niskich temperaturach.

W celu określenia głównych procesów zachodzących w szybko mrożonych półproduktach z pieczarek uprawnych w procesie zamrażania i przechowywania w niskich temperaturach zidentyfikowaliśmy kilka parametrów fizykochemicznych korelujących z organoleptycznymi: udział masowy wody, zatrzymywanie wody, aktywność oksydazy polifenolowej.

Wyniki badań wskazują, że przed zamrożeniem udział masowy wody i forma jej połączenia w próbkach półproduktów grzybowych zarówno w wariacie eksperymentalnym, jak i kontrolnym nie różniły się istotnie (wykres 3). W świeżo mrożonych próbkach wersji eksperymentalnej, w

porównaniu z próbkami przed zamrożeniem, całkowita zawartość wilgoci jest praktycznie niezmienną.

Nieco większe zmiany wilgotności całkowitej charakteryzują próbki wariantów kontrolnych (niezależnie od rasy grzybów). Jednak formy wiązania wody ulegają znacznie większym zmianom podczas zamrażania, a mianowicie: zwiększa się zawartość wody wchłoniętej osmotycznie na skutek zmniejszenia udziału masowego koloidu związanego, co wskazuje na nieodwracalne procesy zachodzące w biokoloidach protoplazmatycznych, którym towarzyszy osłabienie ich siła połączenie z cząsteczkami wody.



Wykres 3. Zawartość wody ogólna i formy jej połączenia z suchą masą

Uwagi : 0 – przed zamrożeniem; 0* – świeżo mrożone; kontrola* – półprodukt z pieczarek brunatnych; kontrola** – półprodukt z pieczarek białych; eksperyment* – półprodukt z pieczarek brunatnych; eksperyment** – półprodukt z pieczarek białych

Badania wykazały, że ułamek masowy wody związanej z koloidami w świeżo mrożonych surowcach grzybowych wariantów rasy białej i brązowej (w porównaniu z próbkami przed zamrożeniem) jest zmniejszony odpowiednio o 61,37 i 60,51%. Próbki wariantów eksperymentalnych rasy białej i brunatnej w procesie zamrażania charakteryzowały się znacznie mniejszą redystrybucją wody (odpowiednio 35,91 i 35,68%) ze względu na ich wstępną obróbkę polisacharydami pochodzenia naturalnego. Wydłużeniu okresu trwałości

towarzyszy dalsza niewielka redystrybucja form wiązania wody, co wskazuje na zmiany w koloidach protoplazmy podczas przechowywania.

Zdolność do zatrzymywania wody jest również ważnym wskaźnikiem jakości mrożonych półproduktów pieczarkowych (tab. 8).

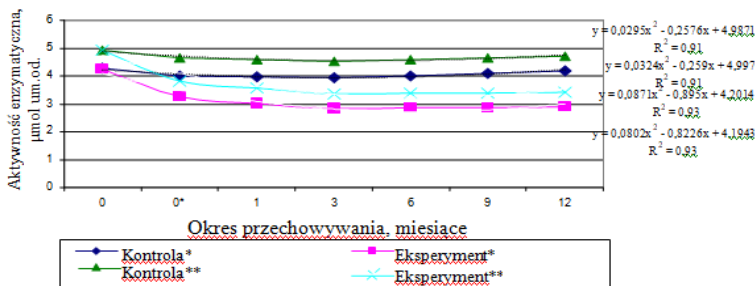
Tabela 8

**Zdolność zatrzymywania wody
w szybko mrożonych półproduktach z pieczarek, %**

Etap badań	Szybko mrożony półprodukt z pieczarek			
	biała rasa szczep Hausera A-15		brązowa rasa szczep № 117	
	Kontrola	Eksperyment	Kontrola	Eksperyment
Świeżo mrożone	68,62±3,43	90,44±4,52	70,94±3,54	90,90±4,54
1 miesiąc przechowywania	66,44±3,32	89,75±4,45	68,15±3,40	90,05±4,50
3 miesiące przechowywania	65,11±3,25	89,45±4,47	66,43±3,32	89,32±4,46
6 miesięcy przechowywania	64,50±3,22	88,30±4,41	64,65±3,23	88,51±4,42
9 miesięcy przechowywania	62,67±3,13	87,50±4,37	61,97±3,09	88,00±4,4
12 miesięcy przechowywania	59,34±2,96	86,95±4,34	60,41±3,02	87,13±4,35

Próbki wariantów eksperymentalnych półproduktów grzybowych zarówno rasy białej jak i brunatnej charakteryzują się istotnie wyższą zdolnością zatrzymywania wody (w porównaniu z kontrolą). Wysoka zdolność zatrzymywania wody półproduktów związana jest ze zmianami ilościowego i jakościowego składu wody, a mianowicie zmniejszeniem całkowitej zawartości wody i zwiększeniem udziału koloidów związanych w wyniku wstępnej obróbki grzybów zagęstnikami bogatymi w błonnik pokarmowy i zdolne do tworzenia roztworów koloidalnych, wolnej wody. Próbki wariantów kontrolnych, niezależnie od rasy grzybów, charakteryzowały się najniższą zdolnością do zatrzymywania wody zarówno po zamrażaniu, jak i podczas przechowywania w niskich temperaturach.

Aktywność oksydazy polifenolowej koreluje ($r = 0,91$) z wynikami oznaczania barwy grzybów. Wyższą aktywność oksydazy polifenolowej podczas przechowywania w niskiej temperaturze charakteryzowały próbki wariantów kontrolnych niezależnie od rasy, co wiąże się z zachowaniem aktywności enzymatycznej i utlenianiem związków fenolowych pod wpływem oksydazy polifenolowej do chinonów (wykres 4). Próbki rasy białej i brązowej miały mniejszą aktywność enzymatyczną.



Wykres 4. Aktywność oksydazy polifenolowej

Uwagi : 0 – przed zamrożeniem; 0* – świeżo mrożone; kontrola* – półprodukt z pieczarek brunatnych; kontrola** – półprodukt z pieczarek białych; eksperyment* – półprodukt z pieczarek brunatnych; eksperyment** – półprodukt z pieczarek białych

Analiza składu pierwiastkowego szybko mrożonych półproduktów z pieczarek wykazała, że popiół reprezentowany jest zarówno przez makro-, jak i mikroelementy. Stwierdzono, że po 12 miesiącach przechowywania w niskich temperaturach skład pierwiastkowy półproduktów szybko mrożonych nie zmienił się znacząco. W popiele wariantów eksperymentalnych i kontrolnych (niezależnie od rasy) dominują potas i fosfor zarówno przed zamrożeniem, jak i po przechowywaniu w niskiej temperaturze. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy zawartością pierwiastków mineralnych (z wyjątkiem jodu) w próbkach wariantu kontrolnego i eksperymentalnego półproduktów. Zastosowanie lamidanu w zagęszczaczach przyczynia się do wzbogacenia próbek półproduktów w jod.

Wartość witaminową szybko mrożonych półproduktów z pieczarek oceniano na podstawie zawartości kwasu askorbinowego i niacyny. Stwierdzono, że główne straty witaminy C w półproduktach występują podczas mrożenia i wahają się od 15,06 do 23,07% w zależności od rasy pieczarek. Całkowity ubytek witaminy C po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze wynosi 35,48% i 33,33% dla próbek wariantów kontrolnych półproduktów rasy białej i brązowej oraz odpowiednio 21,35% i 19,86% dla próbek wariantów eksperymentalnych. Półprodukty z pieczarek rasy brunatnej, w porównaniu z białymi, charakteryzują się nieco wyższą zawartością witaminy C.

Zachowanie witaminy C po 12 miesiącach przechowywania w niskich temperaturach próbek półproduktów grzybowych obu odmian kontrolnych rasy białej i brunatnej wyniosło odpowiednio 64,51% i 66,66%. Próbkę prototypów głęboko mrożonych półproduktów z grzybów uprawnych,

zarówno białych, jak i brązowych, charakteryzowały się wyższą konserwacją kwasu askorbinowego i po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze wyniosły odpowiednio 78,64% i 80,13%.

Witamina PP była mniej wrażliwa na działanie niskich temperatur. Jego straty w półproduktach pieczarek świeżo mrożonych wynoszą 5,6% i 4,21% dla próbek wariantów kontrolnych półproduktów rasy białej i brązowej oraz 2,85% i 3,31% – odpowiednio dla próbek wariantów eksperymentalnych. Straty witaminy PP po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze wahają się w granicach 7,31% i 5,32% dla próbek wariantów kontrolnych półproduktów grzybowych rasy białej i brunatnej oraz 4,28% i 3,98% – dla próbek wariantów eksperymentalnych, odpowiednio.

Utrwalanie półproduktów pieczarkowych poprzez mrożenie wiąże się również z utratą masy, co znacząco wpływa na zachowanie cech ilościowych i jakościowych produktów (tab. 9).

Tabela 9

Ubytki masy w głęboko mrożonych półproduktach z pieczarek w procesie przechowywania w niskiej temperaturze, %

Etap badań	Szybko mrożony półprodukt z pieczarek			
	biała rasa		brązowa rasa	
	Kontrola	Eksperyment	Kontrola	Eksperyment
Świeżo mrożone	0,16±0,008	0,078±0,004	0,17±0,008	0,084±0,004
1 miesiąc przechowywania	1,32±0,066	0,15±0,007	1,41±0,07	0,21±0,01
3 miesiące przechowywania	2,34±0,117	0,87±0,04	2,5±0,12	0,95±0,04
6 miesięcy przechowywania	2,81±0,14	1,23±0,06	3,0±0,15	1,34±0,06
9 miesięcy przechowywania	3,15±0,15	1,85±0,09	3,31±0,16	1,96±0,09
12 miesięcy przechowywania	3,48±0,17	2,0±0,1	3,61±0,18	2,15±0,1
Całkowita utrata wagi	13,26±0,66	6,18±0,30	14,0±0,7	6,7±0,33

Największy ubytek masy podczas zamrażania wystąpił w próbkach półproduktów wariantów kontrolnych, niezależnie od rasy pieczarek, ze względu na słabe wiązanie wody i zamrażanie wilgoci swobodnej. Prototypy głęboko mrożonych półproduktów grzybowych charakteryzowały się znacznie niższymi ubytkami masy zarówno podczas zamrażania, jak i przechowywania w niskich temperaturach dzięki zdolności polisacharydów do wiązania wolnej wilgoci.

WNIOSKI

Asortyment mrożonych półproduktów warzywnych i grzybowych, które są niezbędnym źródłem składników odżywczych dla organizmu człowieka: łatwo przyswajalnych węglowodanów, związków witaminopodobnych, minerałów i błonnika pokarmowego jest zbyt ograniczony i wymaga rozszerzenia. Ich produkcja jest możliwa z wykorzystaniem tych rodzajów surowców roślinnych, które ze względu na specyfikę budowy i składu chemicznego nie są wykorzystywane do produkcji monoproduktów mrożonych.

Zgodnie z uogólnieniem wyników własnych badań wykazano celowość stosowania niewielkiej ilości zagęszczaczy w produkcji mrożonych półproduktów warzywnych i grzybowych.

Potwierdzono pozytywny wpływ gumy guar, gumy ksantanowej, lamidanu, alginianu sodu jako zagęszczaczy na stabilizację wiązań wody z suchą masą. Dzięki zdolności polisacharydów do wiązania wolnej wody zwiększa się zdolność półproduktów do zatrzymywania wody, poprawia się konsystencja, a utrata masy podczas zamrażania i przechowywania w niskiej temperaturze jest znacznie mniejsza.

Półprodukty szybko mrożone z zagęszczaczami charakteryzują się stabilnością składu chemicznego oraz właściwościami organoleptycznymi, które są jak najbardziej zbliżone do właściwości surowców.

ABSTRAKT

Asortyment produktów głęboko mrożonych jest stale udoskonalany. Niektóre rodzaje surowców roślinnych ze względu na specyfikę ich struktury i składu chemicznego nie nadają się do zamrażania. Dlatego istotne jest opracowanie innowacyjnych skutecznych sposobów stabilizacji właściwości organoleptycznych, wartości odżywczych i biologicznych. Zastosowanie gumy ksantanowej, gumy guar, alginianu sodu, lamidanu jako zagęszczaczy w technologii półproduktów warzywnych i grzybowych pozwala na uzyskanie produktów warzywnych o zachowanej strukturze, konsystencji, jednocześnie pozytywnie wpływając na ich walory smakowe. Dzięki zdolności polisacharydów do wiązania wolnej wody zwiększa się zdolność zatrzymywania wilgoci przez półprodukty. Straty masy podczas zamrażania i przechowywania w niskich temperaturach są znacznie mniejsze. Wyniki badań eksperymentalnych wskazują na stabilność właściwości konsumenckich produktów podczas przechowywania.

BIBLIOGRAFIA

1. Соколова Є. Б. Дослідження показників якості замороженого напівфабрикату для смузі. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. № 27. С. 15-21. DOI: 10.36477/2522-1221-2021-27-02.
2. Сімахіна Г. О., Науменко Н.В. Удосконалений спосіб отримання заморожених ягідних напівфабрикатів. *Харчова промисловість*. 2020. Вип. 27. С. 80–87. DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-11.
3. Григоренко О. В., Загорко Н. П. Збереженість біологічної цінності компонентів заморожених ягідних сумішей за тривалого низькотемпературного зберігання. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. Т. 1. С. 164–169.
4. Сердюк М. Є., Григоренко О. В., Сухаренко О. І., Коляденко В. В. Зміни функціональних властивостей фруктової та ягідної сировини протягом криогенного зберігання. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». № 2 (4). 2020. С. 126-132. DOI:10.20998/2413-4295.2020.02.16.
5. Nesterenko N., Orlova N., Belinska S., Motuzka Iu., Ivanyuta A., Menchynska A. Biological Value of Protein of Quick-Frozen Semi-finished Products from Cultivated Champignons. *International Journal of Food Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 5. №4. P. 89–93. DOI:10.11648/j.ijfsb.20200504.17.
6. Chaves A., Zaritzky N. Cooling and Freezing of Fruits and Fruit Products // *Food Engineering Series*. 2018. P. 127–180. DOI:10.1007/978-1-4939-3311-26.
7. Wu X-F., Zhang M., Adhikari B., Sun J. Recent developments in novel freezing and thawing technologies applied to foods. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. Vol.57(17). P. 3620-3631. DOI: 10.1080/10408398.2015.1132670
8. Cheng L., Sun D-W., Zhu Z., Zhang Z. Emerging techniques for assisting and accelerating food freezing processes: a review of recent research progresses. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. № 57(4). P. 769–781. DOI: 10.1080/10408398.2015.1004569.
9. Zhang P., Zhu Z., Sun D-W. Using power ultrasound to accelerate food freezing processes: Effects on freezing efficiency and food microstructure. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. Vol. 58(16). P. 2842-2853. DOI:10.1080/10408398.2018.1482528.
10. R. G. M. van der Sman. Impact of Processing Factors on Quality of Frozen Vegetables and Fruits. 2020. *Food Engineering Reviews*. Vol.12. P. DOI: 399–420. 10.1007/s12393-020-09216-1.
11. Demir E., Dymek K., Galindo F. Technology allowing baby spinach leaves to acquire freezing tolerance. *Food and bioprocess*

technology. 2018. Vol. 11(4). P. 809–817. DOI: 10.1007/s11947-017-2044-7.

12. Bilbao-Sainz C., Sinrod A., Powell-Palm M., Dao L. T., Takeoka G. R., Williams T. G., Wood D. F., Ukpai G., Aruda J., Bridges D. F., Wu V. C., Rubinsky B., McHugh T. H. Preservation of sweet cherry by isochoric (constant volume) freezing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018. Vol. 52. P. 108–115. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.10.016.

13. Li J., Chotiko A., Kyereh E., Zhang J., Liu C., Ortega V., Vandeker R., Bankston D., Sathivel S. Development of a combined osmotic dehydration and cryogenic freezing process for minimizing quality changes during freezing with application to fruits and vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017. Vol. 41(1). e12926. DOI: 10.1111/jfpp.12926.

14. I. Marco, R. Iannone. Production, packaging and preservation of semi-finished apricots: A comparative Life Cycle Assessment study. *Journal of Food Engineering*. 2017. Vol 206. P. 106-117 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.03.009.

15. Оптимізація технології заморожування плодовоовочевої продукції: Монографія / В.Ф. Ялпачик, Н.П. Загорко, С.В. Кюрчев, В.Г. Тарасенко, Л.М. Кюрчева, С.Ф. Буденко, О.В. Григоренко, М.І. Стручаєв, В.О. Верховланцева. – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. – 214 с.

16. Свистун Т. В., Туз К. В. Аналіз ринку заморожених напівфабрикатів України. *Економіка харчової промисловості*. 2017. Т. 9. Вип. 2. С. 19-23.

17. Сало І.А., Попова О.П. Розвиток українського ринку плодів і ягід в умовах глобалізації. *Садівництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2019. Вип. 74. С. 160–170. DOI: 10.35205/0558-1125-2019-74-160-170.

18. Сімахіна Г.О., Камінська С.В. Ринок заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів в Україні. *Технологія харчової та легкої промисловості*. 2020. Том 31 (70). Ч. 2. № 3. С. 67-71. DOI: 10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/12.

19. Олійник Н. М., Тарасюк А. В., Макаренко С. М., Котик О. А. Проблеми та перспективи розвитку ринку заморожених напівфабрикатів. *Підприємництво і торгівля: збірник наукових праць*. 2019. Вип. 24. С. 127-131. DOI: 10.36477/2522-1256-2019-24-19.

Information about the authors:

Belinska Svitlana Omelianivna,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Commodity Science,
Safety and Quality Management
State University of Trade and Economics,
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Kamienieva Nataliia Viktorivna,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Poland

Nesterenko Nataliia Anatoliivna,

Candidate of Technical Sciences,
Assistant at the Department of Commodity Science,
Safety and Quality Management
State University of Trade and Economics,
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Moroz Olena Omelianivna,

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the Department of Business, Logistics and Management,
Vinnytsia National Technical University,
95, Khmelnytske shose str., Vinnytsia, 21000, Ukraine

Kepko Valentyna Mykolaiivna,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Business, Trade and Exchange
Activity,
Bila Tserkva National Agrarian University
8/1, Soborna Sqr., Bila Tserkva, Kyiv Region, 09117, Ukraine

Rogalskiy Serhii Vladislavovich,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Plant Breeding,
Uman National University of Horticulture,
1, Instytutaska str., Uman, Cherkasy Region, 20305, Ukraine

СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРТНО-МОДЕЛЮЮЧОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ РЕЦЕПТУР МОРОЗИВА

Бреус Н. М., Грибков С. В., Сєдих О. Л.

ВСТУП

Сучасні підприємства харчової галузі постійно повинні швидко реагувати на потреби споживачів та забезпечувати високоякісною продукцією кінцевого споживача на конкурентоздатному рівні. Продукція харчових підприємств має стратегічне значення в будь-якій країні світу. Готова продукція повинна відповідати усім світовим стандартам до харчових продуктів, адже вона є запорукою здоров'я населення. Певну нішу займають складні багатокомпонентні продукти, які мають складну рецептуру виготовлення. На кінцевий багатокомпонентний харчовий продукт впливають фізико-хімічні показники рецептурних інгредієнтів та їх вміст, численні параметри обробки (механічні, теплові, біохімічні тощо) впродовж усього технологічного циклу виробництва. До таких багатокомпонентних харчових продуктів належить морозиво, а враховуючі, що це продукт який май сезонний попит та обмежений термін зберігання, стає актуальним питанням модифікації та створення нових рецептур морозива без втрати фізико-органолептичних властивостей кінцевого продукту. Моделювання рецептур морозива є дуже складний процес через його хімічний склад та фізичні характеристики.

Задача модифікації рецептур може виникати під час необхідності заміни певних інгредієнтів. Здійснення заміни інгредієнта в затвердженій рецептурі без втрати якісних показників кінцевого продукту неможливо без проведення лабораторних досліджень, що вимагають витрат на матеріали та час на їх проведення¹.

Дослідження процесу моделювання рецептур морозива у більшості випадків розглядається лише як завдання розробки нового продукту з оригінальними споживчими властивостями. Такі питання,

¹ Поліщук Г.Є., Бреус Н.М., Шевченко І.І., Гніцевич В.А., Юдіна Т.І., Ножечкіна-Єрошенко Г.М., Семко Т.В. Виявлення впливу казеїну на показники якості морозива з різним вмістом жиру. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2020. № 11. С. 27.

як правило, вирішуються без використання спеціалізованих інформаційних технологій, на основі математичного моделювання з урахуванням підвищення якості продукту².

Під час моделювання рецептури морозива поняття «якість» розглядають як комплекс спеціальних вимог до взаємопов'язаних органолептичних та фізико-хімічних показників. Основними показниками, що формують органолептичне сприйняття консистенції готового продукту, є: об'ємний вміст повітря (збитість), ступінь дисперсності повітряної фази та опір таненню^{3,4}.

Для вирішення такої проблеми може стати в нагоді експертно-моделююча система, яка забезпечить ефективність процесу моделювання та удосконалення рецептур морозива в лабораторних та виробничих умовах. Але основними задачами під час її розроблення є створення математичного апарату, проектування бази знань та даних, а також реалізація та апробація готової системи.

1. Виникнення передумов проблеми проектування рецептур багатокомпонентних харчових продуктів

Рецептуру морозива на молочній основі контролюють відповідно до вимог нормативних документів в якій чітко визначено більшість рецептурних компонентів. Наприклад, у складі морозива на молочній основі обов'язковими компонентами є: цукор та цукристі речовини; жири; стабілізатори; волога; сухий знежирений молочний залишок. Для формування органолептичних показників конкретного виду продукту в рецептуру морозива виробники додають смакоароматичні речовини, наповнювачі та інші компоненти⁵.

При проектуванні рецептур багатокомпонентних харчових систем, як правило, використовуються підходи, які базуються на

² Устименко І.М., Бреус Н.М., Поліщук Г.С. Наукове обґрунтування складу емульсій, призначених для нормалізації молоковмісних продуктів. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2016. № 5. С. 187.

³ Goff H.D., Hartel W.R. Ice Cream. 7th ed. New York: Springer Sciece & Business Media, 2013. P. 21.

⁴ Поліщук Г. Є. Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.04. Київ, 2013. С. 34.

⁵ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 57.

методах експериментально-статистичного моделювання і лінійного програмування^{6,7,8}.

Метод експериментально-статистичного моделювання часто використовується при розробці оптимальних рецептур лікувально-профілактичних продуктів високої біологічної цінності. Він ґрунтується на виділенні ключової поживної речовини (нутриєнта) з подальшим моделюванням та оптимізацією її властивості⁹. Критерієм оптимізації є вміст всіх незамінних амінокислот. Обчислювальний експеримент полягає в отриманні поверхні відгуку математичної моделі при варіюванні значень змінних по всьому факторному простору. Локальна область факторного простору визначається з урахуванням хімічного складу сировини. Після реалізації експерименту статистична обробка результатів і розрахунок коефіцієнтів виконуються за допомогою регресійного аналізу, що дозволяє отримати регресійні рівняння, які описують кількість кожної з незамінних амінокислот при варіюванні рецептурного складу продукту. До основних недоліків цього підходу необхідно віднести значну кількість необхідних експериментів, зокрема, складних біохімічних аналізів, крім того до уваги береться ефект неправомірності перенесення лабораторних досліджень на промислове обладнання¹⁰.

При застосуванні симплекс-методу для оптимізації рецептур харчових продуктів оптимізаційна задача вирішується за обраними показниками (хімічні, вітамінні, мінеральний склад, енергетична

⁶ Липатов Н.Н., Рогов И.А. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности. Известия вузов. Пищевая технология. 1987. № 2. С. 9.

⁷ Тертычная Т.Н, Манжесов В.И., Ухина Е.Ю. Оптимизация рецептуры кекса. Кондитерское производство. 2007. № 1. С. 21.

⁸ Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев СПб.: ГИОРД, 2015. С. 145.

⁹ Олейникова А.Я., Магомедов Г.О., Плотникова И.В. Технологические расчеты при производстве кондитерских изделий. СПб.: РАПП. 2008. С. 101.

¹⁰ Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення. У 2-х ч. Ч.1: монографія / О.І. Черевко, М.І. Пересічний, С.М. Пересічна та ін.; за ред. О.І. Черевка, М.І. Пересічного. Харків: ХДУХТ, 2017, С. 218.

цінність). У розрахунках беруть участь: цільова функція, граничні умови за деякими змінним і обмеження за змістом нутрієнтів^{11,12,13}.

Недоліком такого способу є неможливість врахувати кілька критеріїв оптимізації, нелінійності, які можуть мати місце при взаємодії шуканих змінних¹⁴. Отримане рішення з використанням такого підходу, як правило, знаходиться на межі області допустимих значень.

Методика проектування рецептур багатокomпонентних продуктів харчування, що включає в себе три етапи, розглядається в роботі¹⁵: моделювання амінокислотного складу білка проєктованого харчового продукту і вибір значень, що максимально задовольняють критерію; оцінка жирнокислотного складу проєктованого продукту; розрахунок енергетичної цінності проєктованих харчових продуктів.

Необхідно відмітити використання об'єктно-орієнтованого підходу для проектування багатокomпонентних харчових продуктів, який представлено у роботі¹⁶. Ідея полягає в тому, що кожна з вершин ієрархічної структури представляє собою об'єкт, який відповідає готовому продукту, напівфабрикату, сировині тощо. Кожен рівень ієрархії відповідає певній стадії виготовлення продукту, який, в свою чергу, може бути представлений своїм набором індивідуальних вершин, розташованих нижче по ієрархії. Перевагою такого методу є наслідування властивостей, методів з додаванням нових розрахункових формул, що враховують розширення сировинного асортименту, особливостей виробництва, техніко-економічні показники процесів, що відбуваються в апаратах технологічної лінії. Але недоліком такого підходу є складність реалізації, відсутність готових рішень.

¹¹ Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення. У 2-х ч. Ч.1: монографія / О.І. Черевко, М.І. Пересічний, С.М. Пересічна та ін.; за ред. О.І. Черевка, М.І. Пересічного. Харків: ХДУХТ, 2017, С. 221.

¹² Тертычная Т.Н, Манжесов В.И., Ухина Е.Ю. Оптимизация рецептуры кекса. Кондитерское производство. 2007. № 1. С. 23.

¹³ Донских Н.В. Разработка автоматизированной информационной системы для расчета и оптимизации рецептур. Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 2-3. С. 122.

¹⁴ Лисин П.А. Компьютерное моделирование поликомпонентных молочных продуктов. Пищевая промышленность. 2006. № 11. С. 60.

¹⁵ Сатина О.В., Юдина С.Б. Информационные технологии проектирования продуктов геронтологического питания. Мясная индустрия. 2010. № 6. С. 57.

¹⁶ Донских Н.В. Разработка автоматизированной информационной системы для расчета и оптимизации рецептур. Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 2-3. С. 123.

Необхідно відмітити циклічний алгоритм М. М. Ліпатова, в якому для знаходження власного критерію використовувалася функція бажаності Харрінгтона. При цьому фактор моделювання перетворюється в безрозмірну величину, яка виступає показником відповідності його значення еталону. Перевага функції бажаності Харрінгтона полягає в її безрозмірності, що дозволяє проводити моделювання з використанням факторів різної розмірності і діапазону значень варійованих змінних¹⁷. Цьому підходу властивий недолік, який полягає в об'єднанні багатьох факторів в один комплексний критерій, що значно зменшує ступінь коректності моделі. Крім того, одержуване рішення нестабільне і досить емпіричне. Аналогічні недоліки притаманні підходу Ю.А. Івашкіна в розробці експертної системи адекватного харчування при проєктуванні харчових продуктів, де пропонується використовувати оптимізацію по кожному обраному критерію з попарним порівнянням та оцінкою якості отриманого продукту з незалежним функціоналом якості та шкалами бажаності¹⁸. Однак, з результатів дослідження не зрозуміла процедура отримання оптимальних значень параметрів, тому що задача з двома критеріями не вирішувалася, як двокритеріальна, а побудовані номограми чіткого обґрунтування не мають¹⁹.

Аналітичний огляд вітчизняних та закордонних літературних джерел дає можливість виділити наступні експертні системи: Forecaster, Hazard Analysis and Critical Control Point (НАССР); МультиМит Експерт.

Експертна система Forecaster призначена для прогнозування нових харчових технологій, а в якості об'єкта діагностики виступають документальні інформаційні потоки в області знань «М'ясна промисловість і харчування людини», що отримані з банків даних FSTA, AGRIS/CARIS, AGRESEARARCH, INIS, CABA тощо. Накопичення інформації з інформаційних потоків здійснюється на основі визначених

¹⁷ Koroleva S. V. Practical aspects of using the desirability function in a biomedical experiment. *Modern problems of science and education*. 2011. № 6. P. 71.

¹⁸ Миронова Н.Г., Ковбаса В.Н. Разработка оптимальных рецептур сухих завтраков с использованием математического моделирования. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 1998. № 1. С. 51.

¹⁹ Hrybkov S. V., Breus N. M., Polischuk G. Ye. Hybrid expert system to model the ice cream recipes. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2017. № 5 (2). P. 295.

термінологічних формул (дескрипторів)²⁰. Структура Forecaster складається з множини функціонально-орієнтованих задач, які об'єднані у наступні групи²¹: ведення бази даних і бази знань; інформаційний аналіз; логічно-статистична обробка потоків.

Система НАССР спрямована на аналіз ризиків, небезпечних чинників і контроль критичних точок. В системі закладено науково – обґрунтована інформація, на основі якої можливо виробництво високоякісної продукції, за рахунок контролю та ідентифікації небезпечних чинників. НАССР впроваджується підприємствами в рамках програми забезпечення належної безпеки харчової продукції²².

Система «МультиМит Експерт» призначена для вирішення широкого спектра технологічних і облікових завдань на підприємствах м'ясної і рибної промисловості^{23,24}. Застосування програмного комплексу «МультиМит Експерт» дозволяє автоматизувати процес виробництва від забою худоби до випуску і реалізації готової продукції, істотно скорочує часові та фінансові витрати підприємства, дає можливість не тільки оптимізувати процес планування і управління, а й знизити собівартість вироблених продуктів, а також витрати на розробку нового асортименту продукції. «МультиМит Експерт» за функціональними можливостями залишається поза конкуренцією на ринку програмного забезпечення для м'ясної та рибної галузі, а також в компаніях, що займаються виробництвом і реалізацією харчових добавок, в науково-дослідних і навчальних закладах²⁵.

²⁰ Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев СПб.: ГИОРД, 2015. С. 205.

²¹ Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев СПб.: ГИОРД, 2015. С. 210.

²² Портал искусственного интеллекта. Экспертные системы. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/expert-systems.html> (дата звернення: 19.01.2022).

²³ Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев СПб.: ГИОРД, 2015. С. 265.

²⁴ Портал искусственного интеллекта. Экспертные системы. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/expert-systems.html> (дата звернення: 19.01.2022).

²⁵ Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев СПб.: ГИОРД, 2015. С. 290.

Усі існуючі спеціалізовані системи, що включають функцію проєктування рецептур продуктів харчування, поділяються на два класи: програми у складі автоматизованих систем управління виробництвом і системи, призначені для виконання розрахунків, призначених для певних видів харчових продуктів. Для спеціалізованих пакетів програм, що працюють у складі автоматизованих систем управління виробництвом харчових продуктів, властива висока вартість, їх впровадження потребує підвищення вимог до рівня комп'ютерної підготовки персоналу підприємств харчової промисловості²⁶.

З огляду на вищевикладене, виникає необхідність створення експертно-моделюючої системи для моделювання і оптимізації рецептур морозива, як багатокомпонентного продукту заданої якості в умовах нестабільності характеристик сировини та інгредієнтів з використанням сучасних інформаційних технологій.

2. Математичний апарат моделювання рецептур морозива із заданими показниками якості

Авторами на основі аналізу досягнень вітчизняних та зарубіжних авторів, а також на основі власних досліджень, було зроблено вибір теоретико-множинної математичної моделі для процесу моделювання рецептури морозива²⁷.

На етапі оперативного планування рецептури морозива теоретико-множинна математична модель управління якістю готового продукту має логічно-послідовний вигляд²⁸.

Сировина, яка знаходиться на заданий момент T на складі, позначається $X(T)$ та описується множиною кортежів $X(T, i)$ (1).

$$X(T, i) = \langle X(T, i, 1), X(T, i, 2), \dots, X(T, i, K + 1) \rangle \quad (1)$$

де $X(T, i, 1)$ – кількість i -ї сировини, що знаходиться на складі підприємства, в момент T ;

²⁶ Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. С. 29.

²⁷ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 58.

²⁸ Токарев А.В., Красуля О.Н. Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов. Вестник ВГУИТ. 2015. № 4. С. 67.

$X(T, i, 2), \dots, X(T, i, K)$ – показники якості кожної i -ї сировини, що знаходиться на складі в момент T ;

K – загальна кількість показників якості сировини, що знаходиться на складі в момент T .

А також необхідно, щоб виконувались умови (2).

$$X(0)=\emptyset, X(0)=\bigcup_{i=1}^N X(T, i), X(T)>0. \quad (2)$$

Допоміжні матеріали, які знаходяться на заданий проміжок часу T на складі, позначаються $Xdpm(T)$ та описується множиною кортежів $Xdpm(T, i)$ (3).

$$Xdpm(T, i) = \langle Xdpm(T, i, 1), Xdpm(T, i, 2), \dots, Xdpm(T, i, Kv + 1) \rangle, \quad (3)$$

де $Xdpm(T, i, 1)$ – кількість i -го виду допоміжних матеріалів, що знаходяться на складі в момент T ;

$Xdpm(T, i, 2), \dots, Xdpm(T, i, Kv + 1)$ – показники кожного i -го виду допоміжних матеріалів, що знаходяться на складі в момент T ;

Kv – загальна кількість показників якості i -го виду допоміжних матеріалів, що знаходяться на складі в момент T .

При цьому повинні виконуватися рівності (4).

$$Xdpm(0) = \emptyset, Xdpm(T) = \bigcup_{i=1}^N Xdpm(T, i), \quad Xdpm(T) > 0. \quad (4)$$

Запланований обсяг виготовлення морозива на момент часу T описане виразом (5).

$$Pz(T) = \langle Pz(T, 1), Pzmax(T, 2), Pzmax(T, L), Pzmin(T, 2), Pzmin(T, Np) \rangle, \quad (5)$$

де $Pz(T, 1)$ – обсяг морозива, що заплановано виготовити;

$Pzmax(T, 2), Pzmax(T, L)$ – множина максимально допустимих показників якості морозива;

$Pzmin(T, 2), Pzmin(T, 2)$ – множина мінімально допустимих показників якості морозива;

Np – загальна кількість показників якості продукту.

Задача зводиться до синтезу оператором U для інтервалу dT формування кортежу $R(T + dT)$, який описується виразом (6).

$$R(T + dT) = U(X(T), Pz(T), NRec(T)), \quad (6)$$

де $R(T + dT) = \langle Xp(T + dT), Xpdpm(T + dT), Fp(T + dT) \rangle$;
 $Xp(T + dT)$ – множина сировини, яка необхідна для виготовлення запланованого обсягу продукції за проміжок часу $\langle T, T + dT \rangle$;
 $Xpdpm(T + dT)$ – множина допоміжних матеріалів, яка необхідна для виготовлення запланованого обсягу продукції за проміжок часу $\langle T, T + dT \rangle$;

$Fp(T + dT)$ – кортеж продукції, що заплановано виготовити за проміжок часу $\langle T, T + dT \rangle$, $Fp(T + dT) = \langle Fp(T + dT, 1), Fp(T + dT, 2), \dots, Fp(T + dT, Np) \rangle$;

$Fp(T + dT, 1)$ – обсяг продукції, що заплановано виготовити за проміжок часу $\langle T, T + dT \rangle$;

$Fp(T + dT, 2), \dots, Fp(T + dT, Np)$ – набір показників якості продукції, що заплановано виготовити за проміжок часу $\langle T, T + dT \rangle$;

$NRec(T)$ – нова рецептура, розроблена на момент часу T .

$Ff(T + dT)$ – це кортеж фактично виготовленої продукції в часовому проміжку $\langle T, T + dT \rangle$.

Тоді $Ff(T + dT) = \langle Ff(T + dT, 1), Ff(T + dT, 2), \dots, Ff(T + dT, Np) \rangle$, де $Ff(T + dT, 1)$ – обсяг продукції, що виготовлена за часовий проміжок $\langle T, T + dT \rangle$, а $Ff(T + dT, 2), \dots, Ff(T + dT, Np)$ – набір показників якості цієї продукції.

Допустимий оператор Ud забезпечує отримання продукції заданої якості за рахунок виконання співвідношень (7-8).

$$\forall k (Pzmin(T + dT, k) \leq Fp(T + dT, k) \leq Pzmax(T + dT, k)), k = 2, \dots, Np \quad (7)$$

$$\forall k (Pzmin(T + dT, k) \leq Ff(T + dT, k) \leq Pzmax(T + dT, k)), k = 2, \dots, Np \quad (8)$$

$Xn(T + dT)$ – множина сировини, що надійшла на склад в інтервалі часу $\langle T, T + dT \rangle$, а множина сировини в момент $T + dT$ визначиться співвідношенням (9).

$$X(T + dT) = X(T) \cup Xn(T + dT) \setminus Xp(T + dT). \quad (9)$$

Для допоміжних видів матеріалів співвідношення буде описано виразом (10).

$$Xdpm(T + dT) = Xdpm(T) \cup Xdpmn(T + dT) \setminus Xdpmr(T + dT), \quad (10)$$

де $Xdpm(T + dT)$ – множина допоміжних матеріалів на складі в момент $T + dT$;

$X_{dpm}(T)$ – множина допоміжних матеріалів на складі в момент T ;
 $X_{dpmn}(T + dT)$ – множина допоміжних матеріалів, що надійшли на склад в інтервалі $T, T+dT$;

$X_{dmp}(T + dT)$ – множина допоміжних матеріалів, що плануються до використання в інтервалі $T, T+dT$ ²⁹.

U_0 позначаємо допустимий оператор, а U_d – забезпечує оптимальне значення заданого критерію ефективності Q через значення вартості виготовлення морозива за заданою рецептурою. Оператор U описаний у вигляді виразу (11), адже виробництво морозива є складним багатоетапним процесом³⁰.

$$U = \bigcup_{i=1}^4 U_i, \quad (11)$$

де U_i – оператор, на основі якого формується множину сировини для переробки X_p .

На основі заданого плану формується підмножина $X_p(T)$, яка описана представлена виразом (12).

$$X_p(T) = U_1(X(T), P_z(T)). \quad (12)$$

Оператор U_2 описує набір інгредієнтів, необхідних за рецептурою виготовлення морозива, з використанням підмножини $X_p(T)$ та представляється виразом (13).

$$\begin{aligned} \langle Y(T), X_{dmp}(T) \rangle &= U_2(X_p(T), P_z(T)), \\ Y(T) &= \{y(T, i)\}, \quad i = 1, \dots, |Y(T)|, \\ y(T, i) &= \langle y(T, i, 1), y(T, i, 2), \dots, y(T, i, M) \rangle, \end{aligned} \quad (13)$$

де $y(T, i, 1)$ – кількість i -го інгредієнта;

$y(T, i, 2), \dots, y(T, i, M)$ – сукупність показників якості i -го інгредієнта;

M – загальна кількість показників якості i -го інгредієнта;

$X_{dmp}(T)$ – множина допоміжних матеріалів, яку використовують в інтервалі T .

Оператор U_3 відображає хімічний склад рецептури морозива $Z(T)$ у виразі (14) на основі множині $Y(T)$.

²⁹ Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. С. 84.

³⁰ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 60.

$$Z(T) = U_3(Y(T), P_z(T), R), \quad (14)$$

$$Z(T) = \langle Z(T, 1), Z(T, 2), \dots, Z(T, Nf) \rangle,$$

де $Z(T, 1)$ – кількість морозива за заданим планом;

$Z(T, 2), \dots, Z(T, Nf)$ – множина показників якості готового продукту;

Nf – загальна кількість показників якості.

$Z(T)$ перетворюється в $Fp(T+dT)$, що описана виразом (15) з використанням оператора U_4 та відповідає новому плану по виготовленню продукції.

$$Ff(T + dT) = U_4(Z(T), P_z(T)). \quad (15)$$

$Ff(T+dT)$ формується на основі фактичних обсягів виготовленої продукції.

Основним завданням оптимізації рецептури морозива є визначення сукупності інгредієнтів в рецептурі із застосуванням різних видів сировини, що мають різні фізико-хімічні характеристики та харчову цінність^{31,32,33,34}.

Множину інгредієнтів описуємо у вигляді кортежу Y представленого (16).

$$Y(i) = \langle y(i, k) \rangle, \quad i = 1, N; \quad k = 1, K, \quad (16)$$

Складовими (16) є³⁵:

$y(i, 1)$ – мінімально допустима частка i -го інгредієнта в рецептурі;

$y(i, 2)$ – максимально допустима частка i -го інгредієнта в рецептурі;

³¹ Sapiga V., Polischuk G., Breus N., Osmak T. Enzymatic destruction of protopectin in vegetable raw materials to increase its structuring ability in ice cream. Ukrainian Food Journal. 2021. № 10(2). P. 328.

³² Поліщук Г.Є., Бреус Н.М., Вовкодав Н.І., Раманаускас Р. Математическое моделирование активации функционально-технологических свойств яблочного пюре. Maisto chemija ir technologija. Food chemistry and technology. Химия и технология пищи. 2013. № 47. С. 85.

³³ Polischuk G.E., Ivanov S.V., Breus N.M. Features of ice-cream foam structure formation. Food science and technology. 2014. Т. 2, № 27. С. 56.

³⁴ Бреус Н.М., Маноха Л.Ю., Поліщук Г.Є. Обґрунтування доцільності створення гібридної експертної системи контролю якості заморожених продуктів десертного призначення. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2015. № 6. С. 111.

³⁵ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 58.

- $y(i, 3)$ – вміст води в i -му інгредієнті, %;
- $y(i, 4)$ – вміст жиру в i -му інгредієнті, %;
- $y(i, 5)$ – вміст цукру та цукристих речовин в i -му інгредієнті, %;
- $y(i, 6)$ – вміст стабілізатора структури в i -му інгредієнті, %;
- $y(i, 7)$ – вміст сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) в i -му інгредієнті, %;
- $y(i, 8)$ – ціна 1 кг i -го інгредієнта, грн.

Вимогами до показників якості кінцевого продукту є³⁶:

- волога Kv , % – $60 \leq Kv \leq 72$;
- СЗМЗ Ks (), % – $8 \leq Ks \leq 12$;
- жир Kj , % – $0,5 \leq Kj \leq 5$;
- стабілізатор структури Kst , % – $0,4 \leq Kst \leq 1,5$;
- цукор та цукристі речовини Kz , % – $14 \leq Kz \leq 18$.

При зазначених вихідних даних потрібно визначити вектор (17).

$$x = \langle x(i) \rangle, i = 1, N, \quad (17)$$

де $x(i)$ – кількість i -го інгредієнта в рецептурі.

Вектор x може містити допустиме рішення, що задовольняє обмеженням: обмеження за вмістом води (18); обмеження за вмістом жиру (19); обмеження за вмістом цукру (20); обмеження за вмістом стабілізатора (21); обмеження за вмістом СЗМЗ (22); сума часток дорівнює одиниці (23); обмеження на використання інгредієнтів (24).

$$\sum_{i=1}^N x(i) \cdot y(i, 3) \leq Kv; \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^N x(i) \cdot y(i, 4) \leq Kj; \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^N x(i) \cdot y(i, 5) \leq Kz; \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^N x(i) \cdot y(i, 6) \leq Kst; \quad (21)$$

$$\sum_{i=1}^N x(i) \cdot y(i, 7) \leq Ks; \quad (22)$$

³⁶ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 61.

$$\sum_{i=1}^N x(i) = 1; \quad (23)$$

$$\forall i (y(i,1) \leq x(i) \leq y(i,2)) \quad i = 1, N. \quad (24)$$

Загальна функція оптимізації відповідно до поставленого завдання буде описана виразом (25).

$$F(x) = \sum_{i=1}^N x(i) \cdot y(i,8) \rightarrow \min. \quad (25)$$

Вищевикладена модель дозволяє формувати нові види рецептур заміною окремих інгредієнтів іншими, які відповідають усім необхідним вимогам.

Замінник або новий інгредієнт доцільно представити виразом (26).

$$Yz = \langle yz(k) \rangle, \quad k = 1, K, \quad (26)$$

де $yz(1)$ – мінімально допустима частка замінника в рецептурі;

$yz(2)$ – максимально допустима частка замінника в рецептурі;

$yz(3)$ – вміст води в заміннику, %;

$yz(4)$ – вміст жиру в заміннику, %;

$yz(5)$ – вміст цукру в заміннику, %;

$yz(6)$ – вміст стабілізатора структури в заміннику, %;

$yz(7)$ – вміст сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), %;

$yz(8)$ – вартість кг замінника, грн.;

S – множина інгредієнтів³⁷.

Якщо $kz \in S$, тоді для його заміни інгредієнтом yz необхідно здійснити наступні кроки:

- додати yz під номером $N + 1$ до множини інгредієнтів;
- у виразах (18–25) замінити N на $N + 1$;
- вираз (24) для номера kst набуває вигляду (27);

$$\forall (kst, 1) \leq x(kst) + x(N + 1) \leq y(kst, 2) \quad (27)$$

- для інших номерів формула (25) залишається незмінною.

³⁷ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 61.

Рецептура готового продукту залежить від набору функціонально-технологічних і смако-ароматичні властивостей, якими повинен володіти кінцевий продукт за зазначеною рецептурою. Набір функціонально – технологічних і смако-ароматичних властивостей формується та корегується за рахунок внесенням до складу рецептур харчових добавок, які мають необхідні функціонально-технологічні властивості³⁸.

В результаті необхідно обрати сукупність харчових добавок, що забезпечать потрібний набір інгредієнтів, але з сумарною мінімальною вартістю одиниці маси цих добавок.

Позначимо множини харчових добавок Mhd , тоді кожен її елемент $Mhd(i)$ представимо виразом (28).

$$Mhd(i) = \langle Mhd(i, k), Mhd(i, K + 1) \rangle, \quad (28)$$

де $Mhd(i, k)$ приймає значення 1, якщо $Mhd(i)$ має k -у функціональну властивість, а 0 в іншому випадку;

$k = 1, \dots, K$, де K – загальна кількість функціональних властивостей; $Mhd(i, K + 1)$ – вартість i -ої добавки.

Набір функціональних властивостей описується вектором (29).

$$FV = \langle FV(1) \rangle, \quad I = 1, \dots, L, \quad L \leq K, \quad (29)$$

де FV приймає значення 1, якщо потрібна k -а функціональна властивість, а 0 – в іншому випадку.

Нехай Phd – підмножина Mhd : $Phd \subseteq Mhd$. Визначимо оператор Fh , що формує вектор FVh (30).

$$FVh = Fh(Phd) \quad , \quad FVh(1) = 0 \quad 1 = 1, \dots, L, \quad (30)$$

$$FVh(l) = FVh(l) \vee Phd(i, 1) \quad l=1, \dots, L, \quad i = 1, \dots, |Phd|.$$

Вектор FVh складається з набору функціональних властивостей, що відповідають підмножині Phd . Необхідно визначити множини Phd для якої виконуються умова (31).

$$Fh(Phd) = FV, \quad (31)$$

³⁸ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 62.

$$\text{I критерій } Q = \sum_{i=1}^{|Phd|} Phd(i, K + 1) \rightarrow \min. \quad (32)$$

Наведена задача належить до задач пошуку найменшого покриття NP-складної задачі оптимізації цілочислового програмування й удосконалена правилами відкидання неперспективних варіантів^{39,40,41,42}.

На рис. 1 наведено покрокову побудову рішень на площині $\langle S, T \rangle$, де $T = 0, \dots, |Mhd|$. Кожен вузол описує варіант побудови рішення на кроці T , що складається з сукупності $\langle Phd(T), FVh(T), Q(T), \text{nom}(T-1) \rangle$. Є важливою позиція, з якої потрапляємо на крок, що позначено $\text{nom}(T-1)$.

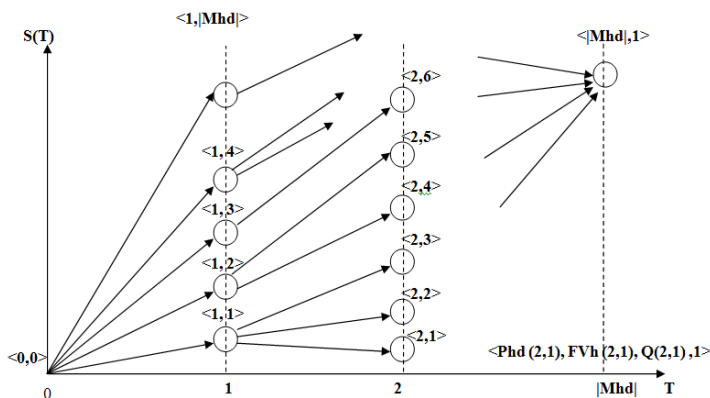


Рис. 1. Графічне представлення розв'язання сформульованої задачі

Процес починається з точки $\langle 0,0 \rangle$, $Phd(0) = \emptyset$, $FVh(0) = \langle 0, \dots, 0 \rangle$, $Q(0) = 0$. На першому

³⁹ Сергиенко И.В., Гуляницкий Л.Ф., Сиренко С.И. Классификация прикладных методов комбинаторной оптимизации. Кибернетика и системный анализ. 2009. № 5. С. 72.

⁴⁰ Blum, C., Puchinger J., Raid, G. R., Roli A. Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization a survey. Applied Soft Computing. 2011. №11(6). P. 4137.

⁴¹ Hulianytskyi L.F., Sirenko S.I. Cooperative model-based metaheuristics. Electronic Notes in Discrete Mathematics, 2010. №36, P. 34.

⁴² Raidl G.R. A unified view on hybrid metaheuristics. Lect. Notes Computer Sci., Berlin: Springer-Verlag, 2006. №4030, P. 4.

кроці отримуємо $|Mpd|$ варіантів формування множини Phd , кожний з яких складається з одного об'єкта множини Mhd : $Phd(1,1), Phd(1,2), \dots Phd(1,|Mhd|)$. На другому кроці отримаємо $C_{|Mhd|}^2$ варіантів, на третьому $C_{|Mhd|}^3$ варіантів, на останньому $C_{|Mhd|}^{|Mhd|}$. Така побудова являє собою прямий перебір варіантів рішення задачі⁴³.

При розв'язку задачі отримуємо граф допустимих станів, а для прискорення пошуку необхідно на кожному кроці відсікати недопустимі та неперспективні варіанти рішень.

Розглянемо процес отримання нової точки $S(T+1, n)$ із точки $S(T, j)$.

Нехай $Mhd(n) \notin Mhd \setminus Phd(T, j)$, що створює підмножини (33-34).

$$Phd(T+1, n) = Phd(T, j) \cup Mhd(n), \quad (33)$$

$$FVh(T+1, n) = Fh(Phd(T+1, n)). \quad (34)$$

Якщо $FVh(T+1, n) = FVh(T, j) \vee \exists 1(FVh(T+1, n, 1) > FV(1))$, то додавання нової добавки або не збільшило функціональні можливості нової підмножини, або ж збільшило вартість рецептурного складу, або ж нова добавка забезпечує зайву функціональну властивість. Така вершина буде вважатися недопустимою для подальшого розвитку. В іншому випадку нова вершина – допустима. Для допустимої вершини критерій $Q(T+1, n)$ буде обраховуватися за рекурсивним співвідношенням (35).

$$Q(T+1, n) = Q(T, j) + Mhd(n, K+1). \quad (35)$$

Якщо $FVh(T+1, n) = FV$, то така точка залишається на вертикалі $T+1$ як допустима і далі переходить на наступні рівні в такому ж статусі.

Зіставимо кожній дузі переходу від точки $\langle T, j \rangle$ до точки $\langle T+1, n \rangle$ величину $Mhd(n, K+1)$, яку будемо інтерпретувати як довжину дуги. В такому випадку рішення задачі зводиться до знаходження найкоротшого шляху на графі допустимих станів від вершини $\langle 0, 0 \rangle$ до вершини $\langle |Mhd|, 1 \rangle \langle |Mhd|, 1 \rangle$.

⁴³ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 62.

Для зменшення кількості вершин графа допустимих станів на кожному кроці рішення здійснюємо перевірку двох точок $Phd(T+1, i)$ та $Phd(T+1, j)$, кожна з яких має вектори $FVh(T+1, i)$ і $FVh(T+1, j)$, та критерії $Q(T+1, i)$ і $Q(T+1, j)$. Точка $Phd(T+1, i)$ є неперспективною щодо точки $Phd(T+1, j)$, якщо виконується співвідношення (36), тобто на множині $Phd(T+1, j)$ більше функціональних можливостей у порівнянні з множиною $Phd(T+1, i)$ при меншій сумарній вартості добавок.

$$\forall m(Phd(T+1, j, m)) \geq Phd(T+1, i, m) \wedge Q(T+1, i), \quad (36)$$

де m – точка стану на вертикалі площини $\langle S, T \rangle$.

На кожному кроці побудови рішення відкидаються усі неперспективні вершини⁴⁴.

Покрокова побудова рішення сформульованої задачі:

1) процес починається з точки $\langle 0, 0 \rangle$, $Phd(0) = \emptyset$, $FVh(0) = \langle 0, \dots, 0 \rangle$, $Q(0) = 0$;

2) на першому кроці отримуємо $|Mpd|$ варіантів формування множини Phd , кожен з яких складається з множини Mhd : $Phd(1,1), Phd(1,2), \dots, Phd(1, |Mhd|)$.

3) На другому кроці отримуємо $C_{|Mhd|}^2$ варіантів, на третьому – $C_{|Mhd|}^3$ варіантів, на останньому – $C_{|Mhd|}^{|Mhd|}$.

4) Така побудова являє собою прямий перебір варіантів рішення задачі.

Запропонований математичний апарат дозволяє уникати виникнення недоліків окремих показників якості при розробленні рецептур морозива.

Запропонований математичний апарат можливо використовувати для оптимізації рецептурного складу будь-якого багатокомпонентного харчового продукту. Математичний апарат дозволяє враховувати усі характеристики базових компонентів та харчових добавок.

Для забезпечення розв'язання задачі оптимізації рецептур морозива необхідно розробити та використовувати базу знань та даних, що забезпечить надання інформації про усі можливі інгредієнти, які можуть бути використані у складі рецептури,

⁴⁴ Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. Science and innovation. 2019. Vol. 15 (5). P. 63.

враховувати їх показники якості та функціонально-технологічні властивості.

3. База знань експертно-моделюючої системи

Для формування поля знань експертно-моделюючої системи було обрано наступний алгоритм⁴⁵.

1. Визначення вхідних $\{I\}$ і вихідних $\{O\}$ даних, а саме: визначаємо напрямок руху в поле знань – від $\{I\}$ до $\{O\}$. На зміст та формат поля знань впливає структура даних, як вхідних, так і вихідних.

2. Визначення словника термінів та ключових значущих конструкцій D (назви понять, явищ, процесів, предметів, дій, ознак тощо) за рахунок текстового аналізу всіх протоколів сеансів отримання знань.

3. Створення повного систематизованого набору термінів з технології моделювання рецептур морозива, що представлений об'єктами та поняттями $\{A\}$, які є значущими для прийняття рішень понять та їхніх ознак. Це досягається за рахунок обробки даних словника D .

4. Створення піраміди знань, що базується на поняттях та взаємодії між ними.

5. Створення зв'язків-відношень $\{RA\}$ між поняттями на кожному рівні та між рівнями.

6. Визначення стратегії прийняття рішення $\{Sf\}$, яка надає активність знанням, тобто, виявляються ланцюжки міркувань і зв'язок всіх сформованих раніше понять і відношень, які об'єднано в динамічну систему поля знань.

7. Завершальне структурування поля, яке полягає в упорядкуванні отриманих структур, видалені дублюючих деталей, корегуванні та уточненні конструкції в цілому.

Знання в експертній системі подано у текстовому вигляді. Елементами представлення знань є: тексти, списки, словосполучення тощо.

У базі знань експертно – моделюючої системи реалізовано спосіб подання знань у вигляді конкретних фактів і правил, що дозволяє на їх основі формувати нові.

Усі факти записуються таким чином, щоб визначити, що заданий об'єкт має заданий атрибут (властивості) із заданим значенням у вигляді:

(АТРИБУТ_ ОБ'ЄКТ_ ЗНАЧЕННЯ).

⁴⁵ Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. 138 С. 118.

Наприклад, трійка (втрати сировини під час складання суміші, її пастеризації та гомогенізації) становить факт «відсоток втрат маси суміші під час термомеханічного оброблення на 1000 кг дорівнює 10 кг». У простіших випадках факт записується простим твердженням, яке може бути істинним або хибним, наприклад: «масова частка сухих речовин суміші менша за 30 %». У таких випадках факт можна позначити коротким ім'ям (наприклад, K_s) або використовувати для представлення факту сам текст відповідної фрази⁴⁶.

Продукційні правила в базі знань мають вигляд:

(ЯКЩО A ТО S),

де A – умова; S – дія.

Дія S виконується, якщо A істинно. Дія S , так само, як і умова, являє собою твердження, що може бути виведено системою (тобто стає їй відомою), якщо істинна умова правила A .

Правила в базі знань слугують для представлення евристичних знань (евристек), тобто неформальних правил міркування, що формуються та експортуються експертом на основі досвіду його діяльності.

Наприклад, якщо факти «масова частка сухих речовин суміші менша 30 %» і «кріоскопічна температура суміші вища за 2,3 °C» вже є в робочій множині, то після застосування засобів наведеного вище правила в нього також включається факт «збитість морозива буде нижчою 60 %».

У випадку, коли система не може вивести чи ідентифікувати певний факт, відбувається перехід в діалоговий режим з користувачем, який повинен підказати вірний результат.

Наприклад: Чи вірно, що масова частка сухих речовин у суміші менша 30 %?

При отриманні позитивної відповіді від користувача сформулюється факт «збитість морозива буде нижчою 60 %».

Розроблена експертно-моделююча система моделювання рецептур морозива є гібридом за способом створення і підтримує концепцію баз даних. Набір таких сутностей з їх атрибутами і зв'язками представлений у вигляді моделі даних на рисунку 2.

⁴⁶ Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. С. 110.

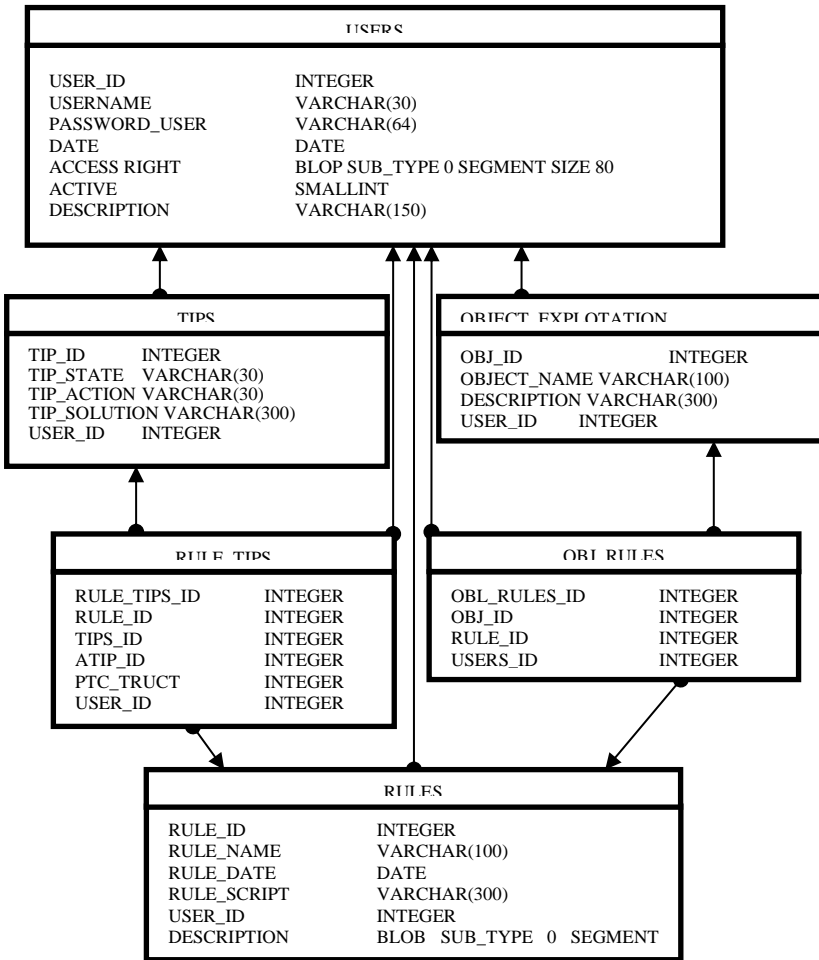


Рис. 2. Модель БЗ експертно-моделюючої системи моделювання рецептур морозива

Зміст кожної сутності бази знань:

1) «Об’єкти дослідження» – перелік об’єктів для виявлення технологічних відхилень у заданій рецептурі.

2) «Правила» – перелік усіх правил, до яких відноситься об’єкт дослідження. Правило – вираз, що описує правило в текстовому форматі з використанням параметрів, в ролі яких можуть виступати об’єкти дослідження. Цей вираз може представляти рекурсію, тобто коли одне

правило вкладено в інше, а те в третє тощо. Між параметрами використовуються логічні операції (AND, OR, NOT). Розбір правила виконується програмно за допомогою спеціального парсеру.

Приклад: припустимо, що об'єктом дослідження є слабка збитість у морозиві молочному при використанні альтернативного стабілізатора «зародки пшениці». За даним об'єктом дослідження прив'язано правило: Якщо ідентифікатор групи продуктів = 1 «Морозиво молочне» і ідентифікатор рецептурних компонентів = 2 «Стабілізатор» і рецептурний компонент = 8 «Зародки пшениці» і розрахункове значення замітника $\leq 20\%$ то об'єкт дослідження = 1 «Слабка збитість»: $((RCP_GROUP_ID=1)) \text{ AND } (RAW_GROUP_ID=2) \text{ AND } (RAW_ID=8) \text{ AND } (RCP_QM_IN_CALC \leq 20)$.

У складі правил описані дії, що можуть включати нові факти. При використанні таких правил усі включені в них факти вносяться до робочої множини фактів.

1) «Правила об'єкта дослідження» – відповідні конкретному об'єкту дослідження правила.

2) «Рекомендації» – набір рекомендацій для усунення описаних проблем.

3) «Рекомендації об'єкта дослідження» – список рекомендацій об'єкта дослідження.

В базі знань необхідно також використовувати дві наступні сутності: рекомендовані норми введення харчових добавок і замітники одного компонента іншим. Обробка даних сутностей виконується окремим алгоритмом.

4) «Рекомендовані норми харчових добавок».

5) «Взаємозамінність компонентів».

Сутності бази знань експертно-модельючої системи з їхніми атрибутами і зв'язками у вигляді кортежів.

Нехай OD – об'єкти дослідження, заданих у вигляді кортежів:

$$OD = E \{od(j)\} j = 1, \dots, n_{OD},$$

де $od(j) = \langle od(j, i) \rangle i = 1, \dots, 3$;

$od(j, 1)$ – код об'єкта дослідження (наприклад, «3»);

$od(j, 2)$ – назва об'єкта дослідження (наприклад, «Визначення Збитості_ММ»);

$od(j, 3)$ – опис (наприклад, «Визначення основної критеріальної характеристики структури морозива молочного – Збитості_ММ»).

P – множина правил, заданих у вигляді кортежів:

$$P = E \{p(j)\} j = 1, \dots, n_P,$$

де $p(j) = \langle p(j, i) \rangle, i = 1, \dots, 5$

$p(j, 1)$ = код правила (наприклад, «5»);

$p(j, 2)$ = найменування правила(наприклад, «правило Збитості_ММ»);

$p(j, 3)$ = дата створення (наприклад, «15.05.2019»);

$p(j, 4)$ = правило (наприклад, « $K_s = 6 \forall K_{st} < 0,5$ », де K_s – вміст СЗМЗ, K_{st} – вміст стабілізатора);

$p(j, 5)$ = опис (наприклад, «правило Збитості_ММ»).

POD – множина правил об'єктів досліджень, заданих у вигляді кортежів:

$POD = E \{pod(j)\} j = 1, \dots, PODN$

де $pod(j) = \langle pod(j, i) \rangle, i = 1, \dots, 3$;

$pod(j, 1)$ = код правила об'єкта(наприклад, «2»);

$pod(j, 2)$ = код об'єкт (наприклад, «3»);

$pod(j, 3)$ = код правила (наприклад, «5»);

R – множина рекомендацій, заданих у вигляді кортежів:

$R = E \{r(j)\} j = 1, \dots, POIN$

де $r(j) = \langle r(j, i) \rangle, i = 1, \dots, 4$;

$r(j, 1)$ = код рекомендації, (наприклад, «6»);

$r(j, 2)$ = вплив на продукт. $r(j, 2) = 1$, якщо вплив на продукт позитивно, $r(j, 2) = 0$ в іншому випадку (наприклад, «0»);

$r(j, 3)$ = рекомендація (наприклад, «Для досягнення нормативної збитості необхідно збільшити кількість СЗМЗ і використовувати «Альтернативні стабілізатори»);

$r(j, 4)$ = опис (наприклад, «Рекомендація для правила Збитість_ММ»).

ROD – множина рекомендацій об'єкту досліджень, заданих у вигляді кортежів:

$ROD = E \{rod(j)\} j = 1, \dots, PODN$

де $rod(j) = \langle rod(j, i) \rangle, i = 1, \dots, 5$;

$rod(j, 1)$ = код рекомендації об'єкта досліджень (наприклад, «9»);

$rod(j, 2)$ = код правила (наприклад, «5»);

$rod(j, 3)$ = код рекомендації, якщо правило істинно (наприклад, «2» («Null», якщо рекомендація не визначена для даного стану правила));

$rod(j, 4)$ = код рекомендації, якщо правило хибне (наприклад, «12» («Null», якщо рекомендація не визначена для даного стану правила));

$rod(j, 5)$ = відсоток довіри до рекомендації (наприклад, «95»).

Механізм логічного виведення реалізує алгоритм прямого висновку з пошуком в глибину і представлений у вигляді підсистеми.

Підсистема логічного введення/виведення забезпечує отримання нових фактів на основі вхідних даних з баз даних та знань, описана наступним кортежем⁴⁷.

$\langle Vb, Spf, Kop, Wp \rangle$,

Vb – функція вибору правил і фактів із бази знань і робочої пам'яті; *Spf* – функція визначення множини фактів, до яких застосовні правила для обчислення значень; *Kop* – функція, що визначає порядок використання правил, якщо в складі правила є однакові імена фактів з різними (конфліктними) значеннями; *Wp* – функція, що здійснює виконання дій відповідно до значення факту.

4. Реалізація та апробація експертно-моделюючої системи

Архітектура експертно-моделюючої системи складається з окремих чотирьох структурних блоків: інтерфейс користувача; програмні модулі (математичний та алгоритмічний апарат, функції контролю якості та відповідності рецептури); бази даних та знань^{48,49,50,51}.

База даних забезпечує зберігання та надання первинної інформації про рецептурні інгредієнти, допоміжні матеріали, показники якості. Вона зберігає дані про рецептурний склад, фізико-хімічні характеристики інгредієнтів та їх властивості, статус рецептури.

База знань призначена для зберігання довгострокових фактів, які описують технології та виробництво морозива, правил, що описують відносини відношення між цими фактами, та інших типів декларативних знань. Структура бази знань описано у розділі 3.

Модулі математичного апарату використовуються для реалізації алгоритмів моделювання рецептур морозива, описаних у розділі 2. Математично-алгоритмічний апарат забезпечує оптимальне обрання

⁴⁷ Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. С. 119.

⁴⁸ Expert Systems: The Technology of Knowledge Management and Decision Making for the 21st Century / T. L. Cornelius et al. Academic Press. 2009. P. 150.

⁴⁹ Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирования. М.: Вильямс, 2007. С. 258.

⁵⁰ Wong B. K., Monaco J. A. Expert system applications in business: a review and analysis of the literature. Information and Management. 2013. № 3. P. 142.

⁵¹ Бреус Н.М., Маноха Л.Ю., Поліщук Г.Є. Обґрунтування доцільності створення гібридної експертної системи контролю якості заморожених продуктів десертного призначення. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2015. № 6. С. 110.

взаємозамінних компонентів, що забезпечує ефективне виготовлення продукту.

Алгоритм використання експертно-моделюючої системи розрахунку рецептур морозива має наступні кроки⁵².

1. Запит на розрахунок рецептури.

2. Із архіву нормативних рецептур морозива, кожна з яких відповідає конкретному нормативному документу (ДСТУ, ТУ), обирається рецептура для оптимізації. Якщо висувається задача моделювання нового морозива, то створюється базова рецептура з «нуля». При цьому розраховуються фізико-хімічні властивості морозива та основні економічні показники.

3. Формуються вимоги до рецептури:

- вказується дозволений «коридор» зміни фізико-хімічних характеристик морозива (мінімальне і максимальне відхилення за вмістом цукру, жиру, вміст сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), вологи, зокрема й вільної тощо);

- обираються інгредієнти, які можна замінити, призначаються для них замітники і визначається рівень їх замін;

- призначаються вимоги (мінімальна і максимальна величина) на рецептурний склад груп, підгруп або конкретні інгредієнти і замітники;

- задається обмеження на вартість морозива.

Вимоги формуються користувачем (технологом) вручну або використовуються рекомендації експертної системи.

4. Розраховується оптимальна рецептура за таким принципом: мінімізація собівартості морозива за умови збереження його споживчих характеристик і задоволення заданих вимог до рецептури;

5. За допомогою експертно-моделюючої системи проводиться первинний аналіз рецептури на економічну і технологічну придатність (фізико-хімічні показники, відсоток введення інгредієнтів, сировинна структура рецептури, показники якості, економічні показники тощо). Якщо будь-який з параметрів не задовольняє вимогам, то згідно рекомендаціям ЕС, здійснюється корегування вимог (перехід до пункту 3) і перерахунок рецептури.

6. Якщо розрахована рецептура задовольняє вимогам технолога, то він зберігає її в базу даних в архів «оперативні рецептури» і передає на подальший лабораторний аналіз.

⁵² Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. С. 95.

7. Лабораторний аналіз. Рецептуру перевіряють на технологічну придатність, а також уточнюють властивості морозива: органолептичні, функціональні (харчова і біологічна цінність, консистенція) показники, хімічний склад, а також терміни зберігання і збереження споживчих властивостей в часі. Якщо морозиво не задовольняє вимогам, визначають причини, що викликали технологічні дефекти, і на їх підставі проводять корекцію рецептури (перехід до пункту 3).

8. Якщо рецептура пройшла лабораторний аналіз, технолог затверджує її, тим самим переводячи її в архів бази даних «затверджені рецептури». Таку рецептуру може бути запущено у виробництво для виготовлення продукту згідно з виробничим завданням (блок 6 структурно-функціональної моделі).

Пункти 3–8 повторюють стільки раз, скільки потрібно отримати альтернативних рецептур для розроблюваного виду морозива. Надалі, після впровадження у виробництво, згідно інформації з бази даних про поточні залишки і ціни на сировину, а також про собівартості продукції, серед альтернативних рецептур морозива виконується пошук оптимальної з метою отримання максимальної вигоди.

Якщо в рецептурі виявляється технологічний дефект (наприклад, низький вміст дисперсної фази, що призводить до нестійкої структури та робить смак і запах продукту «пустими»), його можливо скорегувати, якщо відомо набір функціонально технологічних і смако-ароматичних властивостей рецептури. Закладені ці знання в базі знань для того, щоб експертна система мала можливість не тільки підказувати якими властивостями необхідно наділити рецептуру для вирішення тієї чи іншої проблеми, а й запропонувати оптимальний набір харчових добавок чи замінників, які в сумі володіють усіма необхідними властивостями. За оптимальність в експертно-моделюючої системі закладено мінімізація загальної вартості.

Експертно-моделююча система складається з базового і 2 додаткових модулів: «Оптимізація та моделювання рецептур», «Аналізу якості рецептур». Зазначені програмні модулі можуть працювати як разом, так і незалежно один від одного, що дозволяє адаптувати інтерфейс і функціонал програмного комплексу під конкретне молочне підприємство.

Призначення програмного модуля «Базовий»: здійснює ведення реєстру нормативних, оперативних (робочих), затверджених рецептур морозива; виконує автоматизований розрахунок базових характеристик рецептури продукту (показники якості: вміст СЗМЗ,

жиру, цукру, вологи, енергетичної цінності та ін., вихід готового продукту, розрахунок кількості води на гідратацію інгредієнтів рецептури), вирішує технологічні питання виробництва, пов'язані з якістю і вартістю продукту; виконує повний облік складських операцій; здійснює розрахунок економічних показників виробленої продукції⁵³.

Основні функції базового модуля:

– ведення реєстру нормативних (базових) рецептур морозива: для кожної рецептури вказуються набір інгредієнтів, нормативні показники, вихід продукту, нормативний документ, допоміжні матеріали;

– створення оперативних (робочих) рецептур на базі нормативних і їх корекція;

– створення затверджених рецептур на базі нормативних і оперативних;

– аналітика рецептур за різними критеріями;

– розрахунок виходу готової продукції;

– контроль в готовому продукті показників якості згідно з нормативними вимогами;

– розрахунок вартісних показників (собівартість);

– формування звітів та друк;

– інтерактивний обмін рецептурами через XML файли;

– рецептурний фільтр – пошук рецептур в реєстрі згідно з заданим критерієм (вимога до інгредієнтного складу, приналежність до рецептурної групи та нормативного документу, з урахуванням цін та ін.);

– розподілення прав доступу – формування користувачів і управління їх правами доступу до окремих модулів і функцій програми.

Призначення програмного модуля «Оптимізація та моделювання рецептур» – моделювання та оптимізація рецептур морозива на підприємствах молочної промисловості.

До основних його функцій відносять:

– оптимізація рецептур морозива з урахуванням фізико-хімічних і функціонально-технологічних властивостей інгредієнтів з метою отримання продукту заданої якості за мінімальною собівартістю;

– моделювання нових продуктів із заданими споживчими характеристиками і мінімальною собівартістю;

53 Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. С. 125.

- визначення оптимальних «замінників» для інгредієнтів рецептури з урахуванням поточної вартості сировини;
- відповідність продукції за органолептичними показниками (зовнішній вигляд, колір, смак);
- формування друкованих форм і звітів, які дозволяють переглядати інгредієнтний склад і властивості рецептури, вартість та якість продукту.

Призначення програмного модуля «Аналізу якості рецептур»: аналізує якість рецептури морозива, виявляє технологічні проблеми і пропонує технологу шляхи їх вирішення. При аналізі рецептур враховується множина різних чинників, зокрема фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості інгредієнтів.

Одержані результати досліджень покладено в основу типових рецептур нових видів натурального молочного морозива з природними структурними компонентами.

На основі типових рецептур розроблено численні любительські види морозива з різними комбінаціями натуральних компонентів і смако-ароматичними добавками. На рисунку 3 та 4 представлено експериментальне підтвердження ефективності використання експертно-моделюючої системи на прикладі рецептури «Морозиво молочне із зародками пшениці».

При моделюванні нової рецептури морозива врахована наступна нормативна документація: ТТІ 31748658-1-2007; ДСТУ 4733:2007, 4734:2007, 4735:2007.

З використанням експертно-моделюючої системи була розрахована нова нормативна оптимальна рецептура морозива молочного з зародками пшениці з урахуванням заміни відповідного стабілізатору на натуральний компонент. Нова рецептура відповідає усім вимогам до якості готового продукту та її вартість зменшилася на 8,64%.

Апробацію створеної експертно-моделюючої системи моделювання рецептур морозива було проведено у виробничих умовах ТОВ «Альфа» і підтвердило її ефективність.

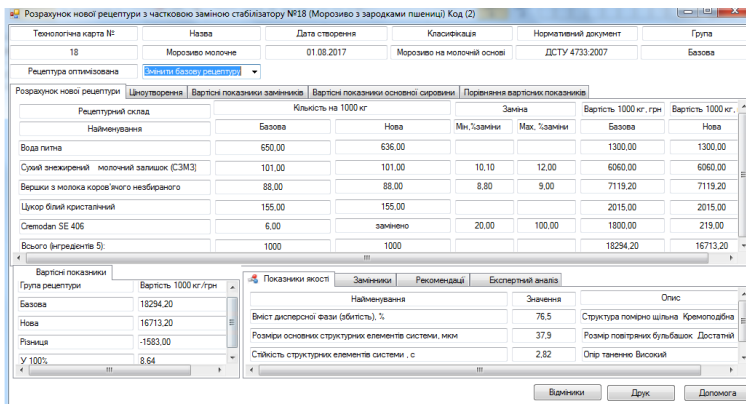


Рис. 3. Вікно системи з розрахунком нової рецептури морозива з частковою заміною стабілізатору

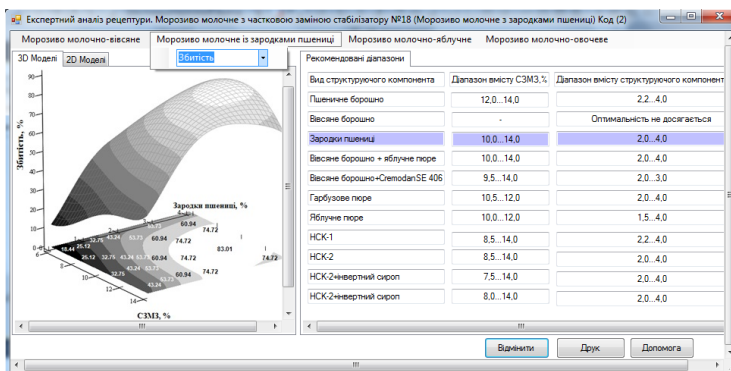


Рис. 4. Вікно системи з результатами експертного аналізу рецептури

ВИСНОВКИ

За результатами власного дослідження була створена експертно-моделююча система для створення та корегування рецептур з урахуванням усіх заданих властивостей. Використання створеної бази знань забезпечило можливість враховувати численні технологічні властивості при моделюванні оптимальної рецептури, чого неможливо досягти тільки за допомогою одного математичного апарату. Запропонована експертно-моделююча система дозволяє цілеспрямовано управляти якістю готового продукту під час усіх

технологічних етапів виробництва. Найбільша значимість розробки полягає у автоматизованому підборі для заміни рецептурних компонентів альтернативними без втрати якості та смакових властивостей.

Економічний ефект від впровадження експертної системи, отриманий при використанні результатів науково-дослідних робіт закладений в базу знань системи, забезпечить економію робочого часу, мінімізацію витрат на компоненти рецептур. Створена система забезпечить оперативну, обґрунтовану інформацію для прийняття технологічних рішень щодо рецептур виготовлення усіх видів морозива.

АНОТАЦІЯ

Запропонована експертно-моделююча система дозволяє у виробничих умовах харчового підприємства провести моделювання та корегування рецептури морозива для забезпечення високоякісного споживчого продукту з мінімальними витратами. Запропонована система може бути інтегрована з інформаційними системами підприємства. Запропонована архітектура експертно-моделюючої системи складається з окремих чотирьох структурних блоків: інтерфейс користувача; програмні модулі (математичний та алгоритмічний апарат, функції контролю якості та відповідності рецептури); бази даних та знань. Розроблений математичний та алгоритмічний апарат дозволяє за заданими якісними показниками змоделювати рецептуру морозива. Запропонований апарат базується на поєднанні методів оптимізації та використанні аналізу експертних даних.

Експертно-моделююча система забезпечує моделювання та корегування рецептури з урахуванням усіх властивостей доступних компонентів за рахунок використання бази знань та математичного апарату. При моделюванні рецептури без запропонованої експертної системи, а з використанням тільки математичного моделювання, то отримана рецептура не буде враховувати технологічні властивості.

Використання експертної системи у виробничих умовах дасть змогу постійно оновлювати та накопичувати знання експертів-технологів, які працюють у зазначеній сфері. Постійне накопичення нових знань про рецептури морозива дасть можливість створювати та розширювати партнерські програми з вітчизняними й зарубіжними підприємствами. Експлуатація експертної системи забезпечить скорочення витрат на моделювання нових рецептур морозива.

Економічний ефект від впровадження експертної системи, отриманий при використанні результатів науково-дослідних робіт і

закладений в базу знань експертно-моделюючої системи, забезпечує техніко-економічні показники підприємства за рахунок бережливих витрат на сировину і допоміжні матеріали.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук Г.Є., Бреус Н.М., Шевченко І.І., Гнізевич В.А., Юдіна Т.І., Ножечкіна-Єрошенко Г.М., Семко Т.В. Виявлення впливу казеїну на показники якості морозива з різним вмістом жиру. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2020. № 11. С. 24–30. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208954

2. Устименко І.М., Бреус Н.М., Поліщук Г.Є. Наукове обґрунтування складу емульсій, призначених для нормалізації молоковісних продуктів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. № 5. С. 183–188.

3. Goff H.D., Hartel W.R. Ice Cream. 7th ed. New York: Springer Science & Business Media, 2013. 462 p. DOI 10.1007/978-1-4614-6096-1_1

4. Поліщук Г. Є. Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.04. Київ, 2013. 439 с.

5. Hrybkov S.V., Breus N.M., Seidykh O.L., Polischuk G.Ye. Development of mathematical apparatus of the expert system for modelling ice cream recipes with specified quality parameters. *Science and innovation*. 2019. Vol. 15 (5). P. 57–66. DOI: 10.15407/scine15.05.069.

6. Липатов Н.Н., Рогов И.А. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности. *Известия вузов. Пищевая технология*. 1987. № 2. С. 9–15.

7. Тертычная Т.Н, Манжесов В.И., Ухина Е.Ю. Оптимизация рецептуры кекса. *Кондитерское производство*. 2007. № 1. С. 22–25.

8. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев СПб.: ГИОРД, 2015. 320 с.

9. Олейникова А.Я., Магомедов Г.О., Плотникова И.В. Технологические расчеты при производстве кондитерских изделий. СПб.: РАПП. 2008. 240 с.

10. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення. У 2-х ч. Ч.1: монографія / О.І. Черевко, М.І. Пересічний, С.М. Пересічна та ін.; за ред. О.І. Черевка, М.І. Пересічного. Харків: ХДУХТ, 2017, 962 с.

11. Донских Н.В. Разработка автоматизированной информационной системы для расчета и оптимизации рецептур. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2011. №2-3. С. 122–123.
12. Лисин П.А. Компьютерное моделирование поликомпонентных молочных продуктов. *Пищевая промышленность*. 2006. № 11. С. 60-61.
13. Сатина О.В., Юдина С.Б. Информационные технологии проектирования продуктов геронтологического питания. *Мясная индустрия*. 2010. № 6. С. 56–58.
14. Koroleva S.V. Practical aspects of using the desirability function in a biomedical experiment. *Modern problems of science and education*. 2011. №6. P. 71–71.
15. Миронова Н.Г., Ковбаса В.Н. Разработка оптимальных рецептур сухих завтраков с использованием математического моделирования. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 1998. № 1. С. 51–52.
16. Портал искусственного интеллекта. Экспертные системы. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/expert-systems.html> (дата звернення: 19.01.2022).
17. Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. 138 с.
19. Токарев А.В., Красуля О.Н. Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов. *Вестник ВГУИТ*. 2015. № 4. С. 66–71.
20. Sapiga V., Polischuk G., Breus N., Osmak T. Enzymatic destruction of protopectin in vegetable raw materials to increase its structuring ability in ice cream. *Ukrainian Food Journal*. 2021. № 10(2). P. 321–332. DOI: 10.24263/2304-974X-2021-10-2-9
21. Поліщук Г.Є., Бреус Н.М., Вовкодав Н.І., Раманаускас Р. Математическое моделирование активации функционально-технологических свойств яблочного пюре. *Maisto chemija ir technologija. Food chemistry and technology. Химия и технология пищи*. 2013. № 47. С. 45–52.
22. Polischuk G.E., Ivanov S.V., Breus N.M. Features of ice-cream foam structure formation. *Food science and technology*. 2014. Т. 2, № 27. С. 57–62.
23. Бреус Н.М., Маноха Л.Ю., Поліщук Г.Є. Обґрунтування доцільності створення гібридної експертної системи контролю якості заморожених продуктів десертного призначення. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2015. № 6. С. 109–116.

24. Expert Systems: The Technology of Knowledge Management and Decision Making for the 21st Century / T. L. Cornelius et al. Academic Press. 2009. 1947 p.

25. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирования. М.: Вильямс, 2007. 1152 с.

26. Wong B. K., Monaco J. A. Expert system applications in business: a review and analysis of the literature. *Information and Management*. 2013. №3. P. 141–152.

27. Сергиенко И.В. , Гуляницкий Л.Ф., Сиренко С.И. Классификация прикладных методов комбинаторной оптимизации. *Кибернетика и системный анализ*. 2009. № 5. С. 71–83.

28. Blum, C., Puchinger J., Raid, G. R., Roli A. Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization. A survey. *Applied Soft Computing*. 2011. № 11(6). P. 4135–4151.

29. Hulianytskyi L.F., Sirenko S.I. Cooperative model-based metaheuristics. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 2010. № 36, P. 33-40.

30. Raidl G.R. A unified view on hybrid metaheuristics. *Lect. Notes Computer Sci., Berlin: Springer-Verlag*, 2006. № 4030, P. 1–12.

31. Hrybkov S. V., Breus N. M., Polischuk G. Ye. Hybrid expert system to model the ice cream recipes. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2017. № 5 (2). P. 294–304. DOI: 10.24263/2310-1008-2017-5-2-13

Information about the authors:

Breus Natalie Mykolaivna,

Candidate of Technical Sciences,
Senior lecturer at the Department of Informatics
National University of Food Technologies
48, Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine

Hrybkov Serhii Vytaliiiovych,

Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Information Systems
National University of Food Technologies
48, Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine

Seidykh Olga Leonidivna,

Senior lecturer at the Department of Informatics
National University of Food Technologies
48, Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ НАПІВФАБРИКАТУ НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ ПІДСИРНОЇ

Гніщевич В. А., Гончар Ю. М.

ВСТУП

Однією із найважливіших цінностей суспільства є здоров'я людини, яке формується в тому числі способом життя, включаючи дотримання принципів збалансованого харчування та задоволення потреби організму в необхідних харчових речовинах. У той же час, за наявності певних захворювань засвоєння організмом поживних речовин може бути утрудненим. Однією із таких хвороб є синдром роздратованого кишечника (СРК), який може виникати у людини будь-якого віку. СРК обов'язково супроводжується повною (інтолерантність) чи частковою непереносимістю (мальабсорбція) лактози, як наслідок дефіциту продукування організмом лактази. В Україні офіційно діагностовано та підтверджено лабораторними дослідженнями, що 16% населення хворіють на мальабсорбцію, а хворих з неперевіренними діагнозами значно більше¹.

Виключення лактозовмісних продуктів харчування із раціону або їх часткове обмеження не сприяє покращенню стану здоров'я людини, натомість призводить до недостатності споживання багатьох поживних речовин та виникненню супутніх захворювань.

Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок залучення до виробництва низьколактозних харчових продуктів на основі гідролізованої білково-вуглеводної молочної сировини (БВМС).

Одним з видів БВМС є сироватка молочна підсирна, потенціал якої в Україні на сьогодні реалізується на харчові цілі не повною мірою. Станом на 1 півріччя 2020 року було виготовлено 735 тис. тон молочної сироватки і тільки 30,4 тис. тон підлягало переробці, решта

¹ Douglas A. Drossman. The Functional Gastrointestinal Disorders and the Rome III Process. Division of Gastroenterology and Hepatology, UNC Center for Functional GI and Motility Disorders, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, North Carolina. 2006. V.130. Issue 5. P. 1377–1390. URL: [http://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085\(06\)005038/fulltext?referrer=https%3A%2F%2Fwww.ncbi.nlm.nih.gov%2F](http://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085(06)005038/fulltext?referrer=https%3A%2F%2Fwww.ncbi.nlm.nih.gov%2F)

ж зливалась у вигляді відходів². Тому пріоритетною постає проблема створення технологій низьколактозних молочних продуктів на її основі для подальшого використання у технологіях спеціальних харчових продуктів.

Незважаючи на різноманіття існуючих технологій харчових продуктів на основі молочної сировини, особливим попитом користуються структуровані – соуси, креми тощо. Відмінними структуроутворювальними властивостями відзначається рослинна сировина з високим вмістом пектинових речовин. У якості такої сировини може виступати м'якоть гарбуза, що характеризуються потенційними властивостями структуроутворювачів, стабілізаторів структури та регуляторів органолептичних показників харчової продукції. Проте у необробленому вигляді кількість пектинів є недостатньою для використання їх у вигляді структуроутворювачів. У зв'язку з цим актуальним також постає проблема обробки м'якоти гарбуза з метою збільшення вмісту розчинного пектину.

Отже, проблема комплексної переробки сироватки молочної підсирної з отриманням низьколактозних напівфабрикатів з використанням рослинних пектинів для регулювання структури, розроблення науково обґрунтованих технологій кулінарної продукції для харчування хворих на мальабсорбцію лактози у контексті державної політики щодо ресурсозбереження, глибокої переробки харчової сировини, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва, посилення орієнтації вітчизняних підприємств на розвиток виробництва імпортозаміщуючих продуктів є актуальною.

1. Визначення передумов та постановка проблеми

Важливою проблемою харчової промисловості в сучасних умовах є залучення до господарського обороту місцевих сировинних ресурсів. Провідна роль у розв'язанні цієї проблеми відведена молочної промисловості. Оскільки більшість традиційних способів переробки молока передбачають отримання побічних продуктів, що не використовуються в подальшому або піддаються неповній переробці, то її вирішення можливе за рахунок створення маловідходних і безвідходних технологій переробки та виробництва

² Офіційний сайт Державного комітету статистики України.
URL:<http://www.ukrstat.gov.ua>

харчової продукції^{3,4}. Таким чином застосування вторинної молочної сировини, зокрема молочної сироватки, у виробництві харчових продуктів виступає одним із перспективних шляхів комплексної переробки цієї цінної сировини.

Одним з перспективних напрямків, які розширюють сферу використання сироватки, є отримання низьколактозних продуктів в результаті використання ферментних препаратів направленої дії, в т.ч. на основі пропіоновокислих бактерій роду *Propionibacterium freudenreichii* підвиду *shermanii*. В результаті процесу ферментування сироватка в значній мірі збагачується цінними продуктами метаболізму, такими як вітаміни групи В, органічні кислоти, ферменти, імунні тіла та інші біологічно активні речовини.

Серед харчової продукції на основі вторинної молочної сировини значну частину займають структуровані вироби. Зокрема, це продукти з піноподібною, емульсійною та драгелеподібною структурою, а також продукти, що можуть поєднувати декілька таких структур. Формування структури даної продукції можливо за наявності поверхнево-активних речовин, роль яких в традиційних технологіях виконують яєчні та молочні продукти, а також загущувачів та гелеутворювачів, які виконують роль стабілізаторів. Узагальнений досвід вітчизняних та іноземних вчених визначив, що у технологіях таких продуктів доцільно використовувати рослинний компонент у вигляді пюре, паст тощо, який виконує роль стабілізатора систем завдяки вмісту пектинових речовин та інших полісахаридів⁵.

Була запропонована інноваційна стратегія розробки напівфабрикату, яка покликана вирішити ряд проблем сировинного, екологічного, технологічного, фізіологічного та економічного характеру.

У зв'язку з цим, було сформульовано основні принципи розробки напівфабрикату та вимоги до його технологічних властивостей. Він повинен:

³ Longstreth G.F., Thompson W.G., Chey W.D., Houghton L.A., Mearin F., Spiller R.C. Functional bowel disorders. *Gastroenterology*. 2006. № 130. P. 1480–1491.

⁴ Гніцевич В.А., Никифоров Р.П., Федотова Н.А., Кравченко Н.В. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія. Донецьк. ДонНУЕТ. 2014. С. 336-345.

⁵ Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. № 46. P.406-415.

- вироблятися з районованої в Україні сировини з реалізацією її харчових та функціонально-технологічних властивостей (ФТВ);
- зменшити обсяги невикористовуваної білково-вуглеводної молочної сировини, що є потенційним забруднювачем навколишнього середовища;
- бути агрегативно стабільним при зберіганні та поєднуваням з іншими інгредієнтами у складі харчової продукції;
- характеризуватися можливістю варіювати рецептурний склад продуктів на основі напівфабрикату;
- задовольняти потребу в незамінних нутрієнтах хворих на мальабсорбцію, що мають обмеження на споживання лактози;
- зробити доступним для малопотужних виробництв та закладів ресторанного господарства технологічний процес переробки білково-вуглеводної молочної сировини.

Реалізація даних принципів можлива лише за обґрунтованого та цілеспрямованого впливу на обрану молочну та рослину сировину з метою найбільш повного використання її технологічних властивостей.

На основі положень інноваційної стратегії розробки сформульовано робочу гіпотезу, яка полягає в тому, що використання овочевої сировини, як джерела низькоетерифікованих пектинових речовин, та ферментованої білково-вуглеводної молочної сировини, як джерела білків, кальцію, фосфору, вільної від лактози, за умов спрямованого регулювання функціонально-технологічних властивостей в процесі ферментування та згущення, дозволить отримати низьколактозний напівфабрикат на основі молочної сироватки.

В межах сформульованої робочої гіпотези запропоновано модель розробки напівфабрикату (рис. 1).

Було запропоновано використання культури *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermanii* для гідролізу лактози молочної сироватки. Встановлено, що мінімальний вміст лактози 2% відзначається за параметрів процесу ферментолізу: рН=5...5,5, концентрації препарату «ЧізПро Пропіоні» – 0,03г/л, температури ферментолізу 50±2°C, тривалості процесу 12·3600с. Встановлено позитивний вплив 2н розчину NH₄OH на регуляцію рН, а розчину каталізатора 2%-ого CaCO₃ на інтенсивність перебігу процесу. Обрані спосіб та параметри здійснення ферментативного гідролізу дозволяють зберегти максимальну кількість поживних речовин

молочної сироватки підсирної, забезпечивши ефективне зниження вмісту лактози⁶.

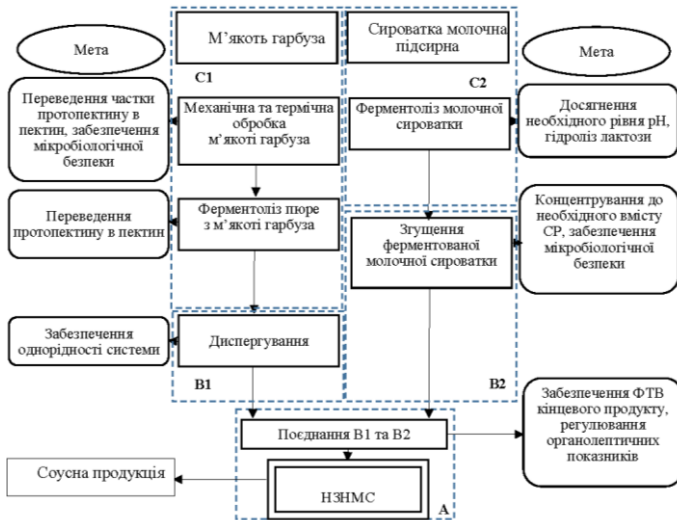


Рис. 1. Модель інноваційної стратегії розробки напівфабрикату низьколактозного на основі молочної сироватки підсирної (НЗНМС)

Удосконалено технологічні параметри процесу згущення у вакуумі попередньо ферментованої молочної сироватки. Процес згущування реалізується за розрідження $P = -0,1 \text{ Па}$, сталої температури $50 \pm 2^\circ \text{C}$, протягом $6 \cdot 3600 \text{ с}$. Фактор концентрування – 10^7 .

Досліджено характер процесу кристалоутворення лактози за різних способів концентрування сухих речовин молочної сироватки. За результатами досліджень констатовано, що у згущеній у вакуумі низьколактозній молочній сироватці (ЗНМС) відбувається процес

⁶ Гніцевич В.А., Юдіна Т.І., Гончар Ю.М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та м'якоти гарбуза. Товари і ринки. 2018. №.4. Т. 1. С. 105-114.

⁷ Гніцевич В. А., Гончар Ю. М. Спосіб виробництва згущеної ферментованої молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність». ХДУХТ. 2018. Ч. 1. С. 120-121.

кристалізації лактози, який супроводжується утворенням осередків росту кристалів у результаті термізації. ЗНМС має дрібнокристалічну структуру, характеризується кристалами мінімального розміру та мінімальним діапазоном розмірних значень, що характеризує дисперсну систему як систему з високою однорідністю. Досліджено гранулометричний склад кристалів лактози при зберіганні зразків протягом 30 діб. За різних термінів зберігання ЗНМС характеризувався незначним зменшенням однорідності системи внаслідок нарощування розмірів кристалів лактози. В результаті згущення зріс показник ефективної в'язкості, що дає підстави використовувати ЗНМС в складі в'язко-пластичних систем. В результаті коригування кислотності ЗНМС набуває нейтральних значень рН середовища.

Встановлено, що на вміст розчинного пектину в м'якоті гарбуза впливають його сортність та режим зберігання. Визначено, що низькотемпературне зберігання сповільнює процес утворення пектину та негативно впливає на його вихід. Для використання в якості джерела пектинвмісної сировини було обрано гарбуз, який зберігався за температурного режиму $+8...+10^{\circ}\text{C}$. Вперше запропоновано модифікований спосіб обробки м'якоті гарбуза, який передбачає його попередню гідротермічну обробку з наступним обробленням ферментним препаратом Ветом 1.1. Встановлено, що оптимальними параметрами процесу ферментолізу, за яких відбувається максимальне накопичення розчинного пектину, є температура $55\pm 3^{\circ}\text{C}$, тривалість $15\cdot 3600\text{с}$, концентрація ферментного препарату $1,5\%$ ⁸.

Ключовим питанням, що визначає функціонально-технологічні властивості (ФТВ) напівфабрикату та його харчову та біологічну цінність є встановлення раціонального співвідношення компонентів системи.

Оскільки передбачається сумісне використання молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози (ЗНМС) та пюре з гарбуза з підвищеним вмістом пектину (ФМПГ), необхідним є визначення реологічних властивостей таких систем. В системах, які містять сироваткові молочні білки та низькоетерифікований пектин, джерелом якого є ферментоване пюре із гарбуза, можуть проявлятися різні взаємодії. Між сироватковими білками молока та пектином в залежності від температури та тривалості обробки, рН середовища,

⁸ Гніцевич В.А., Гончар Ю.М. Дослідження процесу ферментолізу м'якоті гарбуза. Наукові праці НУХТ. 2018. Том 24. № 2. С. 203-208.

іонної сили розчину та співвідношення білків та пектину можуть відбуватися утворення комплексів (внутрішньомолекулярних, інтермолекулярних, електронейтральних, заряджених, коацерватів)⁹.

Використання процесів ферментації для молочної та рослинної сировини можуть призводити до утворення комплексів між білками та пектином з одержанням частинок з різними розмірними характеристиками. Тобто вони можуть виступати у ролі жирозамінників, імітуючи високожирні продукти. Такі нерозчинні комплекси у вигляді частинок можуть стабілізувати емульсії за типом Пікерінг стабілізації, або за рахунок розчинних комплексів за типом стеричної стабілізації, що в кінцевому випадку визначатиме текстуру готового продукту^{10,11}. Зазначені процеси визначатимуть функціонально-технологічні властивості систем, зокрема, їх здатність утворювати та стабілізувати піноподібні, емульсійні та інші системи, надавати їм стійкості до впливу температури, зміні рН, введення інших компонентів^{12,13}.

В літературі достатньо повно описаний характер взаємодії казеїну та його фракцій з полісахаридами та властивості таких систем¹⁴. Щодо взаємодії сироваткових білків молока та пектинів, зокрема низькоестерифікованих, дані не системні та обмежені. Тому необхідним є проведення досліджень з визначення реологічних та функціонально-технологічних властивостей модельних систем на

⁹ Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. № 46. P. 406-415.

¹⁰ Keren Gancz, Marcela Alexander, Milena Corredig. Interactions of High Methoxyl Pectin with Whey Proteins at Oil/Water Interfaces at Acid pH. *J. Agric. Food Chem.* 2005. № 53. P. 2236–2241.

¹¹ Alina Krzeminska, Katharina Angelika Prella, Jochen Weiss b, Jörg Hinrichs. Environmental response of pectin-stabilized whey protein aggregates. *Food Hydrocolloids*. 2014. №35. P.332-340.

¹² Гніщевич В.А., Дейниченко Л.Г., Горальчук А.Б. Реологічні властивості молочно-білкових концентратів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23. № 2. С. 182-189.

¹³ Arima Diah Setiowati, Serveh Saedi, Wahyu Wijaya, Paul Van der Meer. Improved heat stability of whey protein isolate stabilized emulsions via dry heat treatment of WPI and low methoxyl pectin: Effect of pectin concentration, pH, and ionic strength. *Food Hydrocolloids*. 2017. № 63. P. 716-726.

¹⁴ Горальчук А.Б. Губський С.М., Терешкін О.Г., Котляр О.В., Омельченко С.Б., Товма Л.С. Розробка теоретичної моделі одержання піноемульсії з суміші сухої жировмісної та її експериментальне підтвердження. *Східно-європейський журнал передових технологій*. 2017. т. 2. № 10(86). С. 12-19.

основі згущеної молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози та пюре з гарбуза з підвищеним вмістом пектину, а також розроблення рекомендацій щодо використання зазначеної продукції як основи для створення структурованої продукції.

Метою роботи є дослідження емульгувальних властивостей модельних систем на основі згущеної ферментованої сироватки зі зниженим вмістом лактози та ферментованої м'якоти гарбуза для створення структурованої харчової продукції

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- дослідити реологічні властивості ЗНМС та ФПМГ;
- визначити вплив співвідношення компонентів на формування структуроутворюючих властивостей харчових систем з їх використанням;
- надати рекомендації щодо подальшого використання НЗНМС, виходячи з реологічних характеристик напівфабрикату.

2. Матеріали та методи дослідження впливу співвідношення компонентів напівфабрикату на процеси емульгування

Вміст ЗНМС в модельних системах варіювали в межах 40...90% з кроком 10%. Компоненти суміші за температури $20 \pm 1^\circ\text{C}$ перемішували протягом 60с до досягнення однорідності суміші за допомогою гомогенізатора ІКА Ultra-Turrax T18 basic за $V=11200\text{об/хв}$.

Значення поверхневого натягу дослідних зразків з розведенням до 0,1...1,0% визначали сталагмометричним методом за температури $+23,3^\circ\text{C}$ з кратністю повторення досліду 5 разів¹⁵.

Піноутворюючу здатність (ПУЗ) зразків ЗНМС визначали методом Лур'є¹⁶. При дослідженні піноутворюючої здатності модельні композиції об'ємом $0,50\text{дм}^3$ збивали на машині для збивання «Kuchenbach» впродовж $10 \cdot 60$ с.

Розрахунок ПУЗ проводили за формулою:

$$\text{ПУЗ} = \frac{V_n}{V_c} \cdot 10_0$$

де ПУЗ – піноутворююча здатність, %; V_n – об'єм системи після збивання, м^3 ; V_c – об'єм системи до збивання, м^3 .

¹⁵ Гніцевич В.А., Дейниченко Л.Г., Горальчук А.Б. Вказана праця.

¹⁶ Кафка, Б.В.; Лурье, И.С. Технологический контроль кондитерского производства. М.: Пищевая промышленность. 1967. 207 с.

Стойкість піни (СП) зразків визначали за методом Лур'є. Вистоювання збитих композицій проводили впродовж 15·60 с.

Розрахунок стійкості піни проводили за формулою:

$$\text{СП} = \frac{h_2}{h_1} \cdot 10_0$$

де СП – стійкість піни, %; h_2 – висота піни після вистоювання, м; h_1 – початкова висота піни, м.

Ефективну в'язкість визначали на ротаційному віскозиметрі ВПН-0,2М. Межа допустимої похибки вимірювання в'язкості складає $\pm 6\%$ від величини, що вимірюється. Робоча температура в термостаті становила $+23,3 \pm 1,5^\circ\text{C}$. Для фіксованого значення напруги знімали до п'яти значень періоду обертання, виключаючи грубі помилки, розраховували середнє значення.

Граничну напругу зсуву (ГНЗ) зразків визначали екстраполяцією лінійної ділянки кривої $\tau=f(\gamma)$, за швидкістю зсуву 100 с^{-1} , що відповідає значенням при органолептичній оцінці під час споживання продукції.

Жиропоглинальну здатність визначали за кількістю рослинної олії (соняшникової), необхідної для досягнення точки інверсії. Олію емульгували на лабораторній верхньоприводній мішалці механічній ДЛН з насадкою для розчинення, що забезпечує перемішування матеріалу зверху вниз і знизу вверх за високої турбулентності та дії поперечних сил, протягом 25-35хв залежно від співвідношення компонентів системи.

Визначення точки інверсії фаз для оцінки емульгуючої здатності модельних систем здійснювалось за методикою Гурова О.М.¹⁷. Тип емульсії визначали методом розведення в воді. Значення точки інверсії фаз відповідало масовому вмісту рослинної олії (соняшникової), яка була використана в процесі.

Стойкість емульсії (СЕ) визначали за ГОСТ 31762-2012 [16]. Межі абсолютної похибки результатів вимірювань стійкості емульсії $\pm 3\%$ (абс.). Оцінювали стійкість за кількістю не розшарованої емульсії.

¹⁷ ГОСТ 31762-2012. Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний. Дата введения 2013-07-01.

3. Дослідження реологічних властивостей модельних систем напівфабрикату

Для визначення сфери застосування напівфабрикату необхідно дослідити їх здатність до утворення стійких піноподібних або емульсійних систем.

Піноутворюючі властивості залежать від багатьох факторів, зокрема ступеня термічної денатурації білків ЗНМС в процесі згущування, залишкового вмісту ліпідів і фосфоліпідів, вмісту кальцію, з урахуванням його додаткового внесення до складу напівфабрикату з метою інтенсифікації процесу ферментолізу, величини рН і ступеня ферментативного гідролізу білків, а також співвідношення компонентів. Здатність сумішей до збивання та утворення заданих структур обумовлює вміст поверхнево-активних речовин (ПАР) та в'язкість системи¹⁸. Піноутворювальна здатність ЗНМС оцінювалася в порівнянні з молочною сироваткою ферментованою незгущеною (ФМС) та ферментованою молочною сироваткою, концентрованою контактним методом за нормального атмосферного тиску за температури 50°C (КФМС). Результати досліджень наведено на рис. 2.

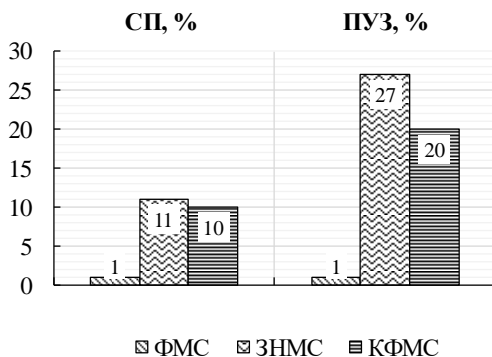


Рис. 2. ПУЗ та СП зразків ФМС, КФМС та ЗНМС

¹⁸ Фізична та колоїдна хімія: Метод. рекомендації до викон. лаборатор.робіт для студ. напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» та 6.051401 «Біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.В. Грабовська, О.М. Мірошников, О.В. Подобій, Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, М.І. Сербова, С.П. Бондаренко. К.: НУХТ 2012. 91 с.

Проведені дослідження свідчать, що КФМС має піноутворюючу здатність на рівні 20%. Для ФМС цей показник дорівнював 1%. Для ЗНМС значення ПУЗ становить 23%. Це можна пояснити зростанням вмісту сухих речовин, зокрема білків, які є поверхнево-активними речовинами. Низьку піноутворювальну здатність всіх зразків можна пояснити вмістом жиру, що складає близько 5%. Додатковим чинником, що визначає низьку піноутворювальну здатність, може бути висока в'язкість розчину, що ускладнює процес диспергування повітря у системі. Встановлено, що стійкість піни, утворених КФМС складає 10%, ЗНМС – 11%, ФМС – 1%, що, ймовірно, пояснюється високою полідисперсністю та значним вмістом бульбашок з низькою дисперсністю, які руйнуються через процес диспропорціонування. Одержані величини ПУЗ та СП для всіх досліджуваних зразків є недостатніми для їх подальшого використання у складі пінних систем. Процеси піноутворення і емульгування хоч і мають схожість процесів, однак відрізняються за величиною роботи, необхідної для диспергування, що визначається міжфазним натягом та густиною дисперсних фаз. Надалі досліджували емульгуючі властивості ЗНМС та модельних систем на її основі.

Для оцінки властивостей визначали поверхневий натяг ЗНМС. Результати наведені на рис. 3.

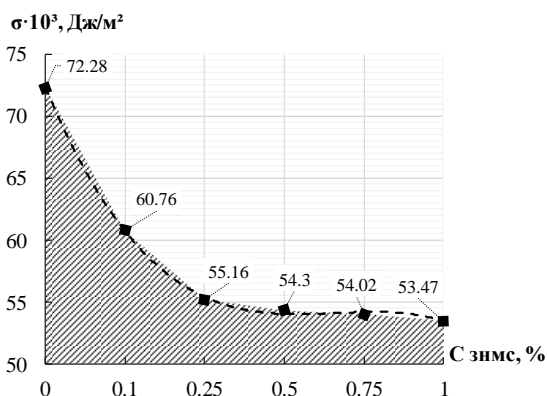


Рис. 3. Ізотерма поверхневого натягу розчину ЗНМС

Зменшення поверхневого натягу на межі розподілу фаз свідчить про зростання концентрації ПАВ в моношарі. Лінія тренду спрямована на зменшення поверхневого натягу пропорційно

зростанню концентрації розчину ЗНМС. Це обумовлено збільшенням вмісту сироваткових білків у розчині, що свідчить про можливість утворення пін та емульсій. Однак необхідно визначити, які процеси відбуваються під час утворення емульсій та можливості їх регулювання з метою одержання стабільних систем.

Здатність ЗНМС при підвищенні її концентрації знижувати поверхневий натяг при адсорбції на межі розподілу фаз свідчить про високу поверхневу активність, що ще раз підтверджує ефективність її застосування в складі емульсій. Проте такі емульсії є потенційно нестабільними системами, в зв'язку з чим доцільним є дослідження способів її стабілізації, наприклад рослинною компонентою, багатою на пектинові речовини.

Відомо, що пектини утворюють міжмолекулярні комплекси з молочними білками, які можуть виступати високоєфективними стабілізаторами емульсій¹⁹. В зв'язку з чим доцільно дослідити характер взаємодії пектинвмісного ФПМГ з сироватковими білками ЗНМС. Для оцінки ефективності застосування ФПМГ як джерела низькоетерифікованого пектину в якості стабілізатора досліджено модельні композиції при різних співвідношеннях ФПМГ та ЗНМС. Оцінку взаємодії сироваткових білків та пектину можна здійснити реологічними методами. Реологічні методи дослідження можуть фіксувати аномальні зміни в'язкості, граничної напруги зсуву систем, на основі чого можна стверджувати про взаємодію речовин або відсутність такої.

Модельні композиції, в яких вміст ФПМГ перевищував 60%, володіли незадовільними органолептичними показниками, тому для подальших досліджень не використовувались. Результати досліджень ефективної в'язкості модельних систем наведено на рис. 4.

Встановлено, що із зростанням частки ФПМГ з 10% до 60% ефективна в'язкість зростає в 3,1 рази. Тобто можна стверджувати про відсутність коацервації комплексів білок-пектин, відсутності термодинамічної несумісності білків з пектинами за досліджених співвідношень компонентів. У таких випадках в'язкість системи мала би зменшуватися. Одержані дані свідчать про взаємодію сироваткових білків та пектинів з формуванням взаємопрониклих полімерних сітчастих структур у процесі міцелоутворення.

¹⁹ Ренський І.О., Пономарьов М.Є., Бережницька О.С., Рудницька Г.А. Поверхневі явища та дисперсні системи: Метод. вказівки до викон. лабораторних робіт для студ. напряму підготов. 6.051301 «Хімічна технологія» усіх форм навч. К.: НТУУ «КПІ». 2012. 84 с.



Рис. 4. Ефективна в'язкість модельних композицій залежно від концентрації ФПМГ (за швидкості зсуву 100 с⁻¹)

При одночасному або послідовному формуванні взаємопрониклих полімерних сітчастих структур відбувається мікрофазний розподіл білків і вуглеводів через несумісність, що виникає з міжвузлових ланцюгів із подальшим орієнтованим витискуванням молекул полісахаридів на поверхню білків. При цьому, підвищення концентрації вуглеводів у мікрооб'ємах призводить до посилення їх самостійної асоціації, утворення водневих зв'язків, об'єднаних ділянок із піранозних структур пектину. Це, в свою чергу, призводить до більш швидкого зростання в'язкості. Процес гальмує фазовий розподіл полісахаридів, що забезпечує необхідне упорядкування їх надмолекулярних структур і стабілізує структуру системи.

Визначення величини та залежності ГНЗ від вмісту компонентів дозволяє визначити можливий вид взаємодії та охарактеризувати реологічну поведінку систем. Встановлено, що зі збільшенням вмісту ФПМГ гранична напруга зсуву збільшується. Слід відмітити, що в напівлогарифмічних координатах ГНЗ від вмісту поре спостерігається наявність точки перелому кривої за вмісту ФПМГ 30% (рис. 5).

Ймовірно, змінюється вид взаємодії білків та пектинів. Відбувається зростання структуроутворюючої здатності в 4,6 рази до концентрації 30%, порівняно з системами, що містять 40...60% ФПМГ. На основі одержаних даних можна констатувати, що за

вмісту ФПМГ 30% досягається максимальна реалізація структуроутворюючих властивостей, системи характеризуються як в'язко-пластичні. Подальше збільшення ГНЗ є наслідком зміни взаємодії сироваткових білків та пектину. Про це свідчить швидкість зростання ГНЗ, що визначається тангенсом кута нахилу кривої, який зменшується в 4,6 рази. Ймовірно, змінюється розчинність комплексів, молекулярна маса та коефіцієнт дифузії, що узгоджується з дослідженнями, в яких доведено, що зі збільшенням вмісту пектину збільшується розмір частинок білок-пектин.

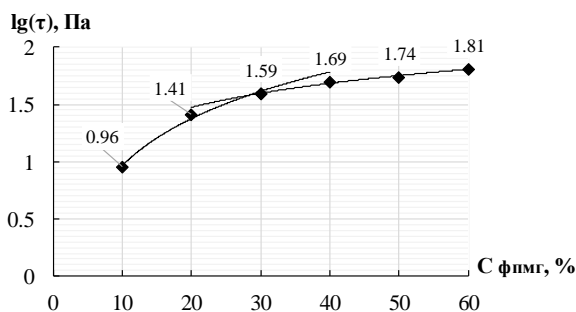


Рис. 5. Залежність логарифму ГНЗ систем від співвідношення компонентів системи

Таким чином, наведені дані свідчать, що застосування рослинної сировини для надбання певних функціонально-технологічних властивостей має декілька переваг. По-перше, це підвищення харчової та біологічної цінності, надання продукції лікувально-профілактичного характеру, радіопротекторної та імуномодельючої дії. По-друге, рослинна тканина здатна утримувати рідину в структурі продукту, підвищуючи стабільність при зберіганні, формувати та підвищувати в'язкість харчових систем. По-третє, в даному випадку ФПМГ виступає як смаковий наповнювач та барвник. Але особливу увагу ФПМГ привертає як джерело пектинів, що може дозволити заощаджувати традиційні структуроутворювачі.

Можна констатувати, що шляхом внесення до складу модельних систем (а в подальшому у напівфабрикат) різної кількості ФПМГ дозволяє регулювати в широкому діапазоні в'язкість як фактор стабільності систем. Оскільки протидіючим чинником процесу емульгування олії є величина ефективною в'язкості, що призводить до

значних енергозатрат в процесі емульгування, то необхідним є оцінка емульгуючої здатності системи.

Емульгувальну здатність модельних систем оцінювали за точкою інверсії фаз (рис. 6).

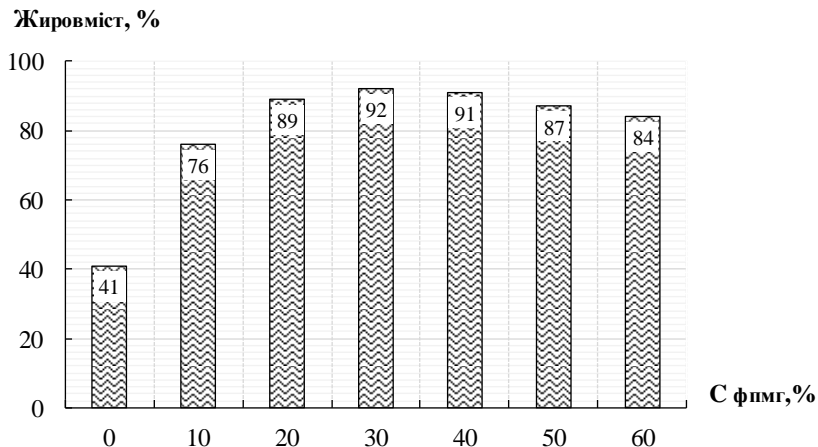


Рис. 6. Залежність точки інверсії емульсії від співвідношення компонентів

Встановлено, що залежність точки інверсії від співвідношення компонентів носить екстремальний характер. В інтервалі вмісту ФПМГ 0...30% емульгуюча здатність збільшується. Подальше збільшення до 40...60% призводить до зменшення емульгуючої здатності систем у 1,3 рази. За вмісту ФПМГ 30...40% точка інверсії фаз емульсії відповідає жировмісту 91...92%. Аналіз одержаних даних дозволяє констатувати про кореляцію ГНЗ систем та точки інверсії фаз емульсії. Ймовірно, це пов'язано з утворенням комплексів, максимальна гідрофобність яких утворюється в системах за вмісту ФПМГ 30...40%. За відсутності в системі ФПМГ низьку емульгуючу ємність можна пояснити високою гідрофільністю білків сироватки. Це призводить до незначної адсорбції білків на розділі фаз. За вмісту ФПМГ більше 40% ймовірно змінюється гідрофільно-ліпофільний баланс, збільшуються розмірні характеристики і як наслідок відбувається зменшення коефіцієнту дифузії. Це негативно впливає на емульгуючу ємність. Однак можна прогнозувати про позитивний вплив на стійкість емульсії. Проведені дослідження

стійкості емульсії за вмісту олії 20...60% дозволяють встановити, що зі збільшенням її вмісту стійкість емульсії збільшується (рис. 7).

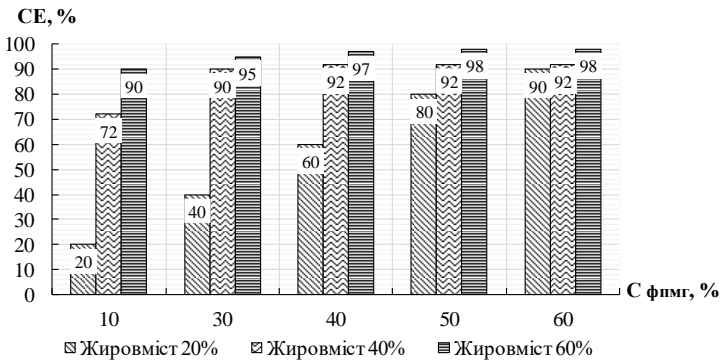


Рис. 7. Стійкість емульсії залежно від співвідношення компонентів залежно від % вмісту олії

Так за вмісту ФПМГ 40...60% та вмісту олії 60% досягається стійкість емульсії $98 \pm 2\%$ що відповідає вимогам нормативної документації щодо майонезів. Слід відмітити, що в системах із вмістом олії 40...60% за вмісту ФПМГ 40...60% стійкість емульсії практично не змінюється, хоча в'язкість системи на основі ФПМГ та ЗНМС в даному діапазоні збільшується. Тому можна припустити про утворення різних комплексів за поверхневою активністю та гідродинамічними властивостями (розмір, заряд, молекулярна маса) за вмісту ФПМГ до 30% та за вмісту ФПМГ 40...60%. На основі аналізу абсолютних значень емульгуючої ємності та стійкості емульсій можна рекомендувати раціональне співвідношення компонентів модельних систем на основі ЗНМС для одержання соусів емульсійного типу.

ВИСНОВКИ

Проведеними дослідженнями реологічних та функціонально-технологічних властивостей визначено зменшення водним розчином ЗНМС поверхневого натягу води, що обумовлено збільшенням вмісту сироваткових білків, та передбачає можливість його використання для утворення емульсій. Доведено перспективність використання ферментованого пюре м'якоті гарбуза із підвищеним вмістом пектину для регулювання емульгувальних та стабілізаційних властивостей

НЗНМС. Проведені дослідження реологічних та функціонально-технологічних властивостей дозволили встановити, що зі збільшенням вмісту ФПМГ гранична напруга зсуву модельних систем збільшується. На основі одержаних даних констатовано, що за вмісту ФПМГ 30% досягається максимальна реалізація структуроутворювальних властивостей, системи характеризуються як в'язкопластичні. Таким чином було обґрунтовано раціональне співвідношення ЗНМС та ФПМГ у складі НЗНМС як (60...70):(30...40). Таке співвідношення виявляє високі емульгувальні та стабілізувальні властивості, дозволяючи отримувати емульсійні системи зі стійкістю $98\pm 2\%$ за вмісту олії 60%.

АНОТАЦІЯ

Попередніми дослідженнями встановлено, що виключення лактозовмісних продуктів харчування із раціону або їх часткове обмеження не сприяє покращенню стану здоров'я людини. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок залучення до виробництва низьколактозних харчових продуктів на основі гідролізованої білково-вуглеводної молочної сировини. Використання низьколактозної білково-вуглеводної молочної сировини, зокрема сироватки молочної можливе для виробництва структурованої кулінарної продукції. В якості структуроутворювача запропоновано використання ферментованого поре м'якоті гарбуза з підвищеним вмістом пектинових речовин, який виступає в ролі структуроутворювача. Запропоновано інноваційну модель напівфабрикату на основі ферментованих низьколактозної молочної сироватки та ферментованого поре з м'якоті гарбуза.

Для встановлення раціонального співвідношення основних компонентів напівфабрикату досліджено реологічні властивості модельних систем. Встановлено вплив співвідношення компонентів на формування структуроутворюючих показників, а саме на емульгувальні властивості. Доведена можливість застосування напівфабрикату в якості основи для соусів емульсійного типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Douglas A. Drossman. The Functional Gastrointestinal Disorders and the Rome III Process. Division of Gastroenterology and Hepatology, UNC Center for Functional GI and Motility Disorders, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, North Carolina. 2006. V.130. Issue 5. P. 1377–1390. URL: <http://www.gastrojournal.org/article/S0016->

5085(06)005038/fulltext?referrer=https%3A%2F%2Fwww.ncbi.nlm.nih.gov%2F. (дата звернення: 10.03.2022)

2. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL:<http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 10.03.2022)

3. Longstreth G.F., Thompson W.G., Chey W.D., Houghton L.A., Mearin F., Spiller R.C. Functional bowel disorders. *Gastroenterology*. 2006. № 130. P. 1480–1491.

4. Гніцевич В.А., Никифоров Р.П., Федотова Н.А., Кравченко Н.В. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія. Донецьк. ДонНУЕТ. 2014. С. 336-345.

5. Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. № 46. P. 406-415

6. Гніцевич В.А., Юдіна Т.І., Гончар Ю.М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та м'якоти гарбуза. *Товари і ринки*. 2018. № 4. Т. 1. С. 105-114.

7. Гніцевич В. А., Гончар Ю. М. Спосіб виробництва згущеної ферментованої молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність»*. ХДУХТ. 2018. Ч. 1. С. 120-121.

8. Гніцевич В.А., Гончар Ю.М. Дослідження процесу ферментолізу м'якоти гарбуза. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Том 24. № 2. С. 203-208.

9. Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. № 46. P. 406-415.

10. Keren Gancz, Marcela Alexander, Milena Corredig. Interactions of High Methoxyl Pectin with Whey Proteins at Oil/Water Interfaces at Acid pH. *J. Agric. Food Chem*. 2005. № 53. P. 2236–2241.

11. Alina Krzeminska, Katharina Angelika Prella, Jochen Weiss b, Jörg Hinrichs. Environmental response of pectin-stabilized whey protein aggregates. *Food Hydrocolloids*. 2014. № 35. P. 332-340.

12. Гніцевич В.А., Дейниченко Л.Г., Горальчук А.Б. Реологічні властивості молочно-білкових концентратів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23. № 2. С. 182-189.

13. Arima Diah Setiowati, Serveh Saeedi, Wahyu Wijaya, Paul Van der Meeren. Improved heat stability of whey protein isolate stabilized emulsions via dry heat treatment of WPI and low methoxyl pectin: Effect

of pectin concentration, pH, and ionic strength. Food Hydrocolloids. 2017. № 63. P. 716-726.

14. Горальчук А.Б., Губський С.М., Терешкін О.Г., Котляр О.В., Омельченко С.Б., Товма Л.С. Розробка теоретичної моделі одержання піноемульсій з суміші сухої жировмісної та її експериментальне підтвердження. Східно-європейський журнал передових технологій. 2017. т. 2. № 10(86). С. 12-19.

15. Кафка, Б.В.; Лурье, И.С. Технологический контроль кондитерского производства. М.: Пищевая промышленность. 1967. 207 с.

16. ГОСТ 31762-2012. Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний. Дата введения 2013-07-01.

17. Фізична та колоїдна хімія: Метод. рекомендації до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» та 6.051401 «Біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.В. Грабовська, О.М. Мірошников, О.В. Подобій, Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, М.І. Сербова, С.П. Бондаренко. К.: НУХТ 2012. 91 с.

18. Ренський І.О., Пономарьов М.Є., Бережницька О.С., Рудницька Г.А. Поверхневі явища та дисперсні системи: Метод. вказівки до викон. лабораторних робіт для студ. напряму підготов. 6.051301 «Хімічна технологія» усіх форм навч. К.: НТУУ «КПІ». 2012. 84 с.

**Information about the authors:
Gnitsevych Victoriya Albertivna,**

Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Technology
and the Organization of Restaurant Business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Honchar Yuliia Mykolaivna,
PhD,

Senior Lecturer at the Department of Technology and the Organization
of Restaurant Business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ НАПІВФАБРИКАТІВ КАПСУЛЬОВАНИХ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ ТА ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ В УМОВАХ МІЖГАЛУЗЕВОЇ КООПЕРАЦІЇ

Гринченко Н. Г.

ВСТУП

Сучасні економічні умови господарювання, що характеризуються швидкістю зміни чинників зовнішнього середовища, посиленням інтеграційних процесів і конкуренції між учасниками ринку, вимагають від підприємств реальної оцінки своїх можливостей та перспективних інноваційних напрямів розвитку.

В умовах сьогодення все сильніше відчувається вплив інновацій на розвиток харчової індустрії. Досягти комерційних переваг за рахунок нижчої (порівняно з конкурентами) ціни вже неможливо, тож важливим є розуміння інноваційної стратегії довгострокового розвитку підприємств харчової промисловості та ресторанного бізнесу як інтегрованої моделі їх діяльності. Тож інновації повинні стати орієнтиром для виробників на шляху підвищення їх конкурентоспроможності.

При цьому важливим завданням для харчової промисловості та закладів ресторанного господарства є впровадження прогресивних технологій, інтенсифікація існуючих технологічних процесів, ефективне використання потенціалу сировини та розширення асортименту продукції.

Упровадження таких технологій в межах міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес» дозволить підвищити ефективність технологічних процесів, вивести на ринок напівфабрикати багатофункціонального призначення з високою харчовою та біологічною цінністю, тривалим строком зберігання, розширити асортимент і покращити забезпечення населення України високоякісною кулінарною продукцією.

1. Розвиток міжгалузевої кооперації як основа підвищення ефективності функціонування закладів ресторанного господарства та харчової промисловості

За останні десятиліття світова економічна система зазнала кардинальних змін – характерними рисами сучасності є інтернаціоналізація ринків, суцільна інформатизація суспільства та значна диференціація попиту, що змушує бізнес шукати нові підходи організації економічної діяльності. На зміну (чи поряд) з такими формами взаємодії, як виробнича концентрація, кооперація, спеціалізація приходять нові конфігурації бізнес-моделей – B2B (англ. Business to Business), B2C (англ. Business to Consumer), аутсорсінг та інші.¹

У визначених умовах B2B-компанії працюють на задоволення потреб бізнесу, тобто виробляють та продають свою продукцію іншим компаніям, не включаючи до цього процесу кінцевого споживача продукту (виробники і постачальники інгредієнтів, напівфабрикатів, таро-пакувальних матеріалів та інш.); B2C-компанії мають за мету задоволення потреб кінцевих споживачів, тобто здійснюють з ними безпосередню взаємодію (виробники алкогольних напоїв, соків, кисломолочних продуктів, хлібобулочних виробів та інш.) (рис. 1).

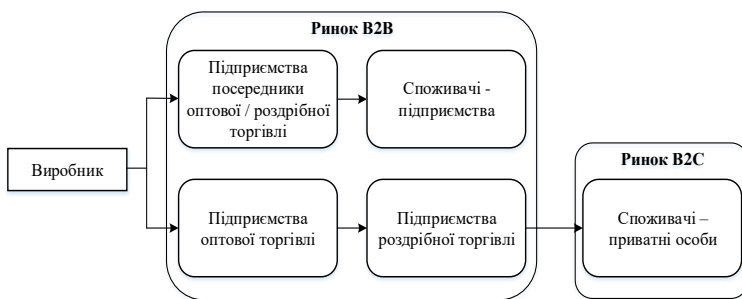


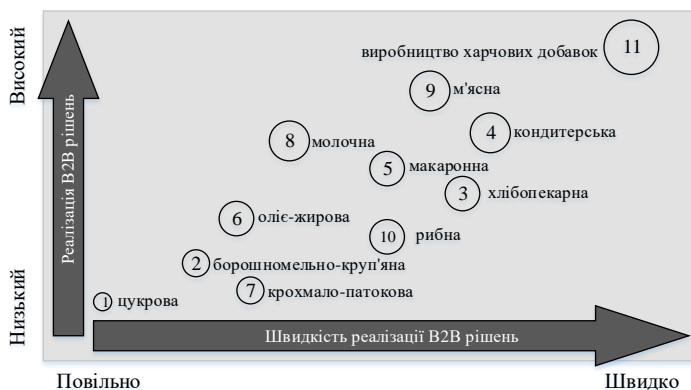
Рис. 1. Ринки B2B та B2C: канали збуту та кінцеві споживачі²

¹ Подлевський А. А. Державне регулювання виробничої кооперації в Україні : автореф. дис... канд. екон. наук: 08.00.03. Рівне: НУВГП, 2018. 27 с.

² B2B, B2C, B2G, C2C: сегментація та специфіка [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://avivi.pro/ua/blog/b2b-b2c-b2g-c2c-segmentatsiya-ta-spetsifika/>

На думку фахівців галузі, час організації бізнесу, коли, наприклад, виробник морозива займається всім – від випічки вафельних стаканчиків й виробництва глазури до виробництва власне морозива – пройшов. Сьогодні виробничий менеджмент спрямовано на оптимізацію економічних витрат з виробництва широкої номенклатури інгредієнтів та напівфабрикатів власними силами. Якщо не продавати інгредієнти/напівфабрикати іншим постачальникам, то дешевше закуповувати їх «на стороні». Таким чином, виробництво інгредієнтів і напівфабрикатів найчастіше або переростає в інший бізнес, а компанія – в холдинг вертикальної інтеграції, або продається чи згортається.

Аналіз інформаційних джерел дозволяє стверджувати, що в харчовій промисловості потенціал реалізації B2B процесів (рішень) достатньо поширений, практично розповсюджується на всі галузі й реалізується шляхом постачання інгредієнтів, напівфабрикатів, технологічного та лабораторного обладнання, пакувальних матеріалів та інш.^{3,4} В різних галузях харчової промисловості потенціал B2B процесів реалізується по-різному (рис. 2).



³ Турло Д. Оптимізація бізнес-процесу збуту підприємств харчової промисловості [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://applecons.com.ua/ua/optimizatsiya-biznes-protsesta-sbyta-predpriyatij-pishhevoj-promyshlennosti-2/>

⁴ Hojmosse S., Brammer S., Millington A. "Green" supply chain management: The role of trust and top management in B2B and B2C markets // Industrial Marketing Management. 2012. Vol. 41. № 4. P. 609–620.

Рис. 2. Потенціал реалізації B2B процесів в деяких галузях харчової промисловості України (діаметр кругів співвідноситься з рівнем упровадження інновацій у галузі)⁵

Найбільш динамічно упровадження здійснюється виробниками харчових інгредієнтів (харчових добавок та їх сумішей), декілька повільно в хлібопекарній, кондитерській та м'ясній промисловості, більш консервативними є цукрова, борошномельно-круп'яна, крохмале-патокова галузі харчової промисловості.

Рівень упровадження B2B процесів в молочній промисловості фахівці оцінюють як задовільний, визначаючи, що основними продуктами в ланці B2B процесів є молоко сухе, казеїнати та інші, які широко використовуються в межах галузевої та міжгалузевої кооперації виробниками оліє-жирової, кондитерської, хлібопекарної та інших промисловостей. Що стосується міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес», то номенклатура продуктів (напівфабрикатів), які використовуються у виробничій діяльності останніх, є вкрай обмеженою (масло вершкове, вершки, сири тверді та кисломолочні, напівфабрикати рідкі для виробництва м'якого морозива) й за останній час суттєвих змін не зазнала.

Водночас посилення процесів глобалізації та інтеграція України до світової спільноти зробили економіку нашої держави більш вразливою до зовнішніх загроз та висунули перед нею нові вимоги щодо забезпечення її конкурентоспроможності. Одним із дієвих напрямів підвищення ефективності функціонування харчової промисловості науковці вважають розвиток інтеграційних зав'язків та побудову на їх основі інтегральних об'єднань. Більш значні конкурентні переваги (зокрема ті, що мінімізують залежність від постачальників та коливань цін на сировину) матимуть ті підприємства-виробники харчових продуктів, що входитимуть до вертикально інтегрованих структур. Це дозволить їм одержати економію на витратах, раціонально управляти інформаційними та матеріальними ресурсами.⁶

У багатьох країнах світу виробнича кооперація – один з важливих важелів реалізації моделі соціально-економічного розвитку на

⁵ Промисловість України у 2011–2015 роках: статистичний збірник / Держ. ком. статистики України. Київ: вид.– во Держ. стат. України. 2016. 379 с.

⁶ Лендел М. А., Жулканич О. М. Специфіка міжгалузевих організаційно-економічних відносин в агропромисловому виробництві: аналітичний аспект // Науковий вісник Мукачівського державного університету. Сер.: Економіка. 2015. № 2 (1). С. 42–48.

принципово нових засадах, вона сприяє розв'язанню економічних проблем на мікро-та макрорівнях через більш ефективне використання обмежених ресурсів, інноваційну спрямованість, підвищену мотивацію її учасників, синергетику. Разом з тим сьогодні рівень міжгалузевої кооперації в харчовій індустрії не можна вважати задовільним. Інформаційний вакуум, коли виробники не розуміють потреби споживачів, а споживачі не можуть чи не готові сформулювати завдання перед виробниками, відсутність єдиних принципів виробництва та інші чинники створюють ситуацію «розбіжності інтересів користувачів». Це не дозволяє без додаткових зусиль зробити міжгалузеву кооперацію дійсно ефективною, коли властивості та якість сировини (напівфабрикатів) однієї галузі повністю задовольняють запити іншої.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є створення буферної технологічної ланки – у нашому випадку напівфабрикатів, які фактично, не належачи до жодної з галузей, вирішують їх проблеми одночасно й задовільняють інтереси виробників та споживачів. Розробляючи напівфабрикати для конкретної галузі (технологічного процесу), необхідно керуватися наступним:

- метою, яку має бути досягнуто за використання напівфабрикатів (ресурсозбереження, оптимізацію трудовитрат, забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до готової продукції, формування необхідних споживних властивостей харчової продукції – харчову цінність, органолептичні властивості, економічна доступність та інші);

- синхронізацією циклу «виробництво напівфабрикатів – виробництво кулінарної та/чи кондитерської продукції»;

- здійсненням технологічного процесу виробництва кулінарної продукції та/ чи кондитерської продукції на основі напівфабрикатів на існуючому обладнанні;

- відповідністю умов зберігання готового продукту на основі напівфабрикатів умовам, які склалися в ланцюгу «виробник – споживач»;

- економічною доцільністю, яка визначається кількістю напівфабрикату, необхідного для одержання заданих характеристик продукту.

Важливим аспектом під час розробки напівфабрикатів є використання доступної недорогої з високою поживною цінністю вітчизняної сировини. В межах міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес» бачиться доцільним використання у складі напівфабрикатів молока знежиреного, сиру

кисломолочного нежирного, сироватки та інш., які повною мірою відповідають вищеозначеним вимогам.

Щоб не втратити споживача в умовах економічного спаду, виробники молочної продукції реалізують різні маркетингові стратегії – орієнтуються на зростаючі категорії (молоко, кефір, йогурти), розширюють асортимент, використовують нові види споживчого пакування, вибирають ефективні канали збуту – гіпер- та супермаркети, частка яких значно зросла.

Суттєвий вплив на розвиток молочного виробництва чинять споживчі тренди, які відповідно досліджень лежать в площині натуральності («чиста етикетка» – без використання харчових добавок), відсутності ГМО та алергенів (лактози, молочних білків), зниження вмісту «вільного» цукру^{7,8,9,10}. Снекіфікація (продукція для швидкого перекусу між основними прийомами їжі, фітнефікація (поживна некалорійна продукція переважно для жінок), спортифікація (поживна з високим вмістом протеїнів продукція переважно для чоловіків), спеціалізація (продукція для дітей, спортсменів, геродієтичного харчування), преміумізація (продукція сегменту преміум з унікальною пропозицією щодо натуральності, корисності та інш.) є дієвим важелем перманентного удосконалення існуючої та впровадження нової продукції.

Разом з тим, за останні часи на продовольчому ринку України молочної продукції з радикальними інноваціями (відповідно мають та не мають аналогів на споживчому ринку) не виявлено. Однак, наявна сировинна база, експортний потенціал, державне регулювання, розвиток продовольчого ринку є підґрунтям подальшого розвитку молочного виробництва, одним із напрямів якого є розширення та ускладнення міжгалузевих коопераційних зв'язків, різноманітність моделей та видів взаємодії.

⁷ Key Trends in Food, Nutrition & Health 2017. And how they can work for you [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.fdin.org.uk/wp-content/uploads/2017/02/Allen-Bruce.pdf>

⁸ Ten Key Health and Nutrition Trends 2018 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://khni.kerry.com/trends-and-insights/ten-key-health-and-nutrition-trends-2018/>

⁹ Nestle M. Food politics: How the food industry influences nutrition and health // Univ of California Press, 2013. Vol. 3. 511 p.

¹⁰ Bigliardi B., Galati F. Innovation trends in the food industry: the case of functional foods // Trends in Food Science & Technology. 2013. Vol. 31. № 2. P. 118–129.

2. Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів капсульованих на основі молочної сировини

Одним із напрямів, який інтенсивно розвивається протягом останнього часу, є створення структурованих харчових продуктів^{11,12,13}. У світовій практиці перспективним у технології структурованої продукції є створення сфероподібної (капсульованої та гранульованої) продукції, що забезпечує формування нових текстурних властивостей харчової продукції, підвищення строків її зберігання, реалізацію контрольованого вивільнення біоактивних мікронутрієнтів^{14,15}.

Так, в роботах^{16,17} науково обґрунтовано технологічні параметри капсулювання оліє-жирової сировини – олії соняшникової, оливкової, соєвої; технології капсулювання тугоплавких жирів та їх сумішей для кулінарних та кондитерських виробів; технологію капсулювання олій рослинних, збагачених жиророзчинними вітамінами, риб'ячим жиром; технологію дрсингів, салатних заправок, готових до вживання, з різними смаковими характеристиками.

Відомо спосіб капсулювання водно-жировий емульсій з використанням альгінату натрію. Розроблені технологічні принципи дозволили науково обґрунтувати та розробити технології аналогу ікри чорної, створити капсульовані продукти з новими споживними

¹¹ Jyothi N. V. N. et al. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency // *Journal of microencapsulation*. 2010. Vol. 27. № 3. P. 187–197.

¹² Nedovic V. et al. An overview of encapsulation technologies for food applications // *Procedia Food Science*. 2011. Vol. 1. P. 1806–1815.

¹³ Архипов А. Н. Применение структурообразователей в производстве молочных продуктов // *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 4.

¹⁴ Grynchenko N., Tishchenko O., Grynchenko O., Pyvovarov P. Devising the Technological Principles for Making a Granulated Filler Obtained Through Iontropic Gelation // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 2(11 (104)). P. 13-23.

¹⁵ Chen M. J., Chen K. N. Applications of probiotic encapsulation in dairy products // *Encapsulation and controlled release technologies in food systems*. 2007. P. 83-112.

¹⁶ Neklesa O., Korotayeva E., Nagorniy O. Foundation of technology for obtaining encapsulated oils and prescription development of shells on their basis // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. №. 6 (11). С. 9–15.

¹⁷ Wang W., Waterhouse G. I. N., Sun-Waterhouse D. Co-extrusion encapsulation of canola oil with alginate: effect of quercetin addition to oil core and pectin addition to alginate shell on oil stability // *Food research international*. 2013. Vol. 54. № 1. С. 837–851.

властивостями, розширити асортимент кулінарної продукції закладів ресторанного господарства¹⁸.

Особливої актуальності набувають технології капсульованих соусів, зокрема майонезі, гірчиці, томатних соусів.¹⁹ Дані підходи дозволяють одержувати традиційні соуси у вигляді інноваційних товарних форм – капсул з термостабільною оболонкою. Це дозволяє використовувати їх у технологічних процесах закладів ресторанного господарства (як соуси для декору, фарширування тощо), так і у виробничих циклах підприємств м'ясної (виробництво ковбасних виробів), молочної (технологія твердих та плавлених сирів), хлібоперкарної та кондитерської промисловості.

Перспективним є напрям з розробки та запровадження технології капсульованої продукції з пробіотичними властивостями^{20,21}. Такий підхід визначає можливість формування капсул, використання яких у складі харчової продукції дозволить збагатити її на корисну мікрофлору та надати продуктам рангу спеціального та дієтичного призначення.

Відомі дослідження, в рамках яких здійснено мікрокапсулювання *Bifidobacterium longum* з використанням методів екструзії у різних матрицях. Як матрицю запропоновано використання молочної сировини (молоко коров'яче та козяче) та структуроутворювача альгінату натрію. Такий вибір матриці обумовлено тим, що молочна сировина є природним середовищем, в якому біфідобактерії здатні максимально довго зберігати фізіологічну активність. Застосування

¹⁸ Авдєєва О. Ю., Гринченко О. О., Пивоваров Є. П. Характеристика харчової та біологічної цінності капсульної чорної ікри // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. 2007. № 58. С. 280–286.

¹⁹ Нагорний О.Ю. Технологія соусів томатних капсульованих: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.18.16. ХДУХТ. Х., 2014. 22 с.

²⁰ Какимова Ж. Х. и др. Капсулирование пробиотиков в гидрофильные полимеры // Биотехнология и общество в XXI веке. 2015. С. 176–179.

²¹ Кондратюк Н. В., Неклеса О. П., Пивоваров Є. П. Наукові аспекти технології солодких страв з капсульованими пробіотичними мікроорганізмами. Монографія. Х.: ХДУХТ, 2015. 139 с.

альгінату натрію у комбінації з хлористим кальцієм забезпечує одержання щільних мікрокапсул (гранул)^{22,23,24}.

Новим напрямом є капсулювання окремих складових молочної сировини, зокрема молочних білків, молочного жиру, лактози. Такий спосіб дозволяє сконцентрувати визначені речовини у формі інкапсулянту, збагатити харчові продукти та підвищити їх харчову та біологічну цінність^{25,26,27}.

Виходячи з цього, слід зазначити, що молочна сировина є перспективною сировиною для одержання структурованих сфероподібних продуктів. Однак, з наведених досліджень видно, що в даних випадках молоко використовують як «пасивний» рецептурний компонент (матриця для біфідобактерій) з додатковим застосуванням харчових добавок для реалізації процесу капсулювання чи є сировиною для виділення окремих його складових з подальшим їх використанням як інкапсулянтів.

Використання принципів капсулювання є ефективним у поєднанні з попереднім концентруванням молока за певних обґрунтованих коефіцієнтів згущення. Це дозволяє сконцентрувати систему та на наступному етапі розбавити її сироваткою за обґрунтованих співвідношень з утворенням суміш «молоко – сироватка». Такий підхід певною мірою дозволяє забезпечити необхідний рівень потенціалу іонного лактокальцію у суміші, здатного забезпечити капсулоутворення при взаємодії з альгінатом натрію. Можливість попереднього концентрування молока до коефіцієнтів згущення $\Phi=1,5\dots 4,0$ в поєднанні зі збагаченням його потенціалам іонного лактокальцію за рахунок використання

²² Петухова Е. В., Крыницкая А. Ю. Перспективность использования микрокапсулированных пробиотических культур в пищевой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 22. С. 257–260.

²³ Sathyabama S. et al. Co-encapsulation of probiotics with prebiotics on alginate matrix and its effect on viability in simulated gastric environment // LWT-Food Science and Technology. 2014. Vol. 57. № 1. P. 419–425.

²⁴ Haffner F. B., Diab R., Pasc A. Encapsulation of probiotics: insights into academic and industrial approaches // AIMS Materials Science. 2016. Vol. 3. № 1. P. 114–136.

²⁵ Minelli E. B. et al. Assessment of novel probiotic *Lactobacillus casei* strains for the production of functional dairy foods // International Dairy Journal. 2004. Vol. 14. № 8. P. 723–736.

²⁶ Hardas N. et al. Accelerated stability studies of microencapsulated anhydrous milk fat // LWT-Food Science and Technology. 2000. Vol. 33. № 7. P. 506–513.

²⁷ N. Grynchenko Development a Theoretical Model for Intensification of Technological Processes for Manufacturing Dairy Products // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 1/11 (91). P. 22–32.

сироватки відкриває можливість одержання принципово нових напівфабрикатів на основі молочної сировини, в т.ч. сиру кисломолочного та сирів м'яких капсульованих, напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих.

Необхідність операції попереднього концентрування молочної сировини ґрунтується на необхідності наступного контрольованого розведення концентрату сироваткою, що дозволяє:

– забезпечити необхідний за величиною рівень потенціалу

$$P_{Ca_{Lact}^{2+}} = \mu_{Ca_{Lact}^{2+}} \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}} ;$$

– регулювати величину концентраційної гелі-точки як чинник гелеутворення при термокислотній коагуляції казеїну у складі суміші «молоко – сироватка»;

– регулювати харчову та біологічну цінність структурованих сфероподібних напівфабрикатів.

З точки зору реалізації технологічного процесу капсулоутворення використання у технологічному потоці молока незбираного або знежиреного не є принциповим, оскільки у системі «Alg⁻ – Ca_{Lact}²⁺» вплив жирової фази на здатність AlgNa до капсулоутворення не є суттєвим. Під час технологічних відпрацювань доведено доцільність використання в технології структурованих сфероподібних молочних напівфабрикатів молока незбираного, в технології кисломолочних напівфабрикатів – молока знежиреного. У таблиці 1 наведено загальний хімічний склад молока, а також їх концентратів за коефіцієнтів згущення 1,5...4,0.

Таблиця 1

Загальний хімічний склад молочної сировини

Найменування молочної сировини	Масова частка						
	сухих речовин, %	жиру, %	азотвмісних речовин (на протеїн) з НБА, %	НБА, %	лактози, %	золи, %	Ca _{Lact} ²⁺ , мг%
Молоко незбиране	12,7±0,1	3,4±0,5	3,3±0,1	0,16±0,01	4,7±0,1	0,71±0,02	10,1±0,1
Молоко концентроване (Ф=3,6)	45,7±0,3	12,2±0,4	11,2±0,2	0,62±0,01	16,9±0,3	2,56±0,06	36,0±0,1
Молоко знежирене	8,9±0,2	0,50±0,01	3,21±0,1	0,13±0,05	4,7±0,1	0,45±0,01	10,5±0,1
Молоко концентроване знежирене (К=4,0)	35,6±0,2	1,9±0,01	12,82±0,2	0,55±0,05	18,8±0,4	1,85±0,02	38,2±0,1

З аналізу даних табл. 1 видно, що концентрування молока знежиреного шляхом випарювання призводить до підвищення масової

частки основних речовин (жир, азотисті речовини, лактоза, зола), а також спостерігається виникнення нових ароматичних сполук, у т.ч. і за рахунок дезамінування протейнів. Вміст НБА для молока незбираного зріс в 3,9 рази за $\Phi=3,6$, для молока знежиреного – у 4,2 рази за $\Phi=4,0$. Як наслідок впливу високих температур на функціонально-технологічні властивості білків молока, що знижують здатність до утворення білкового згустку під час ферментативного сквашування, додатково виникає легке (карамельне) забарвлення, запах і смак, характерні для топленого молока.

З точки зору реалізації процесу капсулоутворення важливим є уміст іонного лактокальцію в компонентах рецептурної суміші. У молоці незбираному уміст Ca_{Lact}^{2+} складає 3,7 – 10,5 мг%, що є типовим для зразків, що досліджувалися. За коефіцієнта згущення $\Phi=3,6$ для концентрату із молока незбираного вміст Ca_{Lact}^{2+} зростає до 36,0 мг%. Слід підкреслити, що сепарування вершків при одержанні молока знежиреного несуттєво впливає на склад електролітів у молоці, тому вміст Ca_{Lact}^{2+} практично не змінюється, але в перерахунок на сухі речовини зростає, оскільки видалена частина сухих речовин (вершки) характеризується зниженим вмістом мінеральних речовин.

Цю тезу підтверджено результатом дослідження модельних систем (на основі молока концентрованого знежиреного за $\Phi=2\dots4$), що містить 20,0 – 30,0 мг% лактокальцію. На рис. 3 наведено приріст маси оболонки при інкапсулюванні уже сумішей з поступовим зменшенням фактору згущення молока до 1,0.

Аналіз даних рис. 3 свідчить, що зі зростанням коефіцієнту згущення приріст маси оболонки як функція від концентрації іонного лактокальцію, зменшується, що свідчить про зниження величини коефіцієнту дифузії. В даному випадку це обумовлено «погіршенням» якості розчинника, оскільки на фоні підвищення концентрації сухих речовин зростає частка зв'язаної вологи, не здатної виконувати роль дисперсійного середовища для дифузії іонного лактокальцію. Наведені дані підтверджують важливість густини інкапсулянта для забезпечення процесу капсулювання і свідчать, що зі зростанням фактору згущення молока одночасному корегуванню підлягає концентрація лактокальцію (крива 4 проти кривих 1, 2, 3). Ці дані враховано при розробці принципово нових технологій, у т.ч. технологій сирів м'яких капсульованих, де використання концентратів молока обумовлено відсутністю видимого синерезису за рахунок підвищеного вмісту сухих речовин, а процес купажування та капсулювання використано як попередні обов'язкові і технологічні операції.

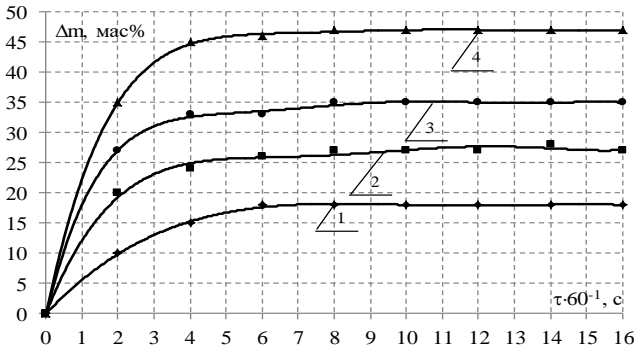


Рис. 3. Приріст маси капсул, одержаних з молочної сировини за концентрації Ca_{Lact}^{2+} 20...30 мг% (1, 2, 3) та 30...45 мг% (4); фактор згущення молочної сировини: 1, 2, 3, 4 – 4, 3, 2, 1 відповідно

Встановлено, що середнє значення за вмістом іонного лактокальцію для молока складає $38,2 \pm 0,3$ мг%, що забезпечується його концентруванням у 4,0 рази. Якщо екстраполювати ці концентрації іонного лактокальцію на сухі речовини молока, то згідно даних рис. 3 цієї концентрації лактокальцію є достатньо для капсулоутворення, а кінетика процесу забезпечує формоутворення зі значенням $k_{\Phi} = 1$. Але при зростанні концентрації сухих речовин в концентратах в 3,6...4,0 рази зменшується кількість вільної вологи і функція розчинника та дисперсійного середовища змінюються, оскільки вільна волога дисперсійного середовища трансформується в зв'язану. Тому при прогнозуванні кінетики капсулоутворення необхідно враховувати зростання молекулярної та іонної концентрації інших речовин, що блокують в значній мірі дифузію іонів Ca_{Lact}^{2+} в зону контакту з оболонкоутворювачем. Така об'єктивна технологічна ситуація, яка виникає внаслідок зростання концентрації інших речовин в молоці з $\Phi = 4,0$, може бути відкореговано шляхом введення концентрату розчинника – сироватки. Вміст сухих речовин в сироватці складає близько 6,0%, а іонного лактокальцію – $80,0 \pm 1,0$ мг%.

Введення в молоко з $\Phi = 4,0$ 20,0 мас. % сироватки призводить до зростання Ca_{Lact}^{2+} до критичної концентрації у суміші і забезпечує високу кінетику капсулоутворення. Оскільки при одержанні сиру кислomолочного відбувається ущільнення білкового згустку та синергезис сиру, Ca_{Lact}^{2+} концентруються саме у сироватці, що стримує

її пряме використання у традиційних технологічних процесах. Але з точки зору капсулоутворення таке накопичення є бажаним. Важливо підкреслити, що вади смаку сироватки, які пов'язано з присутністю Ca_{Lact}^{2+} (гіркий присмак), при капсулюванні зникають, оскільки значна частка Ca_{Lact}^{2+} утворює нерозчинну сіль альгінату кальцію без гіркої присмаку.

Підтвердженням обґрунтованих концентрацій рецептурних компонентів у складі напівфабрикатів є фотографії мікроструктури їх внутрішнього умісту (рис. 4).

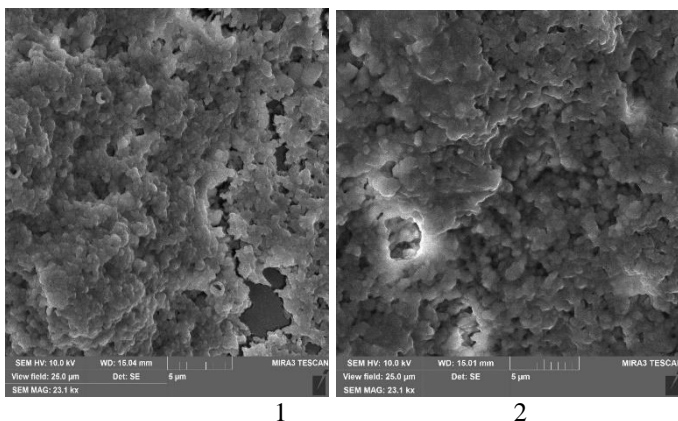


Рис. 4. Мікроструктура внутрішнього вмісту напівфабрикатів кисломолочних капсульованих: 1 – сквашених; 2 – сквашених пастеризованих

Таким чином, кероване корегування станів молока та сироватки створює необхідні передумови для розробки технології принципово нових структурованих сфероподібних напівфабрикатів, у тому числі й капсульованих.

На рис. 5 наведено модель технологічного процесу одержання напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих як необхідної умови одержання принципово нової продукції у формі капсул.

Під час моделювання технологічного процесу передбачено введення іншої сировини, що не є інгібітором процесу капсулоутворення, в т.ч. використання ферментних препаратів для сквашування інкапсульованої молочної сировини з одержанням заданої кисломолочної продукції.

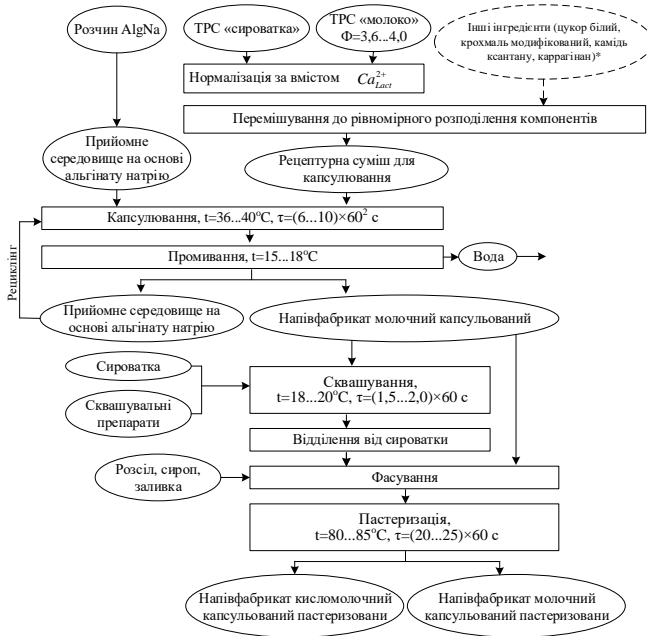


Рис. 5. Модель технологічного процесу одержання напівфабрикатів кисломолочних капсульованих

* пунктиром визначено рецептурні компоненти, що використовуються в технологічному процесі виробництва напівфабрикатів молочних капсульованих, та не використовуються під час виробництва напівфабрикатів кисломолочних капсульованих

Узагальнення одержаних експериментальних результатів дозволило розробити технологічний процес виробництва нової продукції. На першому етапі здійснюють складання рецептурної суміші. До її складу входять молочна сировина (молоко питне, молоко згущене, молоко сухе тощо), сироватка молочна (роль якої полягає в збагачення суміші Ca_{Lact}^{2+}) та смако-ароматичні композиції (за необхідністю). На наступному етапі здійснюють капсулювання рецептурної суміші з одержанням напівфабрикатів капсульованих продукції різних розмірних характеристик (1,0–15 мм). Слід зазначити, що асортиментний ряд продукції може формуватися як за рахунок розміру капсул, так і додаткових рецептурних компонентів та смако-ароматичних композицій. Це дозволяє одержати широкую

гамму продукції – овочеві, пряні, фруктові, плодово-ягідні, шоколадні, кавові, карамельні та інші.

Надалі технологічний процес може здійснюватися за двома напрямками. В першому випадку напівфабрикати піддають ферментації, яку здійснюють шляхом використання бактеріальних заквасок та препаратів, які складаються зі штамів молочнокислих та ароматоутворюючих стрептококів. Передбачено, що внесення препаратів для сквашування може здійснюватися як на стадії капсулювання через середовище інкапсулянту, так і через поверхню капсул, які попередньо розміщені у рідкому середовищі для ферментації, наприклад, сироватці. В результаті у середині капсули відбувається формування сирного зерна, а на момент закінчення процесу ферментації внутрішній уміст капсули являє собою м'який сир.

Мікрофлора, що застосовується під час виробництва та дозрівання, визначає вид та характерні особливості м'яких сирів, обумовлює протікання мікробіологічних, біохімічних (ферментативних) процесів у молоці та сирній масі, а також впливає на формування смаку та запаху м'яких сирів, їх фізико-хімічного складу та текстурних властивостей.

У другому випадку одержані напівфабрикати капсульовані піддають пастеризації. При цьому оболонка капсул є термостабільною та не руйнується під дією температурного впливу. Внутрішній уміст капсул є однорідним, ніжним, пластичним, в міру щільним та соковитим. На останньому етапі одержану капсульовану продукцію заливають розсолем або сиропом залежно від асортименту.

3 Дослідження основних показників якості та безпечності напівфабрикатів капсульованих, розробка рекомендацій з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції

Експертною оцінкою органолептичних показників встановлено, що напівфабрикати капсульовані являють собою капсули кулеподібної форми, однорідні за розмірами, які рівномірно розподілено в заливці (залежно від асортименту – розсіл, цукровий сироп, соус). Напівфабрикатам капсульованим молочним та кисломолочним притаманна однорідна, пластична, злегка ламка або крихка, в міру щільна, без відділення сироватки. Оболонка капсул пружна, прозора, без пошкоджень, для капсул характерний ефект лопання. Колір нової продукції експерти оцінюють як однорідний, натуральний, що притаманний молочній продукції – від білого до світло кремового,

визначають відсутність сірих, металевих відтінків, строкатості. Запах та смак оцінено як чистий, без сторонніх, натуральний, виразний, збалансований; відзначено наявність індивідуальних смаків: для напівфабрикату молочного капсульованого – вершковий; кисломолочного капсульованого – вершковий, сирний, допускається злегка кислуватий, пікантний. Загальна оцінка напівфабрикатів молочного капсульованого та кисломолочного капсульованого за органолептичними показниками складає 4,95 та 4,97 балів відповідно.

Результати органолептичних показників напівфабрикатів капсульованих представлено графічно у вигляді профілів зовнішнього вигляду та консистенції, кольору, запаху та смаку (рис. 6, 7); поряд з фактичною оцінкою органолептичних показників напівфабрикатів на профілографах представлено їх характеристику у описовому вигляді (табл. 2).

Досліджено хімічний склад та фізико-хімічні показники напівфабрикатів капсульованих (табл. 3).

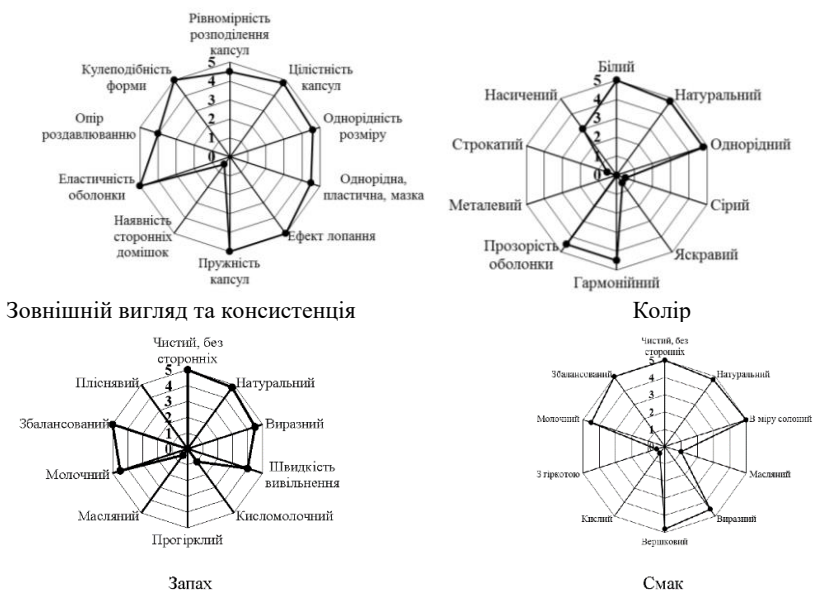


Рис. 6. Профілограми органолептичної оцінки напівфабрикатів молочних капсульованих



Зовнішній вигляд та консистенція



Колір



Запах



Смак

Рис. 7 Профілограми органолептичної оцінки напівфабрикатів кисломолочних капсульованих

Таблиця 2

Органолептичні показники напівфабрикатів капсульованих

Найменування показника	Характеристика напівфабрикатів капсульованих	
	молочні	кисломолочні
1	2	3
Зовнішній вигляд	Капсули кулеподібної форми та однорідні за величиною, рівномірно розподілені в об'ємі заливки (розсолі, сиропу, соусу). Поверхня капсул – чиста, без механічних ушкоджень та сторонніх включень, пружна. Допускається незначна кількість пошкоджених капсул	Капсули кулеподібної форми та однорідні за величиною, рівномірно розподілені в об'ємі заливки (розсолі, сиропу, соусу). Поверхня капсул – чиста, без механічних ушкоджень та сторонніх включень, пружна. Допускається незначна кількість пошкоджених капсул

Продовження таблиці 2

1	2	3
Консистенція	Заливка – рідка, однорідна за всім об'ємом Капсул – пружні, капсули відділяються одна від одної (розбористі). Консистенція при розжовуванні – однорідна, ніжна, пластична, злегка ламка або крихка, в міру щільна, без відділеної сироватки	Заливка – рідка, однорідна за всім об'ємом Капсул – пружні, капсули відділяються одна від одної (розбористі). Консистенція при розжовуванні – однорідна, ніжна, пружна, шарувата, без відділеної сироватки
Колір	Від білого до світло-кремового, однорідний за всім об'ємом; оболонка – прозора	Від білого до світло-кремового, однорідний за всім об'ємом
Смак та запах	Присмний, вершковий, без сторонніх присмаків та запахів	Кисломолочний, вражений сирний, без сторонніх присмаків та запахів, властивий конкретному сиру. Смак в міру солоний, допускається злегка кислуватий, гострий, пікантний

Таблиця 3

**Хімічний склад та фізико-хімічні показники
напівфабрикатів капсульованих**

Найменування показника	Значення показника для напівфабрикатів протягом зберігання, діб			
	молочні		кисломолочні	
	свіжо-виготовлений	108	свіжо-виготовлений	108
Мачастка сухих речовин, %*	23,92±0,50	24,34±0,5	23,11±0,5	23,63±0,5
Масова частка білка, %*	7,1±0,1	7,2±0,1	7,1±0,1	7,2±0,1
Масова частка жиру, %	2,5±0,1	2,6±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1
Масова частка загальних вуглеводів (%)*, в тому числі:	13,2±0,5	13,4±0,5	12,4±0,5	12,7±0,5
крохмало	3,9±0,1	4,1±0,1	3,9±0,1	4,1±0,1
лактози	9,2±0,1	9,3±0,1	8,5±0,1	8,6±0,1
Масова частка мінеральних речовин, %*	1,12±0,05	1,14±0,05	1,11±0,05	1,13±0,05
Активна кислотність, од.	6,3±0,1	6,2±0,1	4,7±0,1	4,5±0,1
Масова частка капсул в продукті, %	52,0±1,0	50,9±1,0	52,0±1,0	51,0±1,0
* Вміст сухих та основних поживних речовин наведено для капсул, які відокремлено від розсолу/сиропу (на натуральний продукт)				

Встановлено (табл. 3), що напівфабрикати капсульовані різняться між собою за хімічним складом. Так, у складі напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих за масової частки сухих речовин відповідно $23,92 \pm 0,50\%$ та $23,11 \pm 0,50\%$ міститься: білків до $7,0 \pm 0,1\%$; жирів – $2,5\%$; загальних вуглеводів – від $12,4 \pm 0,1\%$ до $13,2 \pm 0,1\%$; мінеральних речовин – $(1,11 \dots 1,12) \pm 0,05\%$.

Слід відзначити достатньо високий вміст білка ($7,1 \dots 7,2\%$) у складі напівфабрикатів молочного та кисломолочного капсульованих, що дозволяє позиціонувати їх як протеїнові продукти. Відповідно сучасних світових трендів споживання харчової продукції напівфабрикати капсульовані будуть затребувані у харчуванні широкого кола населення, зокрема, за напрямами спортифікація (для чоловіків), фітнефікація (для жінок).

Визначено амінокислотний склад (табл. 4) білків та їх біологічну цінність, жирнокислотний склад ліпідів та мінеральний склад напівфабрикатів капсульованих. Дослідження амінокислотного складу напівфабрикатів молочного та кисломолочного капсульованих (табл. 4) дозволило виявити амінокислоти в загальній кількості $7059,34 \pm 10,0$ мг/100г, з яких $41,88\%$ припадає на незамінні ($2956,47 \pm 10,0$ мг/100 г) та $58,12\%$ – на замінні ($4102,87 \pm 10,0$ мг/100 г).

Таблиця 4

Амінокислотний склад білків напівфабрикатів капсульованих

Найменування амінокислоти (АК)	Вміст амінокислот в напівфабрикатах капсульованих (на азотутримуючі речовини продукту)	
	Вміст АК, мг/100	Вміст АК, %
Незамінні, у т.ч.:	$2956,47 \pm 10,0$	41,88
Валін	$396,38 \pm 4,0$	5,61
Ізолейцин	$395,07 \pm 4,0$	5,60
Лейцин	$671,99 \pm 5,0$	9,52
Лізин	$542,49 \pm 5,0$	7,68
Метіонін	$178,04 \pm 3,0$	2,52
Треонін	$318,60 \pm 4,0$	4,51
Триптофан	$103,13 \pm 3,0$	1,46
Фенілаланін	$350,76 \pm 4,0$	4,97
Замінні, у т.ч.:	$4102,87 \pm 10,0$	58,12
Аланін	$202,80 \pm 3,0$	2,87
Аргінін	$249,82 \pm 3,0$	3,54
Аспарагінова кислота	$453,40 \pm 5,0$	6,42
Гістидин	$185,26 \pm 2,0$	2,62
Гліцин	$99,84 \pm 5,0$	1,41
Глутамінова кислота	$1472,48 \pm 5,0$	20,86
Пролін	$621,94 \pm 5,0$	8,81
Серин	$384,69 \pm 4,0$	5,45
Тирозин	$373,72 \pm 4,0$	5,29
Цистин	$58,91 \pm 1,0$	0,83
Загальна кількість АК	$7059,34 \pm 10,0$	100,0

Превалюючими незамінними амінокислот є лейцин (9,52 %) та лізин (7,68 %); замінними – аспарагінова кислота (6,42 %), глутамінова кислота (20,86 %) та пролін (8,81 %).

Біологічну цінність білків оцінювали шляхом розрахунку амінокислотного скору та порівняння його з амінокислотним скором ідеального білка (табл. 5).

Встановлено, що вміст амінокислот у складі напівфабрикаті капсульованих суттєво перевищує рівень ФАО/ВООЗ за такими амінокислотами, як лейцин, ізолейцин, лізин, фенілаланін та тирозин.

Кількість валіну, треоніну та триптофану в напівфабрикатах капсульованих наближається до рівня їх вмісту в ідеальному білку.

Таблиця 5

Біологічна цінність напівфабрикатів капсульованих

Найменування АК	Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг/1 г білка	Фактичний вміст, мг/на 1г білка	Амінокислотний скор
Лейцин	70	94,65	135,21
Ізолейцин	40	55,64	139,10
Лізин	55	76,41	138,93
Валін	50	55,83	111,66
Триптофан	10	14,53	145,30
Треонін	40	44,87	112,10
Фенілаланін + тирозин	60	102,04	170,07
Метіонін + цисті	35	33,37	95,34

Розрахунок «триптофанового індексу» показав, що напівфабрикати капсульовані перевантажено за треоніном, лізином, лейцином та ізолейцином, співвідношення амінокислот за «треоніновим індексом» вказує на те, що продукцію перевантажено лейцином, але недостатньо збалансовано за валіном, ізолейцином та метіоніном (табл. 6).

Встановлено, що ступінь перетравлення білків пепсином для напівфабрикаів молочних та кисломолочних капсульованих становить $(26,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$ г та $(23,4 \pm 0,3) \cdot 10^3$ г тирозину відповідно; трипсином – $(59,0 \pm 0,5) \cdot 10^3$ г та $(52,7 \pm 0,5) \cdot 10^3$ г тирозину відповідно. Одержані дані свідчать про високий рівень доступності напівфабрикатів капсульованих дії протеолітичних ферментів.

Визначено жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів капсульованих (табл. 7).

Таблиця 6

**Збалансованість незамінних амінокислот у складі
напівфабрикатів капсульованих**

Найменування АК	Збалансованість за «триптофановим» індексом		Збалансованість за «треоніновим» індексом	
	Стандартна шкала ФАО/ВООЗ	молочні та кисломолочні	Стандартна шкала ФАО/ВООЗ	молочні та кисломолочні
Треонін	2...3	3,1	1,00	1,00
Лізин	3...5	5,3	1,10	1,70
Валін	4,0	3,8	1,50	1,24
Лейцин	4...6	6,5	1,70	2,12
Ізолейцин	3...4	3,8	1,40	1,24
Фенілаланін	2...4	3,4	1,10	1,10
Метіонін	1...4	1,7	0,70	0,56
Триптофан	1,0	1,0	0,25	0,32

Таблиця 7

Жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів капсульованих

Найменування жирних кислот (ЖК)	Індекс кислоти	Вміст ЖК у складі напівфабрикатів, % від загальної кількості	
		Кількість ЖК г/100г продукту	Вміст ЖК, %
Насичені ЖК, у т.ч.		1,4±0,05	64,22
Масляна	C _{4:0}	0,08±0,002	3,67
Капронова	C _{6:0}	0,06±0,002	2,75
Каприлова	C _{8:0}	0,02±0,001	0,92
Капринова	C _{10:0}	0,06±0,002	2,75
Лаврінова	C _{12:0}	0,06±0,002	2,75
Міристинова	C _{14:0}	0,35±0,01	16,05
Пантодеканова	C _{15:0}	0,03±0,001	1,38
Пальмітинова	C _{16:0}	0,46±0,02	21,1
Маргарінова	C _{17:0}	0,01±0,001	0,46
Стеаринова	C _{18:0}	0,25±0,01	11,47
Арахідова	C _{20:0}	0,02±0,001	0,92
Бегенова	C _{22:0}	-	-
Мононенасичені ЖК, у т.ч.		0,67±0,03	30,73
Міристолеїнова	C _{15:1}	0,03±0,001	1,38
Пальмітолеїнова	C _{16:1}	0,07±0,002	3,21
Олеїнова	C _{18:1 (n-9)}	0,56±0,02	25,69
Гадолеїнова	C _{20:1}	0,01±0,001	0,45
Поліненасичені ЖК, у т.ч.		0,11±0,005	5,04
Лінолева	C _{18:2 (n-6)}	0,05±0,002	2,29
Ліноленова	C _{18:3 (n-3)}	0,02±0,001	0,92
Арахідонова	C _{20:4 (n-6)}	0,04±0,002	1,83
Загальна кількість жирних кислот		2,18±0,1	100

Підтверджено, що жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів капсульованих визначається сировиною, що використовується у складі продукції. Рецептурний склад напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих передбачає використання молока згущеного, вершків, наслідком чого є суттєве підвищення масової частки насичених жирних кислот (до 64,22%), зменшення моно- та поліненасичених (до 30,73% та 5,04% відповідно) жирних кислот. Під час дослідження не виявлено транс-ізомерів жирних кислот, що можуть негативно впливати на функціонування різних систем організму.

Визначено елементний склад мінерального залишку напівфабрикатів капсульованих (табл. 8). Виявлено, що склад та технологія виробництва напівфабрикатів з огляду на джерело лактокальцію суттєво впливають на вміст макро- та мікроелементів.

Таблиця 8

**Елементний склад мінерального залишку
напівфабрикатів капсульованих**

Найменування елементів мінерального залишку	Вміст елементів мінерального залишку у складі напівфабрикатів
Макроелемент, мг%, у т.ч.	1193,35±10,0
Калій	317,76±5,0
Кальцій	259,24±5,0
Магній	27,20±1,5
Натрій	106,96±5,0
Нітрати	0,08±0,004
Сірка	55,68±2,0
Фосфор	196,96±5,0
Хлор	229,48±5,0
Мікроелементи, мкг%, у т.ч.	1275,99±10,0
Залізо	166,04±5,0
Йод	33,06±1,5
Кобальт	1,72±0,05
Марганець	11,52±0,5
Мідь	24,84±1,0
Молібден	10,01±0,5
Олово	7,68±0,2
Селен	3,84±0,1
Фтор	56,80±2,0
Хром	3,84±0,1
Цинк	956,64±10

Основними за вмістом макроелементами у напівфабрикатах молочних й кисломолочних є калій (317,76±5,0 %), кальцій (259,24±5,0%), натрій (106,96±5,0 %), фосфор (196,96±5,0 %) та хлор

(229,48±5,0 %). Мікроелементи представлено залізом, міддю, цинком, марганцем та іншими.

Безпечність розроблених напівфабрикатів оцінювали шляхом визначення мікробіологічних показників (табл. 9), вмісту токсичних елементів та радіонуклідів.

Розроблені напівфабрикати відповідають основним вимогам до харчових продуктів; бактерії групи кишкової палички в 0,01 г, плісняві гриби в 1г, патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes* в 25 у напівфабрикатах капсульованих не виявлено, загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій у напівфабрикатах кисломолочних капсульованих становить $3 \cdot 10^8$. Вміст токсичних елементів у напівфабрикатах капсульованих не перевищує допустимих рівнів; вміст радіонуклідів не перевищує допустимі рівні й складає 80 Бк/кг та 10 Бк/кг для цезію та стронцію відповідно.

Експертна оцінка безпечності напівфабрикатів капсульованих щодо вмісту у їх складі харчових добавок дозволяє зробити висновок про відповідність розробленої продукції вимогам чинного законодавства України (табл. 10). Встановлено, що максимальний рівень крохмалю кукурудзяного модифікованого та каміди ксантану не нормується, їх дозволено до використання за технологічної необхідності; вміст карагінану та альгінату натрію/ кальцію є суттєво нижчим за максимальний рівень й складає 7000 мг/кг та 3000 мг/ кг відповідно.

Одержані результати дослідження хімічного складу, показників якості та безпечності напівфабрикатів капсульованих підтверджують відповідність даної продукції вимогам державної системи контролю харчових продуктів.

Для обґрунтування умов та строків зберігання напівфабрикатів визначено закономірності зміни їх показників якості та безпечності відповідно умов, які зазначено в табл. 9. Експертами визначено, що органолептичні показники нової продукції протягом 108 діб зберігання за агравованих температур залишаються сталими: капсули мають кулеподібну форму, рівномірно розподілені в заливці, внутрішній уміст капсул має первинну консистенцію, яка характеризується як однорідна, пластична, злегка ламка крихка, в міру щільна, без відділення сироватки (для напівфабрикатів молочного та кисломолочного капсульованих). Оболонка капсул не зазнає змін – пружна, прозора, капсула за механічного впливу лопається. Колір нової продукції експерти оцінюють як однорідний, натуральний; запах та смак оцінено як чистий, без сторонніх, натуральний, виразний, збалансований. Експертами відзначено відсутність масляного, пліснявого, прогорклого запаху та смаку. Загальна оцінка напівфабрикатів на основі сироватки, молочного капсульованого та кисломолочного капсульованого за органолептичними показниками через 108 діб зберігання складає 4,65; 4,85 та 4,89 балів відповідно.

Таблиця 9

Мікробіологічні показники напівфабрикатів капсульованих ($\approx 8...10^{\circ}\text{C}$)

Найменування показників	Допустимі рівні	Значення показника для напівфабрикатів (молочний / кисломолочний) протягом зберігання, днів						
		Свіжий отовлений	18	36	54	72	90	108
Загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту, не менше	1×10^7	$-/3 \cdot 10^8$	$-/2 \cdot 10^8$	$-/2 \cdot 10^8$	$-/1 \cdot 10^8$	$-/5 \cdot 10^7$	$-/3 \cdot 10^7$	$-/1 \cdot 10^7$
БГКП (колі форми), в 0,1г	не допускаються	не виявлено						
Патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , 25 г	не допускаються	не виявлено						
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 г	не допускаються	не виявлено						
Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше	50	не виявлено						
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г	не допускаються	не виявлено						

**Вміст харчових добавок
у складі напівфабрикатів капсульованих**

Найменування харчової добавки	Е індекс	Максимальний рівень, мг/кг (згідно ДСТУ – Н CODEX STAN 192)	Вміст у напівфабрикатах, мг/кг (молочні/кисломолочні)
Крохмаль кукурудзяний модифікований	1422	в необхідній кількості	39000 / –
Камідь ксантану	415	в необхідній кількості	1000 / –
Альгінат натрію	401	в необхідній кількості 10000	3000 / 3000
Альгінат кальцію	404		

Аналіз даних, наведених у табл. 3, дозволяє стверджувати, що масові частки сухих речовин, білка, жиру та мінеральних речовин напівфабрикатів капсульованих під час зберігання протягом 108 діб збільшуються на 1,8...2,3 % порівняно зі зразками свіжо виготовленими. Це, вірогідно, є наслідком часткової дегідратації оболонки капсул та внутрішнього умісту за впливу солі кухонної. Бактерії групи кишкової палички в 0,01 г, плісняві гриби в 1 г, патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes* в 25 у напівфабрикатах не виявлено (табл. 9).

Досліджено закономірності зміни вологовиділяючої здатності (рис. 8) та зусилля руйнування капсул (рис. 9), що входять до складу напівфабрикатів капсульованих, протягом зберігання. Зрозуміло, що зміна вищезначених показників є результатом перебігу багатьох процесів: фізичних, фізико-хімічних, хімічних, колоїдних, визначити роль кожного з них достатньо складно внаслідок багатокомпонентності рецептурного складу. Технологічний процес виробництва напівфабрикатів, який передбачає реалізацію проміжних технологічних операцій (відділення водної фази з капсул, пастеризація та інші) в цілому забезпечує сталість властивостей напівфабрикатів.

Разом з тим встановлено, що ВВЗ капсул протягом перших чотирьох діб зберігання дещо збільшується (до $3,0 \pm 0,1$ %), наслідком чого є збільшення масової частки основних харчових речовин (табл. 3) за зниження зусилля руйнування капсул (рис. 9).

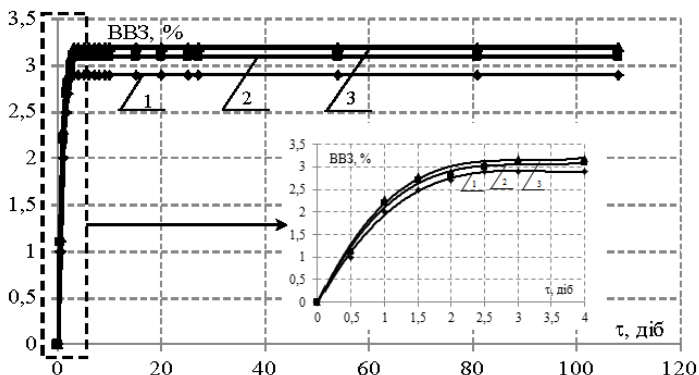


Рис. 8. Вологовиділяюча здатність капсул, що входять до складу напівфабрикатів капсульованих, залежно від тривалості зберігання, діб: 1 – на основі сироватки; 2 – молочних капсульованих; 3 – кисломолочних капсульованих

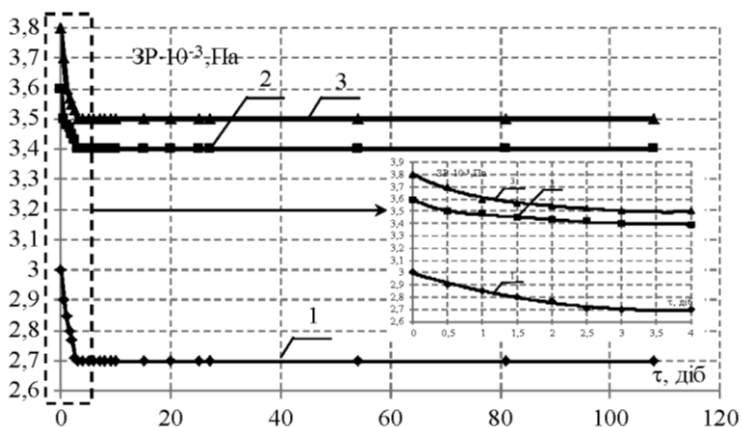


Рис. 9. Зусилля руйнування капсул, що входять до складу напівфабрикатів капсульованих, залежно від тривалості зберігання, діб: 1 – на основі сироватки; 2 – молочних капсульованих; 3 – кисломолочних капсульованих

Разом з тим у всіх випадках масова частка капсул у складі напівфабрикатів не була меншою за $52,9 \pm 1,0\%$ й складала $50,9 \pm 1,0\%$, та $51,0 \pm 1,0\%$ відповідно. Органолептичні та фізико-хімічні показники заливок у складі напівфабрикатів капсульованих протягом зберігання є сталими. Таким чином, на підставі дослідження

органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників обґрунтовано умови та строк зберігання напівфабрикатів капсульованих – 90 діб за температури 0...6°C та відносної вологості повітря не більше 75 %.

Розробка рекомендацій з використання напівфабрикатів капсульованих у складі кулінарної та кондитерської продукції базується на дослідженнях, що відображено в роботі, в якій ґрунтовно досліджено вплив технологічних чинників на фізико-хімічні та структурно-механічні показники капсульованої продукції²⁸. Під час технологічних випробувань відпрацьовано рецептурний склад та технологічний процес виробництва понад 20 найменувань кулінарної та кондитерської продукції (рис. 10).

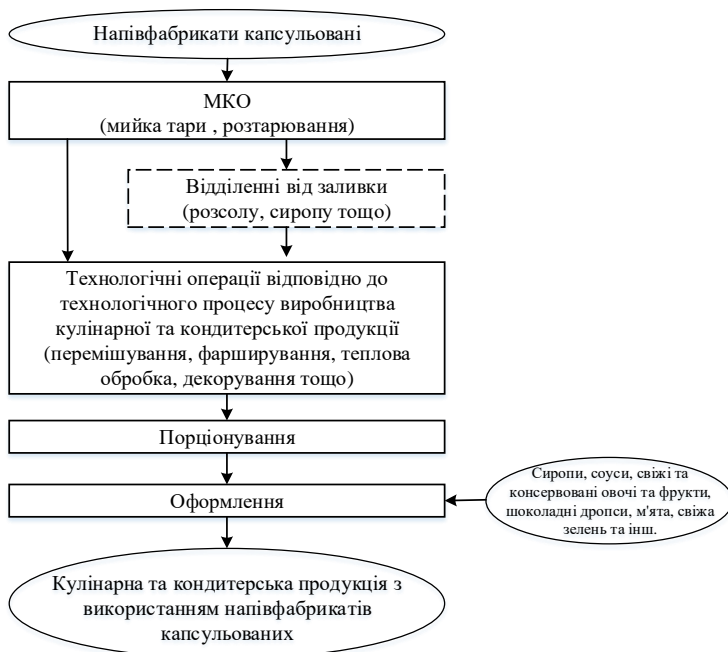


Рис. 10. Принципова технологічна схема виробництва кулінарної та кондитерської продукції з використанням напівфабрикатів капсульованих

²⁸ N. Grynchenko, P. Pyvovarov, O. Nagorni Analysis of Preconditions and Development of Technological Principles of Milk Processing by Encapsulation // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 3/11 (93). P. 4–10.

Узагальнюючи результати досліджень, слід зазначити, що використання одержаних напівфабрикатів в закладах ресторанного господарства дозволяє розширити асортимент, запропонувати продукцію з новими споживними властивостями, сталими показниками якості, підвищити ефективність функціонування закладів ресторанного господарства, що є актуальним.

З практичної точки зору запропоновані інноваційні технологічні рішення забезпечать підвищення ефективності функціонування ланцюга «молочна промисловість – ресторанний бізнес» за рахунок раціонального використання сировинних ресурсів (молоко знежирене, сироватка молочної), покращення екологічності виробничих процесів. Це в цілому сприяє забезпеченню конкурентоспроможності харчових виробництв на продовольчому ринку України. Використання напівфабрикатів в сегменті HoReCa дозволить упровадити індустріальні технології виробництва кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів з молочної сировини, одержати продукцію з новими споживними властивостями – товарною формою, харчовою цінністю, строком зберігання, технологічним призначенням.

ВИСНОВКИ

1. З урахуванням посилення процесів глобалізації та інтеграції України до світової спільноти визначено, що одним із шляхів підвищення ефективності функціонування харчової промисловості є розвиток інтеграційних зв'язків та побудова на їх основі інтегральних об'єднань як складових міжгалузевої кооперації. Виявлено, що потенціал реалізації B2B процесів в молочній промисловості є поширеним, проте достатньо консервативним.

2. Шляхом оцінки потенціалів вторинної молочної сировини (сироватки) доведено доцільність її використання як донора іонного лактокальцію для реалізації процесу капсулювання. З урахуванням потенціалу лактокальцію визначено інноваційні принципи переробки молока та молочних продуктів з одержанням харчової продукції з принципово новими товарознавчо-технологічними характеристиками, складом та технологічним призначенням. Розроблено та обґрунтовано рецептурний склад, раціональні параметри та технологічний процес виробництва напівфабрикатів капсульованих на основі молочної сировини.

3. Досліджено закономірності зміни показників якості та безпечності напівфабрикатів протягом зберігання за гарантійних та агравованих

температур й коефіцієнту резерву. Встановлено умови та терміни зберігання напівфабрикатів, які становлять за температури 0...6°C та відносної вологості повітря не більше 75% 90 діб.

АНОТАЦІЯ

Раціональне використання сировинних ресурсів є ключовим завданням політики різних держав і визначає конкурентоспроможність харчопереробних підприємств державного та приватного секторів економіки. Саме повне і ефективне використання на харчові цілі усіх фракцій харчової сировини визначають величину додаткової вартості на продукцію, що випускається, її собівартість, відпускну ціну і, в загальному плані, різноманітність та споживчу цінність кінцевих продуктів, одержаних під час переробки харчової сировини.

Сформульовані вимоги повною мірою відносяться до переробки молока і, особливо, до виробництва продукції сегменту B2B та закладів ресторанного господарства (ЗРГ), де відчувається гострий дефіцит напівфабрикатів для випуску харчової та кулінарної продукції. Окреме місце в даному сегменті ринку займають капсульовані продукти із молока, пропозиція на які з боку молочної промисловості практично відсутня.

В рамках дослідження узагальнено досвід та розроблено наукові принципи одержання структурованих капсульованих продуктів на основі молочної сировини, що дозволить розширити асортимент готової продукції за рахунок залучення в технологічний цикл додаткових сировинних харчових ресурсів, які традиційно недостатньо використовувалися під час її переробки.

Своєчасність і актуальність дослідження базується на тому, що наукове обґрунтування технології одержання напівфабрикатів на основі молочної сировини з використанням потенціалу лактокальцію у B2B-ланцюзі «молочна промисловість – ЗРГ» дозволить суттєво підвищити ефективність технологічних циклів, більш ефективно використовувати харчовий та технологічний потенціал молочної сировини, розробити принципово нові науково обґрунтовані технології переробки молочної сировини з одержанням продукції з новими споживними властивостями та високим експортним потенціалом

ЛІТЕРАТУРА

1. Подлевський А. А. Державне регулювання виробничої кооперації в Україні : автореф. дис ... канд. екон. наук: 08.00.03. Рівне: НУВГП, 2018. 27 с.
2. B2B, B2C, B2G, C2C: сегментація та специфіка [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://avivi.pro/ua/blog/b2b-b2c-b2g-c2c-segmentatsiya-ta-spetsifika/>
3. Турло Д. Оптимізація бізнес-процесу збуту підприємств харчової промисловості [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://applecons.com.ua/ua/optimizatsiya-biznes-protsessa-sbyta-predpriyatij-pishhevoj-promyshlennosti-2/>
4. Høejmose S., Brammer S., Millington A. “Green” supply chain management: The role of trust and top management in B2B and B2C markets // *Industrial Marketing Management*. 2012. Vol. 41. № 4. P. 609–620. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2012.04.008>
5. Промисловість України у 2011–2015 роках: статистичний збірник / Держ. ком. статистики України. Київ: вид.– во Держ. стат. України. 2016. 379 с.
6. Лендел М. А., Жулканич О. М. Специфіка міжгалузевих організаційно-економічних відносин в агропромисловому виробництві: аналітичний аспект // *Науковий вісник Мукачівського державного університету. Сер.: Економіка*. 2015. № 2 (1). С. 42–48.
7. Key Trends in Food, Nutrition & Health 2017. And how they can work for you [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.fdin.org.uk/wp-content/uploads/2017/02/Allen-Bruce.pdf>
8. Ten Key Health and Nutrition Trends 2018 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://khni.kerry.com/trends-and-insights/ten-key-health-and-nutrition-trends-2018/>
9. Nestle M. Food politics: How the food industry influences nutrition and health // *Univ of California Press*, 2013. Vol. 3. 511 p.
10. Bigliardi B., Galati F. Innovation trends in the food industry: the case of functional foods // *Trends in Food Science & Technology*. 2013. Vol. 31. № 2. P. 118–129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>
11. Jyothi N. V. N. et al. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency // *Journal of microencapsulation*. 2010. Vol. 27. № 3. P. 187–197. DOI: 10.3109/02652040903131301
12. Nedovic V. et al. An overview of encapsulation technologies for food applications // *Procedia Food Science*. 2011. Vol. 1. P. 1806–1815. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.265>

13. Архипов А. Н. Применение структурообразователей в производстве молочных продуктов //Техника и технология пищевых производств. 2009. № 4.

14. Grynchenko N., Tishchenko O., Grynchenko O., Pyvovarov P. Devising the Technological Principles for Making a Granulated Filler Obtained Through Ionotropic Gelation // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. №2(11 (104)). P. 13-23. DOI:10.15587/1729-4061.2020.200098

15. Chen M. J., Chen K. N. Applications of probiotic encapsulation in dairy products // Encapsulation and controlled release technologies in food systems. 2007. P. 83-112. <https://doi.org/10.1002/9780470277881.ch4>

16. Neklesa O., Korotayeva E., Nagorniy O. Foundation of technology for obtaining encapsulated oils and prescription development of shells on their basis // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. № 6 (11). С. 9–15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86769>

17. Wang W., Waterhouse G. I. N., Sun-Waterhouse D. Co-extrusion encapsulation of canola oil with alginate: effect of quercetin addition to oil core and pectin addition to alginate shell on oil stability // Food research international. 2013. Vol. 54. № 1. С. 837–851. DOI 10.1016/j.foodres.2013.08.038

18. Авдєєва О. Ю., Гринченко О. О., Пивоваров Є. П. Характеристика харчової та біологічної цінності капсульної чорної ікри // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. 2007. № 58. С. 280–286.

19. Нагорний О.Ю. Технологія соусів томатних капсульованих: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.18.16. ХДУХТ. Х., 2014. 22 с.

20. Какимова Ж. Х. и др. Капсулирование пробиотиков в гидрофильные полимеры // Биотехнология и общество в XXI веке. 2015. С. 176–179.

21. Кондратюк Н. В., Неклеса О. П., Пивоваров Є. П. Наукові аспекти технології солодких страв з капсульованими пробіотичними мікроорганізмами. Монографія. Х.: ХДУХТ, 2015. 139 с.

22. Петухова Е. В., Крыницкая А. Ю. Перспективность использования микрокапсулированных пробиотических культур в пищевой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 22. С. 257–260.

23. Sathyabama S. et al. Co-encapsulation of probiotics with prebiotics on alginate matrix and its effect on viability in simulated gastric environment // LWT-Food Science and Technology. 2014. Vol. 57. № 1. P. 419–425. DOI 10.1016/j.lwt.2013.12.024

24. Haffner F. B., Diab R., Pasc A. Encapsulation of probiotics: insights into academic and industrial approaches // *AIMS Materials Science*. 2016. Vol. 3. № 1. P. 114–136. DOI: 10.3934/materci.2016.1.114
25. Minelli E. B. et al. Assessment of novel probiotic *Lactobacillus casei* strains for the production of functional dairy foods // *International Dairy Journal*. 2004. Vol. 14. № 8. P. 723–736. doi:10.1016/j.idairyj.2004.01.007
26. Granato D. et al. Probiotic dairy products as functional foods // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010. Vol. 9. № 5. P. 455–470. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x.
27. N. Grynchenko Development a Theoretical Model for Intensification of Technological Processes for Manufacturing Dairy Products // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 1/11 (91). P. 22–32. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.120875
28. N. Grynchenko, P. Pyvovarov, O. Nagorny Analysis of Preconditions and Development of Technological Principles of Milk Processing by Encapsulation // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 3/11 (93). P. 4–10. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133365

Information about the author:
Hrynchenko Natalia Hennadiivna,
Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Meat Technology
State Biotechnological University
44, Alchevskykh str., Kharkiv, 61002, Ukraine

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛЬОРОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПІВФАБРИКАТІВ НА ОСНОВІ ЦІЛЬОВОГО ВИКОРИСТАННЯ НУТРИЄНТІВ СКОЛОТИН

Золотухіна І. В.

ВСТУП

Збільшення випуску біологічно повноцінних багатокомпонентних продуктів є актуальним у світлі концепції збалансованого харчування, згідно з якою в добовому раціоні людини має бути достатня кількість білків, оптимальний баланс вітамінів і мікроелементів. Основна перевага таких продуктів полягає в потенційній можливості взаємного збагачення інгредієнтів, що входять до їх складу, за одним або декількома факторами з метою найбільш повної відповідності їх формулі збалансованого харчування. В світлі цього актуальним є створення нових багатокомпонентних продуктів на основі молочно-білкових концентратів із застосуванням каротиновмісної рослинної сировини, що дозволить забезпечити населення високоякісними збалансованими продуктами та раціонально використовувати сировину тваринного та рослинного походження.

1. Сучасні напрямки створення комбінованих продуктів на молочної основі

Недостатнє споживання необхідних білоквміщуючих продуктів, таких як м'ясо, риба, молоко, а також продуктів, що містять рослинний білок, сприяло виникненню серйозної проблеми в області харчування населення всього світу і, зокрема, Україні.

У ліквідації дефіциту білка перевагу слід віддати комплексному вирішенню проблеми, яке полягає в інтенсифікації традиційних способів виробництва білоквміщуючих продуктів, з одного боку, і в розробці технологій отримання білка з нових, нетрадиційних джерел, з іншого^{1,2}.

¹ Дытнерский Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. Москва: Химия, 1986. 272 с.

² Дубяга В. П., Поверов А. А. Мембранные технологии для охраны окружающей среды и водоподготовки // Мембраны. 2002. № 13. С. 3–10.

Розширення асортименту харчових продуктів, підвищення їх біологічної цінності, а також створення продуктів нового покоління, які відповідають вимогам здорового харчування, є актуальними проблемами сучасного суспільства. Одним з можливих шляхів реалізації цих проблем вважається розробка технологій одержання різних комбінованих продуктів певної фізико-біологічної спрямованості^{3,4}.

Збільшення випуску біологічно повноцінних комбінованих продуктів харчування актуально у світлі концепції збалансованого харчування, згідно з якою в добовому раціоні людини має бути достатня кількість білків. Основна перевага таких продуктів полягає в потенційній можливості взаємного збагачення інгредієнтів, що входять до їх складу, за одним або декількома факторами з метою найбільш повної відповідності їх формулі збалансованого харчування⁵.

Комбіновані продукти на основі молочної сировини в поєднанні з рослинними компонентами мають високу біологічну цінність. Створення нових комбінованих продуктів дозволяє економити сировину тваринного походження, зокрема молоко, забезпечуючи тим самим населення повноцінним білковим харчуванням⁶.

Застосування рослинної сировини при виробництві харчових продуктів обумовлено високою харчовою та біологічною цінністю⁷.

В області виробництва молочних продуктів в останні роки ведеться багато розробок по використанню різних видів рослинних компонентів, що дозволяє підвищити харчову та біологічну цінність продуктів, а також знизити витрати на їх виробництво⁸.

³ От количества к качеству: анализ рынка молочной продукции в Украине. URL: <https://pro-consulting.ua/pressroom/ot-kolichestva-k-kachestvu-analiz-rynka-molochnoj-produkcii-v-ukraine>.

⁴ Рудавська Г. Б., Тищенко Є. В., Куш С. П. Молочні та яєчні товари: підруч. для студентів ВНЗ. 3-тє вид., перероб. та допов. / за заг. ред. д-ра с.-г. наук, проф. Г. Б. Рудавської. Київ: КНТУ, 2013. 371 с.

⁵ Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Золотухіна І. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сироватки: монографія. Харків: Факт, 2008. 208 с.

⁶ Козукова Л. Г. Баромембранные процессы разделения: задачи и проблемы // Вестник ДВО РАН. 2006. № 5. С. 65–76.

⁷ Брик М. Т. Питна вода і мембранні технології // Наукові записки. 2000. Т. 18. С. 4–24/

⁸ Брык М. Т., Нигматулик Р. Р. Химия и технология воды // РЖХ. 1995. Т. 17. № 4. С. 375–397.

Завдання залучення у виробництво додаткових джерел сировини рослинного походження вирішується шляхом створення комбінованих продуктів, що є найбільш ефективним способом використання тваринних і рослинних сировинних ресурсів.

Основна вимога до моделювання нових продуктів – прогнозування і забезпечення їх харчової цінності. Харчова цінність охоплює всі основні призначення харчового продукту⁴.

Пріоритет смакових переваг пояснюється тим, що несмачний продукт не буде затребуваний споживачами навіть при забезпеченні нешкідливості, біологічної та енергетичної цінності.

При моделюванні складу нових продуктів оцінка нешкідливості з цих класів повинна проводитися для молочної основи, харчових добавок і готового продукту.

Небезпеки поживних речовин комбінованих продуктів можуть бути пов'язані з сполуками, які утворюються при хімічній взаємодії компонентів рецептури. Необхідно вивчення результатів цієї взаємодії⁹.

Актуальна проблема розробки продуктів масового споживання, що мають високу біологічну цінність.

Основні джерела енергії для організму – жири, вуглеводи, що засвоюються. Використання в якості компонентів комбінованих рослинних продуктів наповнювачів підвищує їх енергетичну цінність¹⁰.

Можна рекомендувати включення овочевих добавок у рецептуру сиру, що виробляється термокислотним способом.

У молочної промисловості основним напрямком, що забезпечує розвиток виробництва продуктів харчування для населення, слід вважати раціональне використання всіх наявних у країні ресурсів молочної сировини¹¹.

Важливим напрямком, що забезпечує вагомий внесок у реалізацію збільшення випуску, розширення асортименту та поліпшення якості молочних продуктів, є розробка і широке промислове виробництво комбінованих молочних продуктів.

⁹ Малезик І. Ф., Циганков П. С., Немирович П. М. та ін. Процеси і апарати харчових виробництв: підруч. / за ред. проф. І. Ф. Малезика. Київ: НУХТ, 2003. 400 с.

¹⁰ Брык М. Т. Энциклопедия мембран в 2-х томах. Киев: Киево-Могилянская академия, 2005. Т. 2. 660 с.

¹¹ Мазняк З. О. Дослідження процесу ультрафільтраційного концентрування сколотин та його апаратне оформлення: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. Харків, 2003. 660 с.

Організація виробництва комбінованих продуктів із залученням компонентів немолочного походження дозволить значною мірою поліпшити використання основних фондів підприємств, сприяти збереженню кваліфікованих кадрів і раціонально використовувати енергетичні та матеріальні ресурси. Іншим аргументом на користь комбінування молочної сировини з продукцією інших галузей агропромислового комплексу є недостатньо повна біологічна цінність білкових, жирових та інших мікроелементів молока. Індекс чистої засвоюваності молочних білків становить лише 70...80%¹². Отже, до 30% білків коров'ячого молока не можуть бути засвоєно організмом людини і їх слід відносити до білків нераціонального споживання¹³.

В умовах вільного ринку на перше місце серед багатьох проблем виходить завдання створення конкурентоспроможної продукції. Збільшення обсягів виробництва вирішується шляхом дослідження нової, нетрадиційної сировини¹⁴. Використання рослинної сировини місцевого регіону, найбільш доступного і дешевого, дозволяє розробляти енерго- та ресурсозберігаючі технології виробництва нових видів продуктів, багатих природними захисними інгредієнтами¹⁵.

Особливе значення для підтримки здоров'я і довголіття людини має повноцінне і регулярне постачання його організму необхідними мікронутрієнтами: вітамінами і мінеральними речовинами¹⁶. Закордонний і вітчизняний досвід показують, що найбільш ефективно і економічно доступно забезпечити населення мікронутрієнтами в загальнодержавному масштабі, збагачуючи ними продукти масового споживання. У більшості країн світу проводиться

¹² Дейниченко Г. В., Мазняк З. А. Интенсификация ультрафльтрации пахты // Молочная промышленность. 2003. № 6. С. 58–59.

¹³ Дейниченко Г. В., Поперечний А. М., Мазняк З. О. Спосіб концентрування білка із вторинної молочної сировини (сколотин) // Обладнання та технології торгових виробництв : темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонДУЕТ, 2003. Вип. 9. С. 92–96.

¹⁴ Пристрій для ультрафльтрації біологічних рідин: деклараційний пат. на винахід 54980 Україна, МПК (2001) В01Д61/00. / Черевко О. І., Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Поперечний А. М., Юдіна Т. І. Заявник і патентовласник Харк. держ. акад. технології і організації харчування № 2002064643; заявл. 06.06.02; опубл. 17.03.03, Бюл. № 3. 3 с.

¹⁵ Дытнерский Ю. И. Обратный осмос и ультрафльтрация. Москва: Химия, 1991. 352 с.

¹⁶ Shannon M. A., Bohn P. W., Elimelech M. A., Georgiades J. G. et al. Science and technology for water purification in the coming decades // Nature. 2008. V. 452. № 7185. P. 301–310.

збагачення вітамінами і мінеральними речовинами борошна, хлібобулочних виробів, безалкогольних напоїв, молока, кисломолочних продуктів і т.д.¹⁷.

Збагачені фізіологічно корисними харчовими інгредієнтами, які поліпшують здоров'я людини, харчові продукти входять у велику групу продуктів функціонального харчування. До цих інгредієнтів, разом з вітамінами і мінеральними речовинами, відносяться також харчові волокна, ліпіди, що містять поліненасичені жирні кислоти, пробіотичні види молочнокислих бактерій і необхідні для їх харчування олігосахариди. Збагачення харчових продуктів мікронутрієнтами трансформує традиційно сформовану структуру харчування людини¹⁸.

Слід виділити два способи підвищення біологічної цінності молочних продуктів:

а) введення в молочну сировину біологічно активних добавок:

– натуральних харчових систем (екстракти, соки, пюре, макуха і т.д.);

– окремих елементів або вітамінно-мінеральних преміксів;

б) використання технології пробіотичних культур молочнокислих бактерій.

Використання фіто-сировини у виробництві молочних продуктів отримало широке поширення. В якості природних збагачувачів в основному використовуються культурні та дикорослі плоди, ягоди, овочі. Останнім часом популярним стає введення в продукти харчування зародків пшениці, висівок, меду та продуктів його переробки.

Відома технологія кисломолочного напою з наповнювачами на основі моркви і гарбуза. Рослинні наповнювачі можна використовувати у вигляді соків, пюре і порошків¹⁹.

¹⁷ Lipp P., Baldauf G. Stang der Membrantechnik in der Trinkwasseraufbereitung in Deutschland // DVGW Energ. Wasser-Prax. 2008. V. 59. № 4. P. 60–64.

¹⁸ Patent 102006007859 Deutschland PC (2001) C02f3/34. Halophiler Schwachlast MBR / S. Baumgarten, R. Ostrovski. № 102006007859; заявл. 17.02.06; опубл. 30.08.07.

¹⁹ Грушевська І. О., Українець А. І., Мирончук В. Г. та ін. Нанофільтрація цільної сироватки після виділення з неї білково-жирової фракції // Мембранні та сорбційні процеси і технології: тези доп. XIX укр. семінару, 20–21 бер 2008 р. Київ, 2008. С. 15.

Створена технологія виробництва кисломолочно-рослинного продукту з додаванням пюре з моркви, буряка, топінамбура²⁰. Високий вміст вітамінів, харчових волокон, мінеральних речовин дозволяє розглядати ці овочі як перспективні інгредієнти продуктів функціональної спрямованості.

Відома технологія комбінованого швидкосозріваючого сиру, в якому частина молочного жиру замінена соєвим²¹. Продукт збагачується селеном, ретинолом, і токоферолом. Селен у комплексі з вітаміном Е діє як антиоксидант. Крім того, в продукт вводиться трав'яна добавка – морквяне пюре, яка є постачальником каротину, пектинових речовин, органічних кислот.

Одним з найбільш популярних сучасних способів підвищення біологічної цінності молочних продуктів є використання у складі заквасочної композиції пробіотичних культур мікроорганізмів. Пробіотичні бактерії, до яких відносяться ацидофільна паличка, біфідобактерії та ін., є антагоністами деяких хвороботворних мікробів і, внаслідок цього, продукти з їх використанням (найчастіше, кисломолочні напої) можна застосовувати в профілактичних цілях.

Розроблена технологія плавленого сиру, збагаченого лізоцимом і біфідобактеріями. Виявлено стимулюючий ефект лізоциму на зростання біфідобактерій²².

Кисломолочний продукт «Балкоже»²³ містить в якості наповнювачів пшоняну крупу і натуральний мед. До складу заквасочної композиції входять культури біфідобактерій і ацидофільної палички.

Технологія молочного пудингу «Зірочка»²⁴ передбачає введення в його склад пшеничних висівків, як джерела вітамінів і харчових

²⁰ Українець А. І., Мирончук В. Г., Кучерук Д. Д. та ін. Процес нанофільтрації молочної сироватки // Обладнання та технології харчових виробництв. Донецьк: Дон НУЕТ. 2007. Вип. 17, Т 1. С. 138–142.

²¹ Saffon M., Jiménez-Flores R., Britten M., Pouliot Y. Effect of heating whey proteins in the presence of milk fat globule membrane extract or phospholipids from buttermilk // International Dairy Journal. 2015. V. 48. P. 60–65.

²² Вышемирский Ф. А. Этюды о масле, маслоделии и маслоделах. Москва: Молочная пром-сть, 2008. 363 с.

²³ Силин В. М. О нормировании расхода сырья в маслоделии и упорядочении расчетов при подготовке смеси с требуемой массовой долей жира в сыродельной отрасли // Молочное дело. 2007. № 7. 30–32.

²⁴ Остроумов Л.А., Брагинский В.И., Осинцев А.М., Боровая Е.А. Структура и коагуляционные свойства белков молока // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 8. С. 41–46.

волокон, закваска складається з біфідобактерій, ацидофільної палички, термофільного стрептокока.

Можна відзначити посилення світової тенденції комплексного збагачення молочних продуктів з використанням біологічно активних речовин і бактерій-пробіотиків. Збагачені продукти можуть вважатися найбільш економічним і високоефективним способом масового оздоровлення населення в рамках відповідних національних програм.

Таким чином, створення комбінованих продуктів на основі молочно-білкових концентратів з додаванням рослинних добавок з морквою та гарбузом є задачею актуальною.

2. Аналіз харчової цінності каротинвмісної овочевої сировини для виробництва напівфабрикатів на основі копреципітату зі сколотин

Овочі з давніх часів використовуються як необхідний компонент у харчування як здорової, так і хворої людини. Вони так широко розповсюджені в дієтичному та лікувально-профілактичному харчуванні, що фактично займають проміжне положення між їжею та ліками²⁵. Це обумовлено рядом цінних властивостей цієї групи продуктів – низькою енергетичною цінністю при порівняно великому об'ємі: високою концентрацією калію і відносно низькою–натрію; великим вмістом вітамінів, біофлавоноїдів, мікроелементів, зокрема заліза, селену; наявністю клітковини, пектинових речовин, які відсутні в продуктах тваринного походження; вмістом мінеральних речовин з переважно основною валентністю, що сприяє зміщенню кислотно-лужної рівноваги в основний бік; активним впливом на процеси травлення, здібністю підвищувати секрецію та моторну функцію шлунку та товстої кишки; засвоювання білків, жирів та вуглеводів; позитивним впливом на усі види обміну речовин, опір організму до різних захворювань, несприятливих чинників навколишнього середовища²⁶.

Використання рослинної сировини сприяє ефективному поліпшенню і підвищенню асортименту харчових продуктів нового покоління, збагачених біологічно активними сполученнями, мають

²⁵ Савелькіна Н. А. Биохимия и микробиология молока и молочных продуктов: учебное пособие в 2 ч. Брянск: Мичуринский филиал ФГБОУ ВО «БГАУ», 2015. Ч. 2. 120 с.

²⁶ Mann E. Milchprotein – Copraezipitaten // Molkereizeitung Well. 1984. Т. 38. Р. 40.

функціональні властивості²⁷. Вони істотно розширюють джерела харчової сировини й одночасно дозволяють зробити харчування повноцінним і збалансованим. Тому сучасна технологія харчових продуктів передбачає розвиток самостійного напрямку – розробку функціональних харчових продуктів, що містять сировину рослинного походження.²⁸ Метою таких розробок є продукти, що сприяють зміцненню захисних функцій організму, зниженню ризику впливу шкідливих речовин, попередженню різних захворювань²⁹.

Морква за своїми харчовими і дієтичними властивостями (вмістом харчових волокон, вітамінів, каротиноїдів) є цінним компонентом раціонального харчування людини.

Морква є однією з основних овочевих культур не тільки в Україні, але і майже у всіх країнах світу. Використання моркви різноманітно. Вона споживається в свіжому і вареному вигляді, широко застосовується в кулінарії як складова приправа до супів, гарнірів, соусів та інших страв. У консервній промисловості використовується при приготуванні різних видів овочевих консервів. До 10% моркви додають як необхідний компонент при квашенні капусти. Використовується в вітамінній промисловості для отримання каротину.

Морква – цінний дієтичний продукт. При повсякденному споживанні моркви поліпшується загальний обмін речовин в організмі людини, підвищується його опірність захворюванням. Сира морква зміцнює ясна, варена рекомендується при задишці, кашлі, туберкульозі.

Морква (*Daucus carota* L.) відноситься до сімейства зонтичних рослин. У результаті багаторічного вивчення колекції моркви запропоновано класифікацію культурної моркви і установив п'ять наступних різновидів: азійська, середньоземноморська, киликійська, сірійська і японська. Кожна з зазначених різновидів характеризується комплексом морфологічних ознак і біологічних властивостей. Морква – рослина, що опилується перехресно. У зв'язку з цим всі культурні сорти представляють складані популяції і характеризуються сильною мінливістю. Для зручності практичного

²⁷ Левинтон Ж. Б. Проблемы пищевого белка в мире и в Украине // Пути решения проблемы пищевого белка в Украине: труды науч.-практич. конф. Киев, 1994. С. 5–7.

²⁸ Replacers on the Sensory Properties, Color, Melting, and Hardness of Ice Cream // Journal of Dairy Science. 2014. 82. P. 2094–2100.

²⁹ Meena G. S., Singh A. K., Gupta V. K., et al. Alteration in physicochemical, functional, rheological and reconstitution properties of milk protein concentrate powder by pH, homogenization and diafiltration. // Journal of food science and technology-mysore. 2019. Т. 56. V. 3. P. 1622–1630.

користування описами сортів їх прийнято поєднувати в сортотипи: Каротель, Геранда, Шантене, Нантська, Валерія, Середньоруська, Лоберихська, Біла зеленоголова, Мирзої червона, Мирзої жовта і Мшак³⁰.

Основною складовою часиною загальної маси коренеплодів моркви є вода. Вміст вологи складає 85,4...89,4%.

Харчова цінність моркви полягає, насамперед, у високому вмісті добре засвоюваних організмом людини вуглеводів. Загальна кількість цукрів у різних ботанічних сортах моркви знаходиться в діапазоні від 5,7% до 9,1%. Цукри в основному представлені моно- та дисахаридами.

Вміст цукрів у моркві в залежності від сорту, стану зрілості й умов вирощування коливається від 4 до 12%. Цукри в основному представлені цукрозою 3,5...6,05; моноцукрів міститься помітно менше: глюкози – 1...2%, фруктози – 0,2...1,9%.

У коренеплодах моркви в різні періоди росту було знайдено від 1,5 до 6,6% крохмалю в сухій речовині. У різних тканинах коренеплоду крохмаль розподілений нерівномірно, насамперед, він утворюється біля прикордонного шару між серцевиною і зовнішньою м'якоттю.

Кількість пектинових речовин у коренеплодах моркви складає 0,37...2,93%.

Морква є полівітамінним овочем. Харчове значення коренеплодів визначається високим вмістом вуглеводів, жирів, білків, наявністю органічних кислот, мінеральних солей і особливими смаковими якостями. У коренеплодах моркви містяться водорозчинні вітаміни В₁, В₂, В₆ і жиророзчинні – Е, D, К, ефірні олії, флавоноїди. Азотистих речовин в моркві 1,1%, жирів – 0,2%, вуглеводів – 9,2%. У моркві також міститься в невеликій кількості йод.

Особлива цінність моркви пояснюється високим вмістом у ній провітаміну А – каротину. В організмі людини і тварин каротин перетворюється на ретинол – вітамін А. Мінімальна добова доза вітаміну А для людини складає 3300 МЕ, що відповідає 1 мг чистого вітаміну або 2 г каротину. ВООЗ рекомендує споживати в рік 120...140 кг овочів, в тому числі 20 кг моркви.

Моркву, як джерело каротину, призначають після інфаркту міокарда. Каротин моркви необхідний для нормального росту дітей, гарного зору, він покращує стан шкіри і слизових оболонок.

Загальна кількість зольних речовин у коренеплодах моркви складає 0,7...1,0%.

³⁰ Дубинина А. А. Технологія получения полуфабрикатов из семечковых и косточковых плодов: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Харьков, 1993. 177 с.

Морква відрізняється високим вмістом натрію і фосфору в порівнянні з іншими овочевими культурами (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст мінеральних солей (мг/100 г овочів)

Овочі	Калій	Натрій	Кальцій	Магній	Залізо	Фосфор	Сірка
Морква	272,0	156,0	83,0	32,0	7,4	94,0	47,0
Гарбуз	170,0	14,0	40,0	14,0	0,8	25,0	18,0

Вміст органічних кислот у коренеплодах моркви невеликий і складає 0,1%. Основна їх маса представлена яблучною кислотою, є дані про невеликий вміст у моркві кавової, галової, бензойної, хлорогенової кислот [118].

Автором³⁰ було проведено дослідження вмісту БАР в різних сортотипах каротинової моркви (табл. 2...4).

Таблиця 2

**Вміст поживних речовин в моркві різних сортотипів
(г на 100 г продуктів)**

Вміст	Сортотип моркви			
	Шантене	Найтська	Валерія	Каротель
Вологість				
коливання	86,5...91,7	87,7...90,8	87,0...91,5	87,5...91,3
середнє	89,2	88,2	88,0	88,6
Загальні цукри				
коливання	5,2...6,5	5,5...6,8	3,6...6,7	4,1...6,5
середнє	6,0	6,3	5,3	5,7
Фруктоза+глюкоза				
коливання	3,5...4,6	3,2...4,3	1,8...3,6	2,1...3,7
середнє	4,2	3,7	2,5	3,1
Цукроза				
коливання	1,3...2,6	1,8...3,6	1,6...3,7	1,9...3,8
середнє	1,8	2,6	2,8	2,6
Білки				
коливання	1,17...1,32	1,18...1,31	1,20...1,33	1,19...1,35
середнє	1,27	1,30	1,32	1,28
Органічні кислоти				
коливання	0,16...0,20	0,16...0,20	0,18...0,21	0,18...0,22
середнє	0,18	0,18	0,20	0,19

Таблиця 3

Вміст β -каротину, аскорбінової кислоти, фенольних сполук з Р-вітамінною активністю і дубильних речовин в моркві різних сортотипів (мг на 100 г продуктів)

Вміст	Сортотип моркви			
	Шантене	Найтська	Валерія	Каротель
β -каротин				
коливання	7,4...10,9	6,2...8,3	5,0...5,8	5,7...6,9
середнє	9,4	7,5	5,4	6,4
Аскорбінова кислота				
коливання	3,7...14,3	4,0...8,4	4,4...5,9	4,5...6,2
середнє	6,0	5,8	5,8	4,9
Фенольні сполуки з Р-вітамінною активністю				
сума фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)				
коливання	32,4...92,0	42,0...90,3	45,1...87,6	44,8...77,7
середнє	82,1	70,2	66,4	68,3
флавонові глікозиди (за рутином)				
коливання	24,7...83,4	33,2...80,5	37,1...85,3	34,8...73,9
середнє	75,5	64,6	61,1	62,8
вільні катехіни (за d-катехіном)				
коливання	2,5...11,7	1,6...10,3	1,5...7,4	1,0...9,2
середнє	5,4	4,5	4,2	4,4
Дубильні речовини				
коливання	11,6...24,3	12,1...22,5	10,7...18,2	11,3...19,6
середнє	21,1	18,0	17,0	17,5

Аналіз експериментальних даних показав, що коренеплоди моркви в межах одного сортотипу за хімічним складом розрізняються більше, ніж між сортотипами.

Як свідчать дані табл. 3 коренеплоди моркви відрізняються високим вмістом β -каротину – 5,4%...9,4 мг%. Найбільшу кількість β -каротину містить морква сорту Шантене (в середньому 9,4 мг%), що покриває потребу організму до двох його добових норм.

Також морква сорту Шантене відрізняється високим вмістом інших БАР, мг%: аскорбінової кислоти в середньому – 6, фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) – 82,1, дубильних речовин – 21,1.

У табл. 4 наведено результати досліджень вмісту баластних вуглеводів у моркві різних сортотипів³⁰.

Таблиця 4

**Вміст баластних вуглеводів в моркві різних сортотипів
(г на 100 г продуктів)**

Вміст	Сортотип моркви			
	Шантене	Нантська	Валерія	Каротель
Пектини				
загальний пектин				
коливання	0,54...0,68	0,57...0,71	0,62...0,73	0,58...0,64
середнє	0,65	0,68	0,69	0,62
протопектин				
коливання	0,46...0,54	0,49...0,58	0,52...0,58	0,45...0,54
середнє	0,51	0,53	0,54	0,48
розчинний пектин				
коливання	0,09...0,16	0,10...0,18	0,11...0,17	0,08...0,15
середнє	0,14	0,15	0,17	0,13
Клітковина				
коливання	1,17...1,25	1,21...1,31	1,28...1,32	1,16...1,19
середнє	1,22	1,27	1,30	1,18

Кількість загального пектину у коренеплодах моркви вищезначених сортотипів складає в середньому 0,62...0,69%, клітковини – 1,18...1,30%. В моркві сорту Шантене міститься загального пектину – 0,65%, клітковини – 1,22%.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про доцільність використання під час приготування нових видів напівфабрикатів саме моркви сорту Шантене.

Гарбуз є плодом однолітніх трав'янистих рослин із сімейства гарбузових (Cucurbitaceae). Харчова цінність гарбуза була відома людям ще до нашої ери. У СНД росте в південних районах, особливо поширена на Україні, в Молдавії, Північному Кавказі. Плоди білого, жовтого, рожевого кольору кулястої або циліндричної форми, маса плоду деяких сортів досягає 90 кг.

Дана овочева культура нараховує велику кількість видів, з яких у нас вирощують переважно три види: мускатний, великоплідний і

твердокорий. Із сортів великоплідного гарбуза лежкими високоякісними плодами відрізняються Мармуровий, Столовий зимовий А-5, Грибовський зимовий, Пластунівський, Прикореневиї. Широко розповсюдженими сортами твердокорого гарбуза є Мигдальний 35, Промінь, Грибовський кущовий, мускатного гарбуза – Вітамінний, Мускатний³¹.

Добре зберігається гарбуз з щільною кіркою. Плоди збирають з плодоніжкою перед заморозками. На тривале зберігання закладаються зрілі плоди без пошкоджень. Зберігання проводиться за температури 1...3 °С з відносною вологістю повітря 70...75%. Гарбуз краще зберігається, якщо після збирання протягом 7...10 днів витримати його на сонці. Деякі сорти в сухих приміщеннях зберігаються до двох-трьох років, в умовах високої вологості (більш 85%) – до двох-трьох місяців.

Гарбуз відноситься до числа цінних овоче-баштанних культур, плоди і насіння якого мають важливе значення як харчові продукти, що забезпечують дієтичне (завдяки високому вмісту каротину, цукрів, мікроелементів, харчових волокон, крохмалю) і лікувально-профілактичне харчування (знижують ризик серцево-судинних, онкологічних і шлунково-кишкових захворювань). Страви з гарбуза рекомендують включати в раціон для профілактики гострих і хронічних нефритів і пієлонефритів. Завдяки солям калію, гарбуз має сечогінну дію. Гарбуз чудово виводить з організму солі і води і при цьому не подразнює ниркову тканину.

Основною складовою загальної маси у гарбузі є вода – 75...94%. Загальний вміст сухих речовин у гарбузі коливається від 5,6 до 26,8%³¹.

Харчова цінність гарбуза полягає у високому вмісті вуглеводів, що добре засвоюються організмом людини. Співвідношення цукрів коливається від 2 до 13,8%, у тому числі глюкози – від 0,1 до 3,1%, фруктози – від 0,8 до 3,5%, сахарози – від 0,5 до 9,8%.

За даними ряду авторів крохмаль у деяких сортах гарбуза відсутній, в інших сягає 24% у розрахунку на суху речовину.

Кількість пектинових речовин у плодах гарбуза становить 2,6...3,9%. Слід зазначити високу комплексоутворюючу властивість пектину гарбуза (340 мг Ра²⁺/г пект.), засновану на взаємодії молекули пектину з іонами важких і радіоактивних металів.

Гарбуз за вмістом каротину перевищує багатьох представників рослинного світу – від 3,2 до 17,3 мг/100 г. Зі світової колекції

³¹ Литвинов С. С., Борисов В. А. Качество и целебные свойства овощных и пряноароматических культур // Сб. науч. трудов по овощеводству и бахчеводству. М., 2009. С. 11–18.

виділені зразки і створені сорти, плоди яких містять каротину до 40 мг/100 г (сорті Вітамінний і Каротинний 102). Також м'якоть гарбуза містить: вітаміну С – 3...20, В₁ – 0,05, В₂ – 0,03...0,05, В₃ – 0,23, РР – 0,28...0,5, В₆ – 0,11...0,13 мг/100 г.

Загальна кількість зольних речовин у плодах гарбуза складає 0,6%. Середній вміст основних мінеральних речовин у м'якоті гарбуза (мг%): солей калію (170...383), фосфору (25), кальцію (16...40), натрію (14), магнію (14), заліза (0,4...0,8), міді (4...35) і кобальту (1,62).

Автором³² було досліджено хімічний склад плодів гарбуза наступних ботанічних сортів: Славута, Ждана, Чудовий, Столовий зимовий, Мармуровий, Український багатоплідний, Херсонський, Хуторянка, Арабатський, що районовані у Харківській області (табл. 5).

Таблиця 5

Характеристика хімічного складу овочів різних ботанічних сортів, % (n=5, P>0,95)

Ботанічні сорти	Волога	Сухі речовини	Білки	Загальний цукор	Крохмаль	Клітковина	Пектинові речовини	Кислотність	Зола
Славута	83,5	16,5	0,9	10,47	0,24	2,02	1,85	0,20	0,7
Ждана	86,2	13,8	1,0	7,39	0,49	2,00	1,85	0,20	0,8
Чудовий	89,1	10,9	1,0	6,40	0,32	1,40	0,74	0,17	0,8
Столовий зимовий	88,7	11,3	1,0	6,01	0,65	1,00	1,48	0,17	0,8
Мармуровий	87,1	12,9	0,9	7,90	0,41	1,00	1,11	0,17	0,8
Український багатоплідний	89,1	10,9	1,0	5,99	0,49	1,40	1,11	0,14	0,7
Херсонський	84,4	15,6	1,1	9,53	0,49	2,00	1,48	0,07	0,7
Хуторянка	90,8	9,2	1,1	2,91	0,41	2,20	1,85	0,07	0,7
Арабатський	90,0	10,0	1,0	5,10	0,73	1,40	0,74	0,14	0,8

Аналіз даних вказує на високий вміст вологи в гарбузах – від 83,5% у сорті Славута до 90,0...90,8% у сортах Арабатській та

³² Дубініна, А.А. Наукове обґрунтування формування споживних властивостей фортифікованих паст із фруктів та овочів [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15 / А.А. Дубініна. – ХДУХТ. – Х., 2014. – 556с.

Хуторянка. Основною речовиною сухого залишку є цукри: з 2,91% у сорті Хуторянка до 10,47% у сорті Славута.

Необхідно відмітити, що вміст білка в гарбузі становить 0,9...1,1%, золи – 0,7...0,8%. Вміст крохмалю коливається від 0,24% (Славута) до 0,73% (Арабатський). Клітковина в залежності від сорту міститься в гарбузах в кількості 1,0...2,2%. Високими показниками вмісту пектинових речовин відрізняються сорти Славута, Ждана, Хуторянка (1,85%), а також Столовий зимовий та Херсонський (1,48%). Кислотність коливається у межах 0,07%...0,2%.

Характеристику мінерального складу вищезазначених сортів гарбуза наведено у табл. 6.

Таблиця 6

**Характеристика мінерального складу гарбуза
різних ботанічних сортів, 10⁻³%**

Ботанічні сорти	Мінеральні речовини					
	Натрій	Калій	Кальцій	Магній	Фосфор	Залізо
Славута	18	218	51	18	32	1,03
Ждана	19	232	55	21	34	1,09
Чудовий	20	230	54	19	34	1,08
Столовий Зимовий	19	235	55	20	35	1,11
Мармуровий	24	289	68	25	43	1,36
Український багатоплідний	14	164	39	13	24	0,77
Херсонський	18	221	52	17	33	1,04
Хуторянка	11	139	33	12	20	0,65
Арабатський	20	238	56	19	35	1,12

Як і інші овочі, гарбуз містить багато калію – від 139·10⁻³% (Хуторянка) до 289·10⁻³% (Мармуровий). Інші мінеральні елементи містяться в меншій кількості: натрій – 11...24·10⁻³%, кальцій – 33...68·10⁻³%, магній – 12...25·10⁻³%, фосфор – 20...43·10⁻³%, залізо – 0,65...1,12·10⁻³%.

За вмістом вітаміну С (табл. 7) встановлені значні розходження між сортами: від 7,1·10⁻³% до 28,1·10⁻³% та виділені найбільш цінні сорти: Український багатоплідний (28,1·10⁻³%), Славута (19,4·10⁻³%) та Ждана (17,9·10⁻³%).

Вміст каротиноїдів у плодах гарбуза (табл. 7) коливається в межах (2,3...15,8)·10⁻³%, що на 50...300% задовольняє добову потребу в цих речовинах. Високим вмістом каротиноїдів відрізняються такі сорти гарбуза як Ждана (15,8·10⁻³%), Арабатський (9,8·10⁻³%), Хуторянка

($9,6 \cdot 10^{-3}\%$), Славута ($9,0 \cdot 10^{-3}\%$), Херсонський та Мармуровий ($6,6 \cdot 10^{-3}\%$).

В гарбузах мітяться також і хлорофіли – пігменти, які супутні каротиноїдам і також є біологічно активними речовинами. Їх вміст у гарбузі в залежності від сорту коливається у межах від $1,3 \cdot 10^{-3}\%$ (Хуторянка) до 6,4% (Ждана).

Таблиця 7

**Характеристика вмісту вітаміну С та каротиноїдів
у гарбузі різних ботанічних сортів, $10^{-3}\%$**

Ботанічні сорти	Вміст	
	вітаміну С	каротиноїдів
Славута	19,4	9,0
Ждана	17,9	15,8
Чудовий	7,6	2,3
Столовий Зимовий	8,9	5,0
Мармуровий	7,1	6,6
Український багатоплідний	28,1	2,7
Херсонський	8,8	6,6
Хуторянка	9,0	9,6
Арабатський	9,3	9,8

Отже, можемо зробити висновок, що під час приготування нових видів напівфабрикатів доцільним є використання саме плодів гарбуза сорту Ждана.

У зв'язку із вищевикладеним можна зробити висновок, що морква та гарбуз є досить розповсюдженими овочевими культурами, що культивуються на території України. Вони мають високу харчову цінність. Отже, є перспективною сировиною для створення комбінованих продуктів на основі копреципітату зі сколотин.

На наступному етапі ми досліджували склад та властивості пюре з вищезазначених сортів овочів. Результати досліджень наведені у табл. 8.

На основі аналізу даних, наведених у табл. 8, ми робимо висновки, що морквяне пюре відрізняється підвищеним вмістом сухих речовин – 10,3...10,9 %, для порівняння пюре з гарбуза – 7,8...8,2 %.

Пюре з моркви та гарбуза містить багато клітковини. Вона нерозчинна у воді, шлунком людини не перетравлюється, але підсилює перистальтику кишківника, виводить з організму холестерин і запобігає розвитку атеросклерозу.

Пюре з моркви та гарбуза багате на пектинові речовини (0,7...0,85%).

Таблиця 8

Склад та властивості пюре з рослинної сировини

Показники	Пюре	
	морквяне	гарбузове
Масова частка, %: сухих речовин	10,6±0,3	8,0±0,2
моно- та дисахаридів	6,5±0,2	4,65±0,1
пектинових речовин	0,7±0,01	0,85±0,01
клітковини	0,9±0,01	0,4±0,01
β-каротин, мг в 100 г	7,5±0,15	12,6±0,2
Масова частка аскорбінової кислоти, мг/100г	5,1±0,12	12,2±0,2
pH	5,5±0,14	5,4±0,14
Гранична напруга зсуву, Па	345,0±9,0	254,0±6,0

До складу пюре з гарбуза входить 12,0...12,4 мг / 100г вітаміну С. Вміст вітаміну С у пюре з моркви дещо нижчий – 5,0...5,2 мг / 100 г. Аскорбінова кислота підвищує захисні функції організму. За відсутності необхідної кількості аскорбінової кислоти виникає порушення ред-окс процесів в організмі, припиняється синтез білкових речовин мозку, можливе захворювання цингою. Додаткова потреба у вітаміні С – 75...100 мг / 100 г.

Пюре з моркви та гарбуза відрізняється підвищеним вмістом β-каротину: 7,5±0,15 та 12,6±0,2 мг у 100 г. β-каротин є антиоксидантом та імуномодулятором. Він впливає на зміцнення імунітету, запобігає інфекційним захворюванням і шкідливому впливу навколишнього середовища, такому як хімічні або радіоактивні забруднення, а також збільшує захисні властивості організму в цілому. Також ця речовина насичує організм вітаміном А. Даний вітамін надходить тільки з їжею, організмом він не синтезується. Під впливом деяких ферментів β-каротин перетворюється в організмі, тому його і називають провітаміном А.

Отже, вищезазначені види пюре є перспективною сировиною для використання у технологіях білково-вуглеводних напівфабрикатів з використанням каротиновмісної рослинної сировини

Аналіз літературних джерел та дослідження складу пюре з овочів показали, що пюре з моркви та пюре з гарбуза містить високу кількість біологічно активних речовин, зокрема каротиноїдів. Каротиноїди з хімічної точки зору належать до полієнів з протяжною

системою кон'югованих подвійних зв'язків. Вони також відносяться до ліпідів, тому розчиняються тільки в органічних розчинниках³³.

Залежно від будови молекули й кількості подвійних зв'язків вони мають забарвлення від світло-жовтого до насиченого червоного. Максимум поглинання основних каротиноїдів знаходиться в діапазоні 410...540 нм.

У вільному стані каротиноїди дуже чутливі до дії світла, температури, кислот. Встановлено, що під дією кислот відбувається знебарвлення розчинів каротиноїдів³⁴. Висока температура також призводить до знебарвлення розчинів, оскільки відбувається руйнування системи подвійних зв'язків унаслідок окисних процесів.

Дослідження вчених показали, що дія лугів й іонів металів суттєво не впливає на зміну кольору каротиноїдів³⁵.

Таким чином, основний вплив на перетворення каротиноїдів спричиняє дія високих температур, кислот та сильного окислювача – кисню повітря.

У літературних джерелах детально наводяться способи попередження руйнування каротиноїдного комплексу овочевої сировини³⁶. Відомо, що каротиноїди у вільному стані, тобто не зв'язані у комплекси з білками або ліпідами, доволі лабільні. Протекторними властивостями по відношенню до окислення цих речовин наділені гідрохінон, пірогалол, сантонін і його водорозчинні солі, дилудин тощо.

Крім вищезазначених методів для захисту β -каротину від руйнування бразильські вчені пропонують використовувати цитрати, тартрати, фосфати і кальцій, оскільки вони сповільнюють руйнування β -каротину темно-зелених листових овочів³⁷.

³³ Дейниченко Г. В., Золотухіна І. В., Сефіханова К. А. Дослідження складу та властивостей пюре з рослинної сировини з метою використання їх у технологіях молочно-білкових кремів // Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства: тези І Міжнар. наук.-практ. конф., присв. 35-річчю технол. ф-ту, 23–24 квітня 2009 р. / Полт. ун-т споживчої кооперації. Полтава, 2009. С. 27–29.

³⁴ Tan C., Nakajima M. β -Carotene nanodispersions: preparation, characterization, and stability evaluation // Food Chem. 2005. V. 92. P. 661–667.

³⁵ O'Neil C. A., Schwartz S. J. Photoisomerization of β -carotene by Photosensitization with chlorophyll derivatives as sensitizers // J. Agric. Food Chem. 1995. V. 43. P. 631–635.

³⁶ Кудрицкая С. Е. Каротиноиды плодов и ягод. Київ: Вища школа, 1990. 211 с.

³⁷ Goboy H. T. Occurrence of cis isomers of provitamins A in Brazilian vegetables // J. Agric. Food Chem. 1998. V. 46. P. 3081–3087.

Учені Інституту органічної хімії (м. Бішкек) запропонували спосіб отримання натурального барвника з морквяного соку: з метою стабілізації кольору у сік ввели яблучний пектин. Отриманий морквяно-пектиновий порошок виявляє стійкість забарвлення при нагріванні до 85 °С у діапазоні рН 2...10³⁸.

Відомий спосіб стабілізації каротинового барвника за допомогою обробки сировини (моркви, гарбуза, персиків, абрикосів) NaCl, цукровим сиропом, оцтовою, лимонною, аскорбіновою, молочною, сорбіновою кислотами, бензоатами або їх композиціями. Отримані результати показали високу ефективність обробки консервантами і можливість збільшення термінів зберігання овочевих напівфабрикатів³⁹.

Отже, нам необхідно було визначитись із способом попередження руйнування каротиноїдного комплексу овочевої сировини.

3. Аналіз сучасних стабілізаторів структури для страв на молочно-білковій основі

Для страв на молочно-білковій основі головною характеристикою є стабільність структури продукту.

Тому, на нашу думку, доцільним є додавання до складу нових напівфабрикатів речовин, що здатні зв'язувати вологу, підвищувати в'язкість системи та збільшувати термін зберігання. Такими речовинами є стабілізатори (як правило, це високомолекулярні сполуки білкового походження та полісахариди).

Харчові стабілізатори є полімерними сполуками, в макромолекулах яких рівномірно розподілені гідрофільні групи, які мають значну спорідненість до води.

В процесі гідратації і набрякання молекули гідроколідів здатні до міжмолекулярних взаємодій з утворенням тривимірної сітчастої структури гелю. Гелі є дисперсними системами, що складаються з молекул розчиненого гелеутворювача (дисперсної фази) та розчинника – води (дисперсійного середовища). Внаслідок міжмолекулярних взаємодій дисперсійне середовище втрачає

³⁸ Marx M. Effects of thermal processing on trans-isomerization of carotene in carrot juices and carotene-containing preparations // Food Chem. 2003. V. 83. P.609–617.

³⁹ Lin C. H. Effects of thermal processing on stability of carotenoids in some fruit and vegetables // Food Chem. 2003. V. 88. P. 1112–1116.

рухливість, що призводить до збільшення в'язкості системи і зміни її реології⁴⁰.

На думку авторів⁴¹, стабілізаторами, які використовують у виробництві структурованих молочних продуктів, є білкові речовини тваринного походження: казеїн, сироваткові білки та желатин. Зберегти природний смак молочних продуктів та при цьому стабілізувати їх консистенцію можна шляхом підвищення вмісту білкової складової за рахунок додавання сироваткових білків та молочно-білкових концентратів. Поряд із сироватковими білками для стабілізації харчових систем часто використовують сухе знежирене молоко⁴².

Існує ряд стабілізаторів целюлозної природи, що включає продукти механічної та хімічної модифікації целюлозної камеді рослин⁴³. Найбільш широке вживання отримали мікрокристалічна целюлоза та карбоксиметилцелюлоза.

Розповсюдженим структуроутворювачем є крохмаль, на основі якого розроблені ряд рецептур кремів-десертів, які зберігають форму протягом тривалого часу⁴⁴. Проте крохмаль має властивість провокувати підвищення рівня інсуліну в крові людини при травленні, що може призвести до розвитку атеросклерозу.

Пектини – кислі полісахариди галактуронової кислоти, зустрічаються в розчинній і нерозчинній формах практично у всіх наземних рослинах і у ряді водоростей. Пектини широко використовують для виробництва кондитерських виробів (мармеладу, пудингів, мусів, зефіру), фруктово-ягідних продуктів (джему, фруктових салатів, напоїв) і готового дитячого харчування⁴⁵.

⁴⁰ Булдаков, А.С. Пищевые добавки [Текст] : справ. / А.С. Булдаков. – М., 2001. – 436 с.

⁴¹ Базарнова, Ю.Г. Применение натуральных гидроколлоидов для стабилизации пищевых продуктов [Текст] / Ю.Г. Базарнова, Т.В. Шкотова, В.М. Зюканов // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2005. – №2. – С. 36-39.

⁴² Висерас Адаркон Х. Овощи и фрукты. Москва, 2006. 74 с.

⁴³ Светлов, А.Н. Производство низкокалорийных пищевых продуктов с использованием карбоксиметилцеллюлозы / А.Н. Светлов, С.В. Кузнецов // Переработка молока. – 2005. – №2. – С. 28-29.

⁴⁴ Душман, А.И. Модифицированные крахмалы [Текст] / А.И. Душман // Пищевая промышленность. – 1991. – №7. – С. 51-53.

⁴⁵ Берегова, И.В. Пектины и каррагинаны в молочных продуктах нового поколения [Текст] / И.В. Берегова // Переработка молока. – 2005. – № 4.– С. 27-28.

На сьогоднішній день використання традиційних стабілізаторів, таких, як борошно, крохмаль, желатин, є малоефективним, оскільки вони не володіють всією повнотою властивостей, необхідних для створення структури десертної продукції⁴⁶. Зараз на світовому ринку є великий асортимент сучасних харчових стабілізаторів. Для покращення властивостей напівфабрикатів нами був обраний стабілізатор «Астрі Гель» виробництва фірми «АСТРИ», м. Київ, дія якого буде доповнювати функціонально-технологічні властивості МБКС та рослинної сировини⁴⁷. Він являє собою стабілізаційну систему, склад якої наведено у роботі⁴⁸.

Враховуючи дані щодо складу системи, ми припустили, що додавання «Астрі Гель» буде сприяти стабілізаційній дії на БАР, барвні речовини та колір розроблених НБВКРС.

Визначення ефективності протекторної дії стабілізатора «Астрі Гель» на біологічно активні речовини овочевої сировини проводили вимірюванням спектрів дифузного відбиття зразків.

4. Методика визначення кольориметричних характеристик напівфабрикатів

Характеристики кольорів зразків визначали за методом МКО XYZ (Міжнародна система координат CIE XYZ), який базується на триколіориметричній моделі кольору – синій, зелений та червоний, що є основними, інші кольори утворюються за рахунок змішування базових кольорів у відповідних співвідношеннях, які визначаються за координатами кольоровості x, y, z. Якщо їх сума складає 1:

$$x + y + z = 1, \quad (1)$$

у цьому випадку колір буде білим.

⁴⁶ Кравченко, Н.В. Технологія напівфабрикату для солодких страв на основі знежиреного молока та кореня солодки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / ДонНУЕТ. – Донецьк, 2014. – 322 с.

⁴⁷ Deinychenko G., Zolotukhina I. and other. in all 7 persons. Study of the water state and phase transitions of liquid in milk-protein semi-finished products below 0°C // Journal of Hygienic Engineering and Design. Vol. 32. 2020. P. 114–119.

⁴⁸ Золотухіна І.В. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі цільового використання нутрієнтів білково-вуглеводної молочної сировини. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія харчової продукції. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2021. – 708 с.

При цьому кольорова поверхня сприймається у своєму специфічному кольорі завдяки відбиттю світла з певною довжиною, усі останні хвилі є абсорбованими.

За допомогою означеного методу можна отримати спектри відбиття для непрозорих речовин та матеріалів вимірюванням спектрального коефіцієнта дифузійного відбиття R_d (reflection).

На першому етапі визначали коефіцієнти дифузного відбиття зразків на спектрофотометрі СФ-2000 з приставкою дифузного та дзеркального відбиття СФО-2000, що дозволяє вимірювати спектри у діапазоні 300...800 нм за спектральної щілини 0,05...0,25 мм, діапазон зміни кута між нормаллю до поверхні зразка та напрямом освітлення – від 0° до 45°, діапазон зміни кута між нормаллю до поверхні зразка та напрямом відбиття – від 0° до 45°.

Перед вимірюванням спектрів дифузного відбиття зразків спочатку визначали інтенсивність темного току спектрофотометру, далі вимірювали спектр відбиття зразка порівняння (в усіх експериментах використовували стандартний білий зразок №1 з набору стандартних зразків HCOO-1 для СФО-2000), після чого вимірювали спектри відбиття усіх досліджуваних нами зразків.

На другому етапі за допомогою вбудованого програмного забезпечення SFScan розраховували характеристики кольорів дослідних зразків за отриманими спектрами відбиття. За допомогою математичної обробки спектрів дослідних зразків визначали характеристики кольору у триколіориметричній системі координат.

Координати кольору умовно виражені у відносних одиницях системи CIE–XYZ. Відповідно до вимог CIE – Commission Internationale de l’Eclairage – International Commission on Illumination, – параметри X, Y, Z розраховуються за наступними рівняннями:

$$X = \int_0^{\infty} I(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

$$Y = \int_0^{\infty} I(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda, \quad (3)$$

$$Z = \int_0^{\infty} I(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda. \quad (4)$$

За відповідними даними ми розраховували координати кольоровості x, y:

$$x = X/(X + Y + Z); y = Y/(X + Y + Z). \quad (5)$$

Отримані координати x і y за допомогою графіку кольорів у вигляді одиничної площини ($x + y + z = 1$) тривимірного простору кольорів (рис. 1) дозволяють визначити наступні показники – чистоту кольору (основного тону) P , %, яскравість T , %, домінуючу довжину хвилі λ , нм.

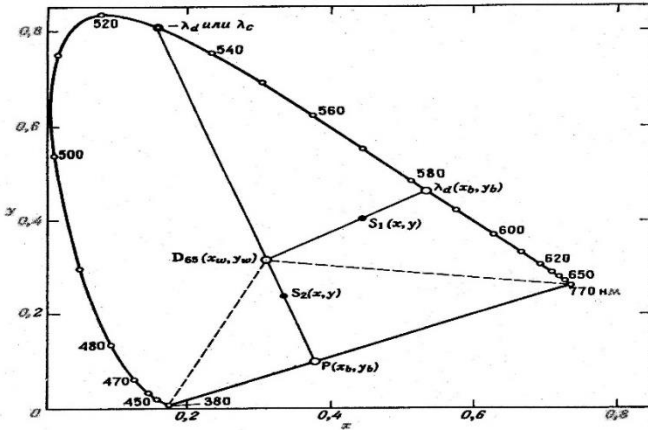


Рис. 1. Визначення характеристик кольорів за допомогою графіку кольоровості у системі CIE X, Y, Z

Для більш повної характеристики кольориметричних показників дослідних зразків також було використано систему CIELab, яка дозволяє характеризувати колір за параметрами (табл. 9): L^* – яскравість), a^* – зелено-червоний компонент кольору, b^* – синьо-жовтий компонент кольору, які розраховували за формулами:

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16, \quad (6)$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)], \quad (7)$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)], \quad (8)$$

де

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3}, & t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29} \end{cases} \quad (9)$$

Комп'ютерне обладнання та відповідна програма дозволяють проводити розрахунки з визначення кольорових характеристик з використанням відповідних математичних алгоритмів.

Таблиця 9

Характеристики кольору зразка за системою CIE*Lab*

Характеристика кольорів	Символ	Інтервал значень	Кількість значущих знаків
Яскравість	L*	0-100 0 – чорний 100 – безбарвний (білий)	1
Червоно-зелений компонент	a*	>0 червоний <0 зелений	2
Жовто-синій компонент	b*	>0 жовтий <0 синій	2

Яскравість зразків розраховували за формулою:

$$L^* = 116f(Y / Y_n) - 16. \quad (10)$$

Значення червоно-зеленого компонента розраховувати за формулою:

$$a^* = 500[f(X / X_n) - f(Y / Y_n)]. \quad (11)$$

Значення жовто-синього компонента розраховували за формулою:

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3}, & t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29}, & t \leq (6/29)^3 \end{cases}, \quad b^* = 200[f(Y / Y_n) - f(Z / Z_n)]. \quad (12)$$

Результати ми представили у спеціальній системі координат, на яку нанесено діаграму кольорів Хантера (рис. 2).

Ахроматичні кольори представлені на осі L, починаючи з абсолютно білого (L=100) і закінчуючи абсолютно чорним (L=0). Хроматичні кольори розташовані у площині, перпендикулярній до осі L: червоний колір лежить на осі (+a), зелений – на (-a), жовтий і синій – на (+b) і (-b) відповідно.

Таким чином, основні характеристики кольору за системою Хантера визначаються за відношенням a/b, що характеризує основний кольоровий тон, і за сумою $a^2 + b^2$, що визначає насиченість кольору. Ці обидві характеристики кольору подібні λ і P у системі МКО.

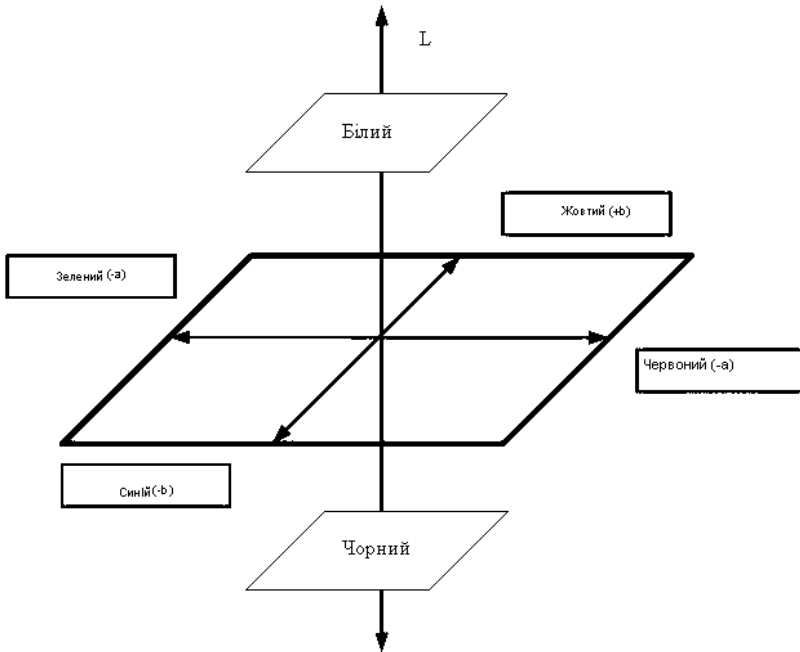


Рис. 2. Координати у системі Хантера для визначення показників кольору за параметрами L, a, b

Стандарт А застосовується у разі, якщо колір визначають супроти штучних джерел світла – ламп розжарювання, тоді як стандарт D65 застосовують при визначенні кольору на природному денному світлі.

5. Результати вимірювання кольориметричних характеристик напівфабрикатів

З метою визначення ефективності протекторної дії стабілізатора «Астрі Гель» на біологічно активні речовини овочевої сировини, що використана для розробки білково-вуглеводного напівфабрикату, проведено вимірювання спектрів дифузного відбиття дослідних зразків протягом певного часу зберігання. Інтервал вимірювання 0, 14 та 28 діб у спектральному діапазоні 400...800 нм, спектральна роздільна здатність – 1 нм, накопичення спектрів для отримання середнього значущого – 5 разів.

На рис. 3. наведені експериментальні спектри відбиття зразка № 1 «пюре моркви+стабілізатор», знятих протягом вказаного терміну

зберігання. Необхідно відмітити невелику різницю між отриманими спектрами дифузного відбиття. Спектральні криві зразка мають незначне відбиття у діапазоні 400...550 нм, коефіцієнти відбиття R_f (reflection) не перевищують 6%. Крива спектральних коефіцієнтів відбиття містить інформацію про те, що колір зразка відповідає кольоровому тону випромінювання у діапазоні 580...800 нм, тобто саме тієї ділянки спектру, де об'єкт найбільше відбиває світло. Коефіцієнти відбиття зразка №1, знятих протягом 0, 14, 28 діб, знаходяться у вказаному діапазоні у межах 10...20 %.

Для отримання об'єктивної оцінки кольору використали системи CIEXYZ, CIELab (табл. 10). Між двома системами є взаємозв'язок через математичні перетворення, тому показники кольору за системою Хантера (CIELab) можна отримати, якщо відомі координати X, Y, Z за системою CIEXYZ.

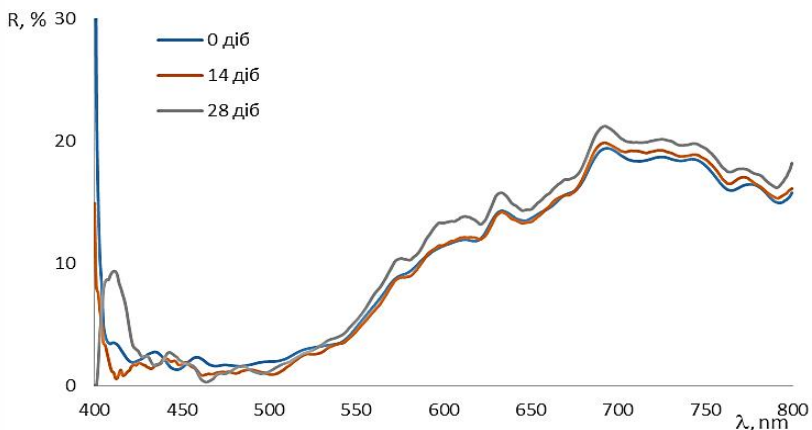


Рис. 3. Спектри дифузного відбиття зразка №1 «пюре моркви+стабілізатор», знятих протягом певного терміну зберігання

Порівнюючи дані до і після зберігання необхідно відмітити, що в системі CIEXYZ параметри «Яскравість», «Чистота тону» протягом експерименту практично не змінилися. Домінуюча довжина хвилі знаходиться у межах 594,1...593,9 нм. Спектральний колір (домінуючий тон) – оранжевий.

**Кольорові характеристики зразка №1 «пюре
моркви+стабілізатор» за системами CIEXYZ та CIELab
($S_T=0,05$, $n=5$, $p=0,95$)**

Параметр	Термін зберігання, днів		
	0	14	28
Система CIEXYZ			
Домінуюча довжина хвилі, нм	594.1	594.5	593.9
Спектральний колір (домінуючий тон)	оранжевий	оранжевий	оранжевий
Чистота тону, %	91.94	94.03	93.72
Яскравість, %	39,44	39,39	39,65
Система CIELab			
L	30.8	30.1	32.3
a	19.0	20.4	20.7
b	26.2	30.3	30.0
dE	0	4.4	4.5

Таким чином, зважаючи на невелику різницю між спектрами дифузного відбиття і розрахованими параметрами, результати моделі домінуючої довжини хвилі статистично незначущі, оскільки різниця значень менше заданої спектральної роздільної здатності:

$$\Delta\lambda = \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = 594.5 - 593.9 = 0.6 \text{ нм} < 1 \text{ нм.}$$

Зміна параметрів L (від 30,8 до 32,3), a (від 19,0 до 20,7), b (від 26,2 до 30,0) за системою CIELab дозволяють зробити аналогічні висновки (табл. 10). Також був розрахований параметр dE – «Спектральна колірна різниця» – відносно вихідного зразка, для якого dE=0. Графічну залежність dE від терміну зберігання наведено на рис. 4.

З рис. 4 видно, що із збільшенням терміну зберігання суттєвих змін у кольорі зразку не спостерігається. За системою CIELab вважається, що спектральна колірна різниця менше 5 характерна для зразків, колір яких неможливо розрізнити візуально. Зважаючи на той факт, що розраховані dE < 5, колір зразка на 14 та 28 добу не можна візуально розрізнити від вихідного.

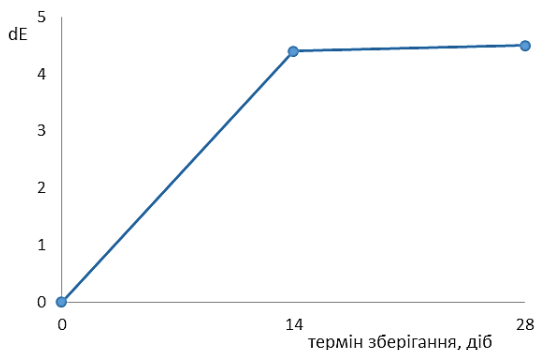


Рис. 4. Залежність dE від терміну зберігання зразка № 1 «пюре моркви+стабілізатор»

Також були зняті спектри дифузного відбиття зразка № 2 «пюре гарбуза+стабілізатор» протягом вказаного терміну зберігання (рис. 5) та розраховані кольоропараметричні характеристики (табл. 11). Спектральні криві зразка також мають незначне відбиття у діапазоні 400...500 нм, втім є інтенсивне відбиття при довжинах хвиль 550...800 нм. Також наявна невелика різниця між спектрами дифузного відбиття протягом терміну зберігання.

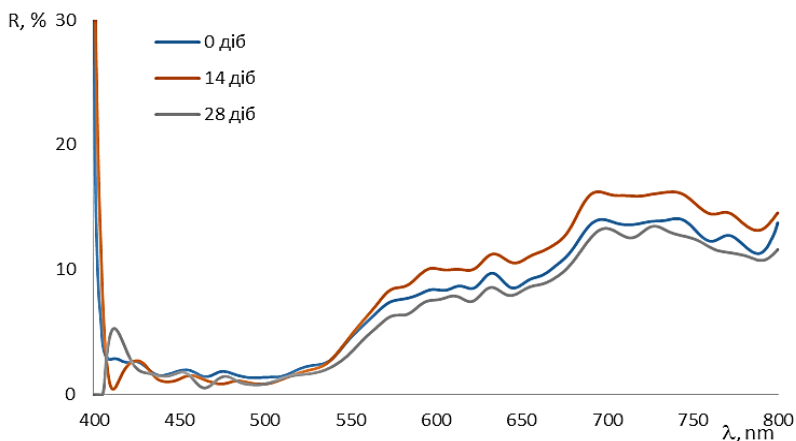


Рис. 5. Спектри дифузного відбиття зразка № 2 «пюре гарбуза+стабілізатор», знятих протягом певного терміну зберігання

Порівнюючи дані до і після зберігання необхідно відмітити, що кольоропараметричні характеристики зразка практично не змінилися: чистота тону – від 64,3 % до 65,6%, яскравість – від 38,72 % до 38,20 %. Домінуюча довжина хвилі змінилася від 589,6 нм до 591,6 нм, тобто, як і у випадку зразка № 1 «пюре моркви+стабілізатор», результати статистично незначущі.

Розраховані параметри L, a, b за системою CIELab дозволяють зробити аналогічні висновки (табл. 11). Графічну залежність спектральної колірної різниці dE від терміну зберігання наведено на рис. 6.

Таблиця 11

**Кольорові характеристики зразка № 2
«пюре гарбуза+стабілізатор» за системами CIEXYZ та CIELab
(Sr= 0,05, n=5, p=0,95)**

Параметр	Термін зберігання, днів		
	0	14	28
Система CIEXYZ	6.2	7.0	5.4
Домінуюча довжина хвилі, нм	589.6	589.7	591.6
Спектральний колір (домінуючий тон)	оранжевий	оранжевий	оранжевий
Чистота тону, %	64.3	75.3	65.6
Яскравість, %	38,72	39,84	38,20
Система CIELab			
L	27.2	28.5	24.7
a	14.9	17.9	16.6
b	21.8	28.6	21.1
dE	0	7.6	3.1

З рис. 6 видно, що із збільшенням терміну зберігання суттєвих змін у кольорі зразку не спостерігається. Зважаючи на той факт, що $dE < 5$, колір зразку на 28 добу не можна візуально розрізнити від вихідного.

Проведено дослідження ефективності протекторної дії стабілізатора на біологічно активні речовини розробленого білково-вуглеводного напівфабрикату НБВМ (зразок № 3) за допомогою спектрів дифузного відбиття протягом вказаного часу зберігання (рис. 7) та розрахованих параметрів кольору (табл. 12).

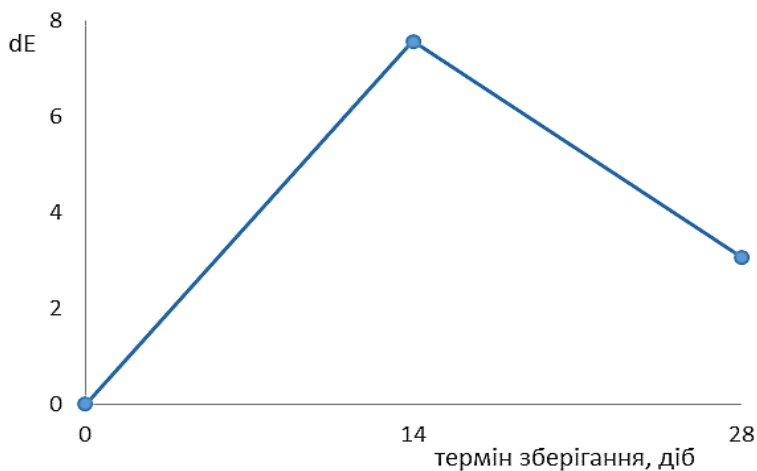


Рис. 6. Залежність dE від терміну зберігання зразка № 2 «пюре гарбуза+стабілізатор»

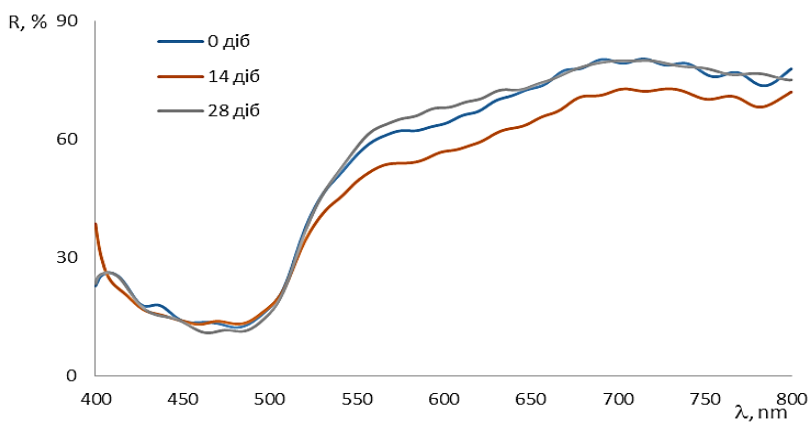


Рис. 7. Спектри дифузного відбиття зразка № 3 «НБВМ», знятих протягом певного терміну зберігання

**Кольорові характеристики зразка № 3 «НБВМ» за системами
CIEXYZ та CIELab (Sr= 0,05, n=5, p=0,95)**

Параметр	Термін зберігання, діб		
	0	14	28
Система CIEXYZ			
Домінуюча довжина хвилі, нм	579.3	579.1	579.4
Спектральний колір (домінуючий тон)	жовтий	жовтий	жовтий
Чистота тону, %	69.12	68.5	71.68
Яскравість, %	42,77	42,35	43,37
Система CIELab			
L	77.0	73.4	78.0
a	7.3	6.4	8.1
b	52.1	47.2	56.9
dE	0	6.1	5.0

Спектральні криві зразка №3 мають незначне відбиття у діапазоні 400...500 нм, коефіцієнти відбиття R_f не перевищують 10...15%; появу більш інтенсивного відбиття при довжинах хвиль, що відповідають жовто-червоному діапазону видимої області спектру, для якого домінуючий тон, або домінуюча довжина хвилі, знаходиться у межах 550...800 нм. Коефіцієнти відбиття зразка, знятих протягом 0, 14, 28 діб, знаходяться у вказаному діапазоні у межах 50...80 %.

Порівнюючи результати розрахунків параметрів кольору зразка до і після зберігання як за системою CIEXYZ, так і за системою CIELab необхідно відмітити, що вони практично не змінилися: чистота тону – з 69.12% до 71.68%, яскравість – з 42,77% до 43,37 %. Домінуюча довжина хвилі залишилася незмінною – 579.1...579.4 нм, спектральний колір (домінуючий тон) також залишився незмінним – жовтий. Отже, отримані результати є статистично незначущими. Розраховані параметри L, a, b за системою CIELab дозволяють зробити аналогічні висновки.

Для порівняння були зняті спектральні характеристики НБВМ без стабілізатора (зразок №4) у тих самих умовах (рис. 8) та розраховані параметри кольору (табл. 13). Перевищення коефіцієнту відбиття R значень більше 100% у діапазоні більше 650 нм (рис. 8) обумовлено

додатковим блиском від вологи зразку, оскільки порівняльний стандарт має матову поверхню.

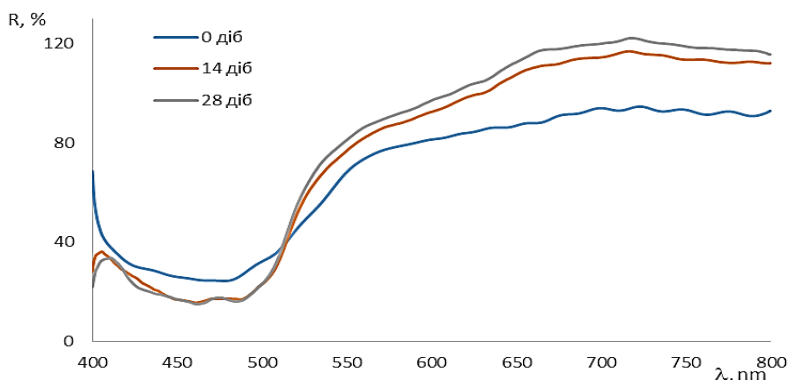


Рис. 8. Спектри дифузного відбиття зразка № 4 «НБВМ без стабілізатора», знятих протягом певного терміну зберігання

Таблиця 13

Кольорові характеристики зразка №4 «НБВМ без стабілізатора» за системами CIEXYZ та CIELab ($S_r=0,05$, $n=5$, $p=0,95$)

Параметр	Термін зберігання, діб		
	0	14	28
Система CIEXYZ			
Домінуюча довжина хвилі, nm	580.7	579.7	579.3
Спектральний колір (домінуючий тон)	жовто-оранжевий	жовтий	жовтий
Чистота тону, %	57.2	72.5	74.6
Яскравість, %	40,35	43,21	43,76
Система CIELab			
L	84.2	88.0	89.8
a	9.7	9.9	9.1
b	42.8	62.7	66.7
dE	0	20.2	24.6

З табл. 13 видно, що домінуюча довжина хвилі незначно зменшується – з 580.7 nm до 579.3 nm, в той час як чистота тону суттєво зростає – з 57.2% до 74.6%. За системою Lab параметр L збільшується з 84,2 до 89.8.

Порівнюючи параметри dE , розраховані для зразків «НБВМ» та «НБВМ без стабілізатора» під час зберігання, які представлені графічно як залежність $dE=f$ (термін зберігання) на рис. 9, можна зробити наступні висновки.

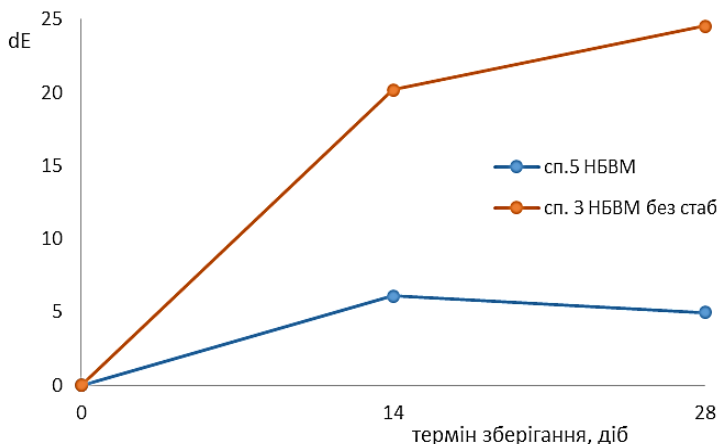


Рис. 9. Залежність dE від терміну зберігання зразків «НБВМ» та «НБВМ без стабілізатора»

Зважаючи на той факт, що значення параметру «Спектральна різниця кольору» для зразка НБВМ з терміном зберігання 28 діб лежить на рівні $dE = 5$, колір зможе візуально розрізнити від вихідного лише тренувана людина. Отже, протягом зберігання суттєвих змін у кольорі зразку «НБВМ» не спостерігається.

Для зразка «НБВМ без стабілізатора» видно суттєву зміну кольору при збільшенні терміну зберігання. Оскільки $dE_{14}=20,2$, а $dE_{28}=24,6$, тобто dE значно більше 5, то колір зразків на 14 та 28 добу можна візуально відрізнити від вихідного.

Таким чином, за відсутності стабілізатора колір зразка змінюється більш суттєво.

Аналогічні дослідження були проведені і для зразків «НБВГ» та «НБВГ без стабілізатора». За допомогою знятих спектрів дифузного відбиття протягом терміну зберігання (рис. 7) розраховані параметри кольору зразка «НБВГ» за системами CIEXYZ та CIELab (табл. 12).

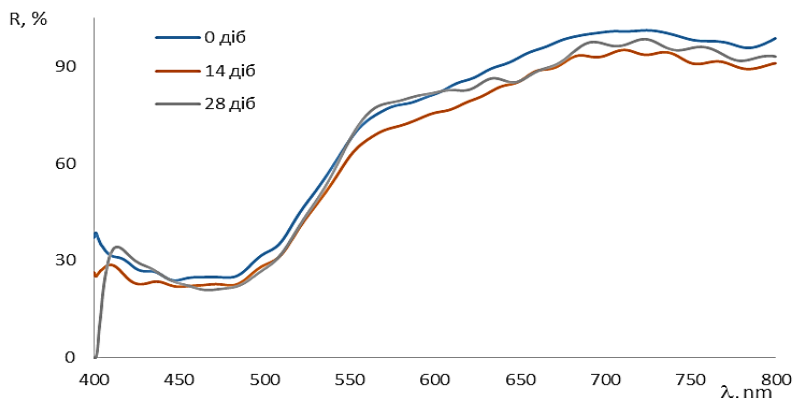


Рис. 10. Спектри дифузного відбиття зразка «НБВГ», знятих протягом терміну зберігання

Таблиця 14

Кольорові характеристики зразка «НБВГ» за системами CIEXYZ та CIELab ($S_r=0,05$, $n=5$, $p=0,95$)

Параметр	Термін зберігання, дб		
	0	14	28
Система CIEXYZ			
Домінуюча довжина хвилі, нм	581,0	581.1	581.1
Спектральний колір (домінуючий тон)	жовто-оранжевий	жовто-оранжевий	жовто-оранжевий
Чистота тону, %	59.1	60.2	61.2
Яскравість, %	40,56	40,71	40,85
Система CIELab			
L	84.2	81.4	83.7
a	10.8	10.8	11.3
b	44.8	44.6	46.7
dE	0	2.8	2.8

Коефіцієнти відбиття R_f зразка «НБВГ» у діапазоні 400...500 нм знаходяться на рівні 30 %. Спектральні криві мають більш інтенсивне відбиття при довжинах хвиль, що відповідають жовто-червоному діапазону видимої області спектру, для якого домінуючий тон, або домінуюча довжина хвилі, знаходиться у межах 550...800 нм. Зважаючи на невелику різницю між спектрами дифузного відбиття (рис. 10), результати моделі CIEXYZ статистично незначущі,

оскільки різниця значень домінуючої довжини хвилі менше заданої спектральної роздільної здатності:

$$\Delta\lambda = \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = 581.1 - 581.0 = 0.1 \text{ нм} < 1 \text{ нм}.$$

Чистота тону при цьому теж статистично незначно коливається у межах 59.1...61.2 %. Розраховані параметри L, a, b за системою CIE Lab дозволяють зробити аналогічні висновки.

Для порівняння були зняті спектральні характеристики зразка «НБВГ без стабілізатора» у тих самих умовах (рис. 11) та розраховані параметри кольору (табл. 15).

Перевищення коефіцієнту відбиття R_f значень, більших 100% у діапазоні більше 650 нм обумовлено додатковим блиском від вологи зразку, оскільки порівняльний стандарт має матову поверхню.

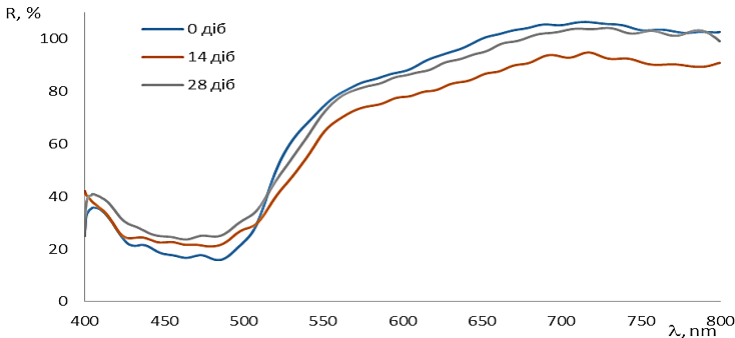


Рис. 11. Спектри дифузного відбиття зразка «НБВГ без стабілізатора», знятих протягом терміну зберігання

Результати розрахунків параметрів кольору зразка до і після зберігання як за системою CIE XYZ, так і за системою CIE Lab показали, що домінуюча довжина хвилі незначно коливається — з 579.6 у вихідній пробі до 580.8 нм на 28 добу зберігання, в той час як чистота тону падає — з 70.7% до 59.9%. Спектральний колір (домінуючий тон) поступово змінюється з жовтого на жовто-оранжевий. Отже, отримані результати є статистично незначущими. Розраховані параметри L, a, b за системою CIE Lab дозволяють зробити аналогічні висновки. Була розрахована колірна різниця dE відносно вихідного зразка, для якого $dE=0$. Залежність $dE=f(\text{термін зберігання})$ наведено на рис.10, який показує суттєву зміну кольору зразку «НБВГ без стабілізатора» при збільшенні терміну зберігання.

Оскільки спектральна різниця dE значно більше 5, то колір зразка на 14 добу та 28 добу можна візуально відрізнити від вихідного.

Таблиця 15

Кольорові характеристики зразка «НБВГ без стабілізатора» за системами CIEXYZ та CIELab ($S_r=0,05$, $n=5$, $p=0,95$)

Параметр	Термін зберігання, дб		
	0	14	28
Система CIEXYZ			
Домінуюча довжина хвилі, нм	579.6	581.3	580.8
Спектральний колір (домінуючий тон)	жовтий	жовто-оранжевий	жовто-оранжевий
Чистота тону, %	70.7	60.4	59.9
Яскравість, %	42,94	40,68	40,73
Система CIELab			
L	86.6	82.0	85.7
a	9.1	11.5	10.7
b	59.4	45.1	46.3
dE	0	15.2	13.2

Для зразка «НБВГ» видно, що із збільшенням терміну зберігання суттєвих змін у кольорі не спостерігається. Зважаючи на той факт, що dE менше 5, колір зразка на 14 добу та 28 добу не можна візуально розрізнити від вихідного.

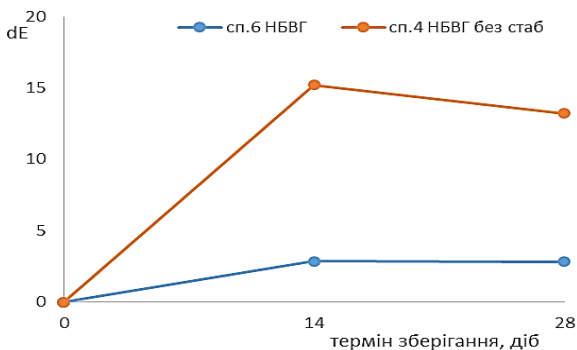


Рис. 12. Залежність dE від терміну зберігання зразків «НБВГ» та «НБВГ без стабілізатора»

Отже, за відсутності стабілізатора колір зразка «НБВГ без стабілізатора» змінюється суттєво.

ВИСНОВКИ

В роботі наведено аналіз сучасних напрямків створення комбінованих продуктів на молочної основі та харчової цінності каротинвмісної овочевої сировини для виробництва напівфабрикатів на основі копреципітату зі сколотин.

Проаналізовано ринок сучасних стабілізаторів структури для страв на молочно-білковій основі.

Проведені дослідження кольориметричних характеристик напівфабрикатів білково-вуглеводних, що дозволило встановити закономірності, які свідчать про ефективність використання стабілізатора «Астрі Гель» з метою збереження БАР, речовин-барвників та кольору розроблених пюре з моркви і пюре гарбуза. Протекторні властивості стабілізатора «Астрі Гель» потенційно можуть бути використані у технологіях НБВМ і НБВГ.

АНОТАЦІЯ

Досліджено склад та властивості пюре з каротинвмісної сировини з метою їх потенційного використання в технологіях напівфабрикатів білково-вуглеводних із використанням каротинвмісної рослинної сировини (НБВКРС). Виявлено, що пюре з моркви та пюре з гарбуза обраних ботанічних сортів відрізняються підвищеним вмістом антиоксиданта й імуномодулятора β -каротину – $7,5 \pm 0,15$ мг та $12,6 \pm 0,2$ мг в 100 г відповідно. Вміст вітаміну С у пюре з моркви становить $5,0 \dots 5,2$ мг / 100г, у пюре з гарбуза – $12,0 \dots 12,4$ мг / 100г.

Досліджено протекторну дію стабілізатора «Астрі Гель» на біологічно активні речовини каротинвмісної овочевої сировини та параметри його токсичної дії. Встановлено закономірності, що свідчать про ефективність використання стабілізатора «Астрі Гель» з метою збереження біологічно активних речовин та кольору розроблених пюре з моркви та пюре з гарбуза як окремо, так і в складі НБВМ та НБВГ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дытнерский Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. Москва: Химия, 1986. 272 с.

2. Дубяга В. П., Поверов А. А. Мембранные технологии для охраны окружающей среды и водоподготовки // Мембраны. 2002. № 13. С. 3–10.

3. От количества к качеству: анализ рынка молочной продукции в Украине. URL: <https://pro-consulting.ua/pressroom/ot-kolichestva-k-kachestvu-analiz-rynka-molochnoj-produkcii-v-ukraine>.

4. Рудавська Г. Б., Тищенко Є. В., Куц С. П. Молочні та яєчні товари: підруч. для студентів ВНЗ. 3-тє вид., перероб. та допов. / за заг. ред. д-ра с.-г. наук, проф. Г. Б. Рудавської. Київ: КНТУ, 2013. 371 с.

5. Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Золотухіна І. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сироватки: монографія. Харків: Факт, 2008. 208 с.

6. Козукова Л. Г. Баромембранные процессы разделения: задачи и проблемы // Вестник ДВО РАН. 2006. № 5. С. 65–76.

7. Брик М. Т. Питна вода і мембранні технології // Наукові записки. 2000. Т. 18. С. 4–24

8. Брык М. Т., Нигматулик Р. Р. Химия и технология воды // РЖХ. 1995. Т. 17. № 4. С. 375–397.

9. Малежик І. Ф., Циганков П. С., Немирович П. М. та ін. Процеси і апарати харчових виробництв: підруч. / за ред. проф. І. Ф. Малежика. Київ: НУХТ, 2003. 400 с.

10. Брык М. Т. Энциклопедия мембран в 2-х томах. Киев: Киево-Могилянская академия, 2005. Т. 2. 660 с.

11. Мазняк З. О. Дослідження процесу ультрафільтраційного концентрування сколотин та його апаратурне оформлення: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. Харків, 2003. 660 с.

12. Дейниченко Г. В., Мазняк З. А. Интенсификация ультрафильтрации пахты // Молочная промышленность. 2003. № 6. С. 58–59.

13. Дейниченко Г. В., Поперечний А. М., Мазняк З. О. Спосіб концентрування білка із вторинної молочної сировини (сколотин) // Обладнання та технології торгових виробництв : темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонДУЕТ, 2003. Вип. 9. С. 92–96.

14. Пристрій для ультрафільтрації біологічних рідин: деклараційний пат. на винахід 54980 Україна, МПК (2001) В01Д61/00. / Черевко О. І., Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Поперечний А. М., Юдіна Т. І. Заявник і патентовласник Харк. держ. акад. технології і організації харчування № 2002064643; заявл. 06.06.02; опубл. 17.03.03, Бюл. № 3. 3 с.

15. Дытнерский Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация. Москва: Химия, 1991. 352 с.

16. Shannon M. A., Bohn P. W., Elimelech M. A., Georgiades J. G. et al. Science and technology for water purification in the coming decades // Nature. 2008. V. 452. № 7185. P. 301–310.

17. Lipp P., Baldauf G. Stang der Membrantechnik in der Jrinkwasseraufbereitung in Deutschland // DVGW Energ. Wasser-Prax. 2008. V. 59. № 4. P. 60–64.

18. Patent 102006007859 Deutschland PC (2001) C02f3/34. Halophiler Schwachlast MBR / S. Baumgarten, R. Ostrovski. № 102006007859; заявл. 17.02.06; опубл. 30.08.07.

19. Грушевська І. О., Українець А. І., Мирончук В. Г. та ін. Нанопільтрація цільної сироватки після виділення з неї білково-жирової фракції // Мембранні та сорбційні процеси і технології: тези доп. XIX укр. семінару, 20–21 бер 2008 р. Київ, 2008. С. 15.

20. Українець А. І., Мирончук В. Г., Кучерук Д. Д. та ін. Процес нанопільтрації молочної сироватки // Обладнання та технології харчових виробництв. Донецьк: Дон НУЕТ. 2007. Вип. 17, Т. 1. С. 138–142.

21. Saffon M., Jiménez-Flores R., Britten M., Pouliot Y. Effect of heating whey proteins in the presence of milk fat globule membrane extract or phospholipids from buttermilk // International Dairy Journal. 2015. V. 48. P. 60–65.

22. Вышемирский Ф. А. Этюды о масле, маслоделии и маслоделах. Москва: Молочная пром-сть, 2008. 363 с.

23. Силин В. М. О нормировании расхода сырья в маслоделии и упорядочении расчетов при подготовке смеси с требуемой массовой долей жира в сыродельной отрасли // Молочное дело. 2007. № 7. 30–32.

24. Остроумов Л.А., Брагинский В.И., Осинцев А.М., Боровая Е.А. Структура и коагуляционные свойства белков молока // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 8. С.41–46.

25. Савелькина Н. А. Биохимия и микробиология молока и молочных продуктов: учебное пособие в 2 ч. Брянск: Мичуринский филиал ФГБОУ ВО «БГАУ», 2015. Ч. 2. 120 с.

26. Mann E. Milchprotein – Copraezipitaten // Molkereizeitung Well. 1984. T.38. P. 40.

27. Левинтон Ж. Б. Проблемы пищевого белка в мире и в Украине // Пути решения проблемы пищевого белка в Украине: труды науч.-практич. конф. Киев, 1994. С. 5–7.

28. Replacers on the Sensory Properties, Color, Melting, and Hardness of Ice Cream // *Journal of Dairy Science*. 2014. 82. P. 2094–2100.

29. Meena G. S., Singh A. K., Gupta V. K., et al. Alteration in physicochemical, functional, rheological and reconstitution properties of milk protein concentrate powder by pH, homogenization and diafiltration. // *Journal of food science and technology-mysore*. 2019. T. 56. V. 3. P. 1622–1630.

30. Дубинина А. А. Технология получения полуфабрикатов из семечковых и косточковых плодов: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Харьков, 1993. 177 с.

31. Литвинов С. С., Борисов В. А. Качество и целебные свойства овощных и пряноароматических культур // *Сб. науч. трудов по овощеводству и бахчеводству*. М., 2009. С.11–18.

32. Дубініна, А.А. Наукове обґрунтування формування споживних властивостей фортифікованих паст із фруктів та овочів [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15 / А.А. Дубініна. – ХДУХТ. – Х., 2014. – 556с.

33. Дейниченко Г. В., Золотухіна І. В., Сефіханова К. А. Дослідження складу та властивостей пюре з рослинної сировини з метою використання їх у технологіях молочно-білкових кремів // *Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства: тези І Міжнар. наук.-практ. конф., присв. 35-річчю технол. ф-ту, 23–24 квітня 2009 р.* / Полт. ун-т споживчої кооперації. Полтава, 2009. С. 27–29.

34. Tan C., Nakajima M. β -Carotene nanodispersions: preparation, characterization, and stability evaluation // *Food Chem*. 2005. V. 92. P. 661–667.

35. O'Neil C. A., Schwartz S. J. Photoisomerization of β -carotene by Photosensitization with chlorophyll derivatives as sensitizers // *J. Agric. Food Chem*. 1995. V. 43. P. 631–635.

36. Кудрицкая С. Е. Каратиноиды плодов и ягод. Київ: Вища школа, 1990. 211 с.

37. Goboy H. T. Occurrence of cis isomers of provitamins A in Brazilian vegetables // *J. Agric. Food Chem*. 1998. V. 46. P. 3081–3087.

38. Marx M. Effects of thermal processing on trans-isomerization of carotene in carrot juices and carotene-containing preparations // *Food Chem*. 2003. V. 83. P.609–617.

39. Lin C. H. Effects of thermal processing on stability of carotenoids in some fruit and vegetables // *Food Chem*. 2003. V. 88. P. 1112–1116.

40. Булдаков, А.С. Пищевые добавки [Текст] : справ. / А.С. Булдаков. – М., 2001. – 436 с.

41. Базарнова, Ю.Г. Применение натуральных гидроколлоидов для стабилизации пищевых продуктов [Текст] / Ю.Г. Базарнова, Т.В. Шкотова, В.М. Зюканов // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2005. – № 2. – С. 36-39.

42. Висерас Адаркон Х. Овощи и фрукты. Москва, 2006. 74 с .

43. Светлов, А.Н. Производство низкокалорийных пищевых продуктов с использованием карбоксиметилцеллюлозы / А.Н. Светлов, С.В. Кузнецов // Переработка молока. – 2005. – № 2. – С. 28-29.

44. Душман, А.И. Модифицированные крахмалы [Текст] / А.И. Душман // Пищевая промышленность. – 1991. – № 7. – С. 51-53.

45. Берегова, И.В. Пектины и каррагинаны в молочных продуктах нового поколения [Текст] / И.В. Берегова // Переработка молока. – 2005. – №4. – С. 27-28.

46. Кравченко, Н.В. Технологія напівфабрикату для солодких страв на основі знежиреного молока та кореня солодки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / ДонНУЕТ. – Донецьк, 2014. – 322 с.

47. Deinychenko G., Zolotukhina I. and other. in all 7 persons. Study of the water state and phase transitions of liquid in milk-protein semi-finished products below 0 °C // Journal of Hygienic Engineering and Design. Vol. 32. 2020. P. 114–119.

48. Золотухіна І.В. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі цільового використання нутрієнтів білково-вуглеводної молочної сировини. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія харчової продукції. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2021. – 708с.

Information about the author:

Zolotukhina Inna Vasyivna,

Doctor of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Food Technology
in Restaurant Industry

State Biotechnological University

44, Alchevskykh str., Kharkiv, 61002, Ukraine

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БОРОШНЯНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СУМІШЕЙ

Кравченко М. Ф., Данилюк І. П., Романовська О. Л.

ВСТУП

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, дотримання здорового способу життя, в якому визначальну роль відіграє харчування, є актуальним питанням, адже психологічні навантаження, низька фізична активність, незадовільна якість харчових продуктів призводять до послаблення імунітету, збільшення кількості захворювань, пов'язаних з харчуванням.

Розв'язати проблему корегування структури харчування, як свідчить світовий досвід, майже неможливо завдяки збільшенню виробництва і розширенню асортименту традиційних харчових продуктів. Сучасний тренд харчових технологій – розвиток альтернативних шляхів, зокрема виробництва продуктів, у тому числі борошняних кулінарних та кондитерських виробів підвищеної харчової цінності, що здатні спрямовано впливати на метаболічні процеси і стимулювати захисні функції організму.

На вітчизняному ринку України представлено широкий асортимент борошняних кулінарних та кондитерських виробів, що виробляються у закладах ресторанного господарства та крафтовими виробництвами. Актуальний тренд цього ринку є пошук альтернативних технологічних рішень, зокрема, розроблення технологій борошняних кулінарних та кондитерських виробів підвищеної харчової цінності, що здатні спрямовано впливати на метаболічні процеси і стимулювати захисні функції організму. У зв'язку з цим виникає потреба у доступній вітчизняній харчовій сировині, яка є природнім джерелом біологічно активних речовин і здатна чинити позитивний вплив на організм людини. До такої сировини належить борошно «Здоров'я», яке виробляють із зерна, пророщеного у розчині морської харчової солі, що містить широкий спектр макро- і мікронутрієнтів, зокрема органічний Йод.

1. Аналіз ринку зернових та зернобобових культур в Україні.

Споживчі характеристики різних видів борошна

Зернові та зернобобові культури, з яких виробляють борошно для борошняних кулінарних та кондитерських виробів посідають

важливе місце у харчуванні людини, оскільки вони призначені для щоденного задоволення фізіологічних потреб організму.

Ринок зернових та зернобобових є однією із важливих сфер економіки, що має великий потенціал та забезпечує населення основними продуктами харчування з їх використанням. Сьогодні галузь переробки зерна України завдяки своїм виробничим потужностям здатна забезпечити населення різноманітними видами борошна.

Ринок України представлений великою кількістю зернопереробних підприємств, які у значній кількості експортують власну продукцію. Так, дані Міністерства аграрної політики та продовольства станом на 2021 р. свідчать, що аграрії України експортували 42,5 млн тонн зернових та зернобобових культур, що на 10,5 млн тонн більше, ніж у 2019-2020 рр. (56,72 млн тонн). Зокрема, експортовано 17,8 млн тонн пшениці, 18,68 млн тонн кукурудзи, 5,57 млн тонн ячменю, 66,3 тис. тонн борошна.

Аналіз ринку виробництва борошна з різних видів зернових свідчить, що обсяг виробництва борошна за 2 місяці 2021 року скоротився на 32% – до 170,7 млн т. Лідерами з виробництва борошна є Харківська, Вінницька, Київська та Дніпропетровська області, на їх частку припадає близько 50% всього борошномельного виробництва країни. Однак в липні 2021 року Дніпропетровська область в рейтингу борошномельних регіонів зайняла лише 8 позицію, зробивши всього 3,7 тис. т пшеничного борошна проти 12,4 тис. т у 2020-2021 рр. (-70%).

Відповідно до даних з портів України з 11 по 14 лютого 2022 року включно відвантаження зерна з морських терміналів склали 867 тис. тонн, серед них 170 тис. т пшениці, 54 тис. т ячменю та 643 тис. т кукурудзи¹.

Таким чином, основними виробниками борошна є Вінницька, Харківська, Київська та Запорізька області. Сумарний обсяг виробництва борошна склав 48,2 тис. т, що на 13% нижче за показник аналогічного періоду роком раніше.

Скорочення виробництва борошна призвело і до знижувальної динаміки в експорті даної продукції з України. У період з липня по серпень 2021-2022 рр. на зовнішні ринки було відвантажено 23,9 тис. т української пшеничного борошна, що на 32% поступається показнику аналогічного періоду сезоном раніше (35,2 тис. т)².

¹ Сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України. URL : <https://minagro.gov.ua/ua>.

² Сайт Інформаційно-аналітичного агентства «АПК-Інформ». URL : <https://www.apk-inform.com/ru/news/1522167>.

Аналіз даних статистики зменшення виробництва борошна відповідно свідчить про зменшення виробництва борошняних виробів. Так, в Україні у 2021 р. становило 122,8 тис. т, що на 7,4% менше, ніж у 2020 році. Зокрема, виробництво пшеничного хліба скоротилося на 9% – до 48,7 тис. т, пшенично-житнього – на 7,8%, до 37 тис. т³.

Також за 2 місяці 2021 року Україна скоротила виробництво таких борошняних виробів як солодкого печива на 9,3% – до 21,5 тисячі тонн, здобної випічки на 11% – до 9,6 тисячі тонн, тортів і кондитерських виробів на 3,4% – до 15,8 тисячі тонн, виробництво макаронних виробів скоротилося на 1,6% – до 9,4 тисячі тонн⁴.

Проте особливістю ринку зернових та зернобобових України є майже стовідсоткове забезпечення власною продукцією вітчизняного виробництва. Враховуючи зменшення виробництва зерна та зернобобових культур і відповідно борошна на ринку, вважаємо доцільним розроблення та підтримання інновацій технологій борошняних виробів, з метою збільшення асортименту та зацікавлення споживачів продукцією підвищеної харчової цінності відповідно до їх вимог.

Харчова цінність борошняних кулінарних та кондитерських виробів, а також хлібобулочних виробів виготовлених з борошна із різних сортів зерна та зернобобових має велике значення, адже вони забезпечують більше 50 % добової потреби людини в енергії і близько 75 % потреби у рослинному білку⁵.

З метою покращення харчування, науковці створюють нові технології харчових продуктів та покращують нутрієнтний склад традиційних борошняних виробів⁶. Тому під час виробництва борошняних виробів вирішуються проблемні питання щодо підвищення їх харчової цінності; використання сировини, яка володіє широким спектром технологічних властивостей, що дозволять покращити органолептичні та структурно-механічні характеристики готових виробів; інтенсифікації технологічного процесу; тривалого терміну зберігання.

Зокрема, перспективним напрямом розширення асортименту борошняних виробів корисними нутрієнтами є включення до їх

³ Сайт Pro-consulting. URL : <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-hlebobulochnyh-izdelij-2020>

⁴ Сайт Agropolit.com. URL : <https://agropolit.com/news/21837-v-ukrayini-znizilosya-virobnitstvo-pshenichnogo-boroshna-na-22>

⁵ Вітчизняний ринок хлібобулочних виробів: сучасний стан та перспективи розвитку. URL : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3661>.

⁶ Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми «Здоров'я 2020 : український вимір» : Розпорядження КМУ від 31 жовтня 2011 р. № 1164-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/244717787>.

рецептури, поряд з пшеничним, інших видів борошна (амарантового, гречаного, рисового, кукурудзяного, в тому числі екструдованого, ячмінного, житнього), що дає можливість створювати нові вироби з поліпшеними хімічними складом. Порівняльний хімічний склад різних видів борошна наведений у табл. 1.

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що за вмістом сухих речовин різні види борошна значно відрізняються від борошна пшеничного вищого сорту. Значний вміст сухих речовин – це вуглеводи, які характерні для зернових культур. Характерною особливістю різних видів борошна є вищий ніж у пшеничному борошні вміст золи та клітковини. Також спостерігається вищий вміст вітамінів групи В та мінеральних елементів. Серед мінеральних елементів у пшеничному, кукурудзяному екструдованому та амарантовому видах борошна відсутній Йод.

Використання нетрадиційних видів борошна дозволяє розширити асортимент борошняних кулінарних, кондитерських та хлібобулочних виробів, покращити структурно-механічні властивості, а також підвищити харчову цінність завдяки особливостям їх хімічного складу. Розроблені нові рецептури бісквітних виробів з додаванням різних зернових сумішей, житнього та амарантового борошна.

Проведено комплексне дослідження спрямоване на розробку рецептур і технології виробництва бісквітного напівфабрикату з використанням екструдованого кукурудзяного борошна. Дослідниками встановлено, що екструдоване кукурудзяне борошно містить у своєму складі білкові речовини, амінокислоти, мінеральні речовини, що відповідає формулі збалансованого харчування⁷. Також встановлено здатність екструдованого кукурудзяного борошна до стабілізації в'язкості бісквітного тіста. При цьому використання даного борошна призводить до зниження ефективної в'язкості за низьких значень швидкостей зсуву, а збільшення швидкості зсуву у діапазоні 12.0...25.0 с⁻¹ призводить до певної стабілізації в'язкості зразків бісквітного тіста, особливо з використанням 50 % борошна. При цьому зазначено, що зниження в'язкості при збільшенні швидкості зсуву понад 12 с⁻¹ пояснюється, руйнуванням піноподібної структури бісквітного тіста⁸.

⁷ Лісовська Т. О., Деркач А. В., Стадник І. Я., Сухенко Ю., Василів В. Екструдоване кукурудзяне борошно для дієтичного харчування // Продовольча індустрія АПК. 2017. № 11-12. С. 40-43.

⁸ Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна / Т. О.Лісовська, Н. В. Чорна, О. Г. Дьяков // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2 (11). С. 19-23.

Таблиця 1

Порівняльний хімічний склад різних видів борошна (г/на 100 г) ($p \leq 0,05$)

Продукт	Вміст вологи	Білок	Жири	Крохмаль	Зола	Клітк овина	Вітаміни, мг				Мінеральні речовини, мг					
							В ₁	В ₂	В ₃	В ₆	В ₉	К	Са	Mg	Fe	I, мкг
Пшеничне борошно	14,5± 0,04	10,3± 0,03	0,9± 0,03	67,7± 0,04	0,5± 0,03	0,1± 0,01	0,18± 0,02	0,06± 0,01	1,29± 0,1	0,16 ± 0,02	0,03± 0,01	176± 10	24±1	44±3	2,10± 0,08	-
Ячмінне борошно*	14,0± 0,04	10,0± 0,03	1,6± 0,05	55,1± 0,2	1,4± 0,02	1,5± 0,02	0,33± 0,01	0,13± 0,01	4,48± 0,01	0,43 ± 0,07	0,04± 0,03	453± 3	93± 0,2	150± 1,6	7,4± 0,02	8,9± 0,02
Житнє борошно*	14,0± 0,04	6,9± 0,03	1,1± 0,04	63,6± 0,1	0,6± 0,04	0,5± 0,04	0,17± 0,03	0,1± 0,02	0,99± 0,01	0,1± 0,01	0,09± 0,01	200± 1,6	19	25± 0,2	3,5± 0,2	3,9± 0,01
Рисове борошно*	14,0± 0,04	7,3± 0,01	2,0± 0,06	55,2± 0,3	4,6± 0,03	9,0± 0,03	0,34± 0,01	0,08± 0,02	0,3± 0,02	0,54 ± 0,03	0,03± 0,02	314	40± 0,2	116± 0,02	2,09± 0,1	2,3± 0,2
Кукурудзяне борошно*	14,0± 0,01	7,2± 0,03	1,5± 0,04	68,9± 0,03	0,8± 0,04	0,7± 0,04	0,38± 0,03	0,14± 0,01	0,21± 0,03	0,48 ± 0,03	0,02± 0,01	340± 3	34± 1,6	104± 0,2	3,7± 0,2	5,2± 0,2
Борошно кукурудзяне екструдоване ⁷	9,0± 0,01	6,1± 0,02	8,1± 0,02	70,9± 0,03	4,8± 0,03	1,0± 0,02	0,38± 0,01	0,07± 0,03	1,1± 0,02	0,25 ± 0,01	-	141± 1,6	20± 0,2	38± 1,6	2,7± 0,02	-
Амарантове борошно ⁸	15,2± 0,03	14,8± 0,04	1,79± 0,06	60,1± 0,02	2,7± 0,02	4,34± 0,03	0,1± 0,03	0,19± 0,01	1,0± 0,03	-	0,04± 0,02	52± 0,03	215± 1,6	30± 0,2	2,1± 0,2	-
Гречане борошно*	14,0± 0,02	11,6± 0,01	2,3± 0,05	54,9± 0,1	1,8± 0,02	10,8± 0,01	0,3± 0,01	0,14± 0,02	0,3± 0,02	0,34 ± 0,01	0,02± 0,03	325± 3	70± 0,2	258±3	8,2± 0,02	5,1± 0,2

*з довідкових таблиць.

⁷ Лисовська Т. О., Дерман А. В., Стадник І. Я., Сухенко Ю., Васильєв В. Екструдоване кукурудзяне борошно для дієтичного харчування // *Продовольча індустрія АПК*. 2017. № 11-12. С. 40-43.

⁸ Миколенко С. Ю., Царук Л. Ю., Турєнов Ю. О. Вплив продуктів переробки амаранту і чаю на якість хліба // *Вісник НТУ «ХП»*. 2019. № 5 (1330). с. 145-151.

Встановлено можливість регулювання в'язкості бісквітного тіста з використанням борошна з різних продуктів переробки гречки. Борошно з гідротермічно обробленої крупи збільшує в'язкість за рахунок присутності харчових волокон та клейстеризованого крохмалю, які володіють великою вологозв'язуючою здатністю, а з необробленої – зменшує. За рахунок використання науково обґрунтованих співвідношень різних видів борошна з різних продуктів переробки гречки можна регулювати в'язкість бісквітного тіста та отримувати випечені бісквітні напівфабрикати підвищеної харчової цінності⁹.

Досліджено властивості бісквітних напівфабрикатів з додаванням борошна з продуктів переробки гречки. Вивчено вплив технологічних властивостей борошна з продуктів гречки на показники якості бісквітних напівфабрикатів та їх зміни в процесі зберігання. Встановлено, що додавання борошна з продуктів переробки гречки сприяє покращенню органолептичних властивостей та споживчих характеристик, збільшенню харчової цінності та розширенню асортименту бісквітних виробів функціонального та спеціального призначення¹⁰.

Встановлено, що заміна пшеничного борошна на суміш крихти пластівців з проса, кукурудзяного та рисового борошна призводить до зниження в'язкості бісквітного тіста внаслідок відсутності в них білків, що формують клейковинний каркас. Визначено, що прогрівання борошна з крихти пластівців до 60 °С сприяє більшому прояву загущуючих властивостей вже на початковій стадії випікання, ніж у кукурудзяного та рисового борошна¹¹.

Розроблено бісквітний напівфабрикат з використанням борошняних сумішей з пшеничного, рисового, кукурудзяного та гречаного борошна з додаванням вітамінно-мінеральних комплексів.

⁹ Макарова О. В. Свойства бисквитных полуфабрикатов на основе муки из продуктов переработки гречки / О. В. Макарова, Е. Г. Иоргачева, Е. Н. Котузаки // *Харчова наука і технологія*. 2011. № 1. С. 47-50.

¹⁰ Бісквітні напівфабрикати на основі борошна з продуктів переробки гречки / К. Г. Іоргачова, О. В. Макарова, О. М. Котузаки // *Зернові продукти і комбікорми*. 2010. № 4. С. 12-15.

¹¹ The influence of gluten-free flours on the quality indicators of biscuit semi-finished products / К. Iorgachova, O. Makarova, E. Kotuzaki // *Зернові продукти і комбікорми*. Одеса. 2016. Vol. 64, Issue 4, P. 16-21.

Визначено, що це сприяло покращенню вітамінно-мінерального складу розроблених бісквітів¹².

Розроблено технологію бісквітних напівфабрикатів з додаванням амарантового борошна та клітковини висівок проса. Досліджено зміни структурних та органолептичних властивостей бісквітних напівфабрикатів, найкращий результат відмічено у бісквіті з наступним співвідношенням рецептурних компонентів: 50 % пшеничного борошна, 35 % амарантового борошна та 15 % клітковини висівок проса. Аналіз харчової цінності показав, що додавання добавок сприяло збільшенню кількості білків та жирів в порівнянні з традиційною рецептурою та зменшенню калорійності випеченого бісквітного напівфабрикату¹³.

Досліджена ефективність збагачення бісквітних напівфабрикатів мультизерновим борошном з метою оптимізації їх хімічного складу та отримання нових споживчих характеристик. Встановлено, що використання мультизернового борошна у кількості 50 % від маси борошна покращує органолептичні та фізичні показники і сприяє підвищенню харчової¹⁴.

Розроблено спосіб виробництва бісквітів з житнього борошна. Технологія розроблених бісквітів включає змішування житнього борошна із водою у співвідношенні 3:7, витримування за температури 20 °С протягом 1 год. та збивання протягом 3-5 хв. Окремо збивали меланж із цукровим піском до збільшення об'єму в 2.5-3 рази, після цього змішували збиті водно-борошняну і яєчно-цукрову суміші, додавали крохмаль і есенцію. Розроблена технологія дозволяє збільшити питомий об'єм і пористість бісквітного виробу, а також підвищити харчову цінність і знизити вартість готового продукту за рахунок зменшення меланжу¹⁵.

¹² Назар М. І., Кочерга В. І. Визначення вітамінно-мінерального складу виробів з бісквітного тіста на основі борошняних сумішей і фітокомпозицій // *Харчова наука і технологія*. 2012. № 3. С. 59-62.

¹³ Гапоненко В. О., Нуреева А. В. Технологія бісквітних виробів підвищеної біологічної цінності // *Modern directions of the oretical and applied researches*. 2014. № 1 (11). С. 42-47.

¹⁴ Юрченко С. Л., Шабельська І. І. Удосконалення рецептурного складу бісквітного напівфабрикату з використанням мультизернового борошна // *Молодий вчений*. 2018. № 10 (62). с. 448-451.

¹⁵ Пат. 2256329 МПК7 А 21 D 13/08. Спосіб производства бисквитного полуфабриката // Артемова Е. Н., Новицкая Е. А. № 2004103239/13; Заявл. 04.02.2004; Опубл. 20.07.2005.

Досліджено якість бісквітного напівфабрикату з додаванням цільного пшеничного борошна у кількості 6 г, зародків пшениці – 6 г, вітамінів С – 85 мг та Е – 14 мг, β-каротину – 40 мг, Цинку – 7 мкг та Селену – 44 мкг. Встановлено, що у зазначеній кількості добавки поліпшують опірність організму людини до захворювань, покращують розумову діяльність, а також підвищують імунітет¹⁶.

Досліджено заміну пшеничного борошна у різних концентраціях на соргове борошно в рецептурі бісквітів. Соргове борошно у концентрації 20 % сповільнювали черствіння бісквітних напівфабрикатів краще за контрольні зразки. Додавання 50 % соргового борошна дозволило виключити з рецептури бісквітного тіста крохмаль, що сприяло збільшенню його в'язкості, а у концентрації 60 % підвищився питомий об'єм бісквітного напівфабрикату та покращились структурно-механічні властивості м'якушки бісквіту¹⁷.

Обґрунтовано можливість використання ячмінного борошна в концентраціях від 50 до 100 % на заміну пшеничного борошна в технологіях бісквітних напівфабрикатів. Встановлено, що додавання ячмінного борошна сприяє збільшенню стабільності пінної системи, підвищується стійкість бісквітного тіста до руйнування. Доведено, що під час зберігання бісквітних напівфабрикатів знижується швидкість черствіння та обґрунтована можливість збільшення термінів їх зберігання на 24 години¹⁸.

На сьогодні борошняні кулінарні вироби займають значну частку харчування населення. Борошняні страви та кулінарні вироби характеризуються високою калорійністю, приємним зовнішнім виглядом, мають добрі смакові якості, високу харчову цінність, яка залежить від додаткової сировини, що входить до складу тіста (яйця, молоко, цукор, жир) та значно підвищується, якщо вироби готують з фаршами із м'яса, риби, сиру та ін. Найбільш поширеними

¹⁶ Використання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» у технології бісквітного напівфабрикату / О. В. Самохвалова, К. Р. Касабова, С. Г. Олійник // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2011. Вип. 2. С. 255-261.

¹⁷ Чорна Н. В. Технологія бісквітних напівфабрикатів з використанням соргового борошна: автореф. дис. на зд. наук. ступеня канд. техн. наук / Н. В. Чорна Х., 1998. 24 с.

¹⁸ Чудік Ю. В. Удосконалення технології бісквітних і пісочних напівфабрикатів на основі ячмінного борошна: Дис. канд. техн. наук: 05.18.01 / Національний ун-т харчових технологій. Х., 2002. 316 арк.

борошняними виробами є пельмені, вареники, млинці, млинчики, оладки, налисники, галушки, локшина^{19,20,21}.

Для приготування борошняних кулінарних виробів використовують переважно пшеничне борошно вищого і першого сорту, що обумовлено його органолептичними показниками та хлібопекарськими властивостями, а саме силою борошна, його газотворюючою, газотримуючою та водопоглинальною здатністю²².

Борошно є продуктом повсякденного вжитку, проте, порівняно із зерном, з якого його отримують, воно має знижену біологічну цінність. Основною причиною цього є видалення зовнішньої оболонки, багатой на мінеральні речовини, вітаміни і харчові волокна, від зернівки у процесі помелу²³.

Одним із напрямів підвищення якості борошняних кулінарних виробів із борошна є застосування харчових і дієтичних добавок, проте значна частина має штучне походження, споживати яких не рекомендується²⁴.

З метою покращення харчової цінності борошняних кулінарних виробів розроблено функціональні композиції з дієтичних добавок для виробництва борошняних кулінарних виробів, а саме пирогів з борошна жорнового цілого сіяного, борошна гречаного пробудженого, зерна кукурудзи, інуліну, білково-жирової добавки

¹⁹ Технологія кондитерських, кулінарних і хлібобулочних виробів : навч. посібник / Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук, О. М. Постнова, С. Г. Олійник, М. В. Артамонова, О. В. Неміріч, О. Т. Старчаєнко; Під ред. Г. М. Лисюк. Харків : ХДУХТ, 2007. 412 с.

²⁰ Капрельянц Л. В., Горгачова К. Г. Функціональні продукти : навч. посібник. Одеса: Друк, 2003. 312 с.

²¹ Пучкова Л. И., Поладова Р. Д., Матвеева И. В. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Ч. 1 : Технология хлеба. СПб.: ГИОРД, 2005. 559 с.

²² Сірохман І.В., Лозова Т.М. Якість і безпечність зерно-борошняних продуктів : навч. посібник. К. : Центр навч. літератури, 2006. 384 с.

²³ Бондар І. П. Розроблення технології хліба з борошняних сумішей підвищеної харчової цінності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів»; Національний ун-т харчових технологій. К.: НУХТ, 2003. 20 с.

²⁴ Кравченко М. Ф., Криворучко М. Ю., Антоненко А. В. Безпечність нових борошняних виробів на основі пророщеного зерна пшениці // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2014. Вип. 1. С. 51-58.

ЕСО, цистозіри, овочевої начинки з метою отримання борошняних кулінарних виробів з покращеними споживними властивостями²⁵.

Розроблено борошняні кулінарні вироби (вареники «Здоров'я», пельмені «Особливі») із використанням функціональних композицій на основі борошна зернобобових культур (сої) і продуктів переробки морських водоростей (цистозіра, карагінан)²⁶.

Перспективним напрямом у створенні борошняних кулінарних виробів з покращеним нутрієнтним складом є формування борошняних композиційних сумішей із заданим вмістом основних поживних і біологічно активних речовин. Як компоненти борошняних композитних сумішей використовують гречане, вівсяне, ячмінне, кукурудзяне, горохове, житнє, амарантове борошно та ендосперм, зародок, оболонку, алейроновий шар зернових культур, які характеризуються певними функціональними властивостями^{27,28,29}.

Перспективним серед поширених способів підвищення харчової та біологічної цінності борошняних кулінарних виробів залишається використання цільозмеленого борошна, в якому зберігаються всі периферичні частинки зернівки – оболонки алейроновий шар, зародок.

Здійснений аналіз літературних та патентних джерел свідчить, що сьогодні в Україні та за кордоном використання пророщених зерен з рослинної сировини та борошна з нього знайшло широке застосування у різних галузях харчових виробництв. У результаті пророщення зерен виробники отримують сировину чи готові до споживання продукти з новими споживчими властивостями.

Пророщування зерна використовують для переробки різних видів харчової сировини, внаслідок чого харчові нутрієнти піддаються

²⁵ Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Карпенко П. О. Технологія продукції громадського харчування з використанням біологічно активних добавок : монографія. К. : КНТЕУ, 2003. 322с.

²⁶ Спосіб виробництва борошняних гарнірів «Здоров'я» : патент / Кравченко М. Ф., Демічковська М. П. // № 54911 від 25.11.2010 р.

²⁷ Удосконалення технології борошняних кондитерських виробів на основі композитних сумішей : автор. десерт. на здобуття наукового ступеня к.т.н. // Макарова Ольга Василівна, ОНАХТ, Одеса, 2005. 13 с.

²⁸ Пшенишнюк Г.Ф. Використання зернових добавок в технології борошняних виробів / Пшенишнюк Г.Ф., Іоргачова К. Г., Макарова О. В. // *Хранение и переработка зерна*. 2004. № 7. С. 39-41.

²⁹ Хлібопекарські властивості композиційних сумішей на основі пшеничного, гритакалевого, кукурудзяного та ячмінного борошна / В. О. Моргун, Д. О. Жигунов, О. С. Крошко // *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2005. № 2. С. 20-21.

цілому ряду фізичних та біохімічних перетворень. При цьому змінюється структура, хімічний склад та технологічні властивості отриманого борошна.

Для повного обґрунтування використання борошна з пророщеного зерна в технології бісквітних виробів слід розглянути технологію виробництва пророщеного зерна та його вплив на фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні показники сировини.

Проростання зерна – це біологічний процес, на початку якого в зерно надходить волога і потім активізуються гідролітичні процеси. Макрополімери білків, крохмалю та некрохмалистих полісахаридів трансформуються у амінокислоти, оліго– та моносахариди. Подібний процес відбувається у шлунково-кишковому тракті людини: пророщене зерно допомагає шлунку та кишечнику розщепити білки та вуглеводи зерна. Відбувається гідроліз крохмалю із збільшенням кількості декстринів та загальних цукрів, руйнується структура стінок клітини. Клітковина розпадається на вторинний цукор, внаслідок чого поліпшується перетравлення і смакові якості, знищується патогенна мікрофлора. Під час проростання зерна при участі ферментів високомолекулярні речовини гідролізуються до низькомолекулярних водорозчинних компонентів. Під дією амілаз відбувається розщеплення крохмалю (амілоліз), протеолітичні ферменти здійснюють гідроліз білків.

Активізація ферментативних гідролітичних процесів в пророщеному зерні відбуваються разом з утворенням вітамінів (Аскорбінова кислота, Ніацин, Фолієва кислота, Рибофлавін), харчових волокон^{30,31}. З метою покращення біологічної цінності продуктів харчування розроблено та досліджено методи пророщування різних видів зерна – гречки, вівса, бобових, пшениці.

Цінною бобовою сировиною для пророщування вважається сочевиця. Вона містить багато білка із збалансованим вмістом амінокислот, полісахаридів, вітамінів та мінеральних елементів (Натрію, Кальцію, Феруму, Фосфору та Міді)^{32,33}. Під час

³⁰ Рибалка О. І. Якість пшениці і її поліпшення. Одеса, 2011. С. 363-422.

³¹ Carmen Rodriguez, J nana Frias. Correlations between some nitrogen fractions, lysine, histidine, tyrosine, and ornithine contents during the germination of peas, beans, and lentils // *Food Chemistry*, 2008. Vol. 108, Is. 1. Pp. 245-252.

³² Гордеев А. В., Бутковский А. В. Роль зерна в формировании структуры питания // *Зернові продукти і комбікорми*. 2004. № 3. С. 4-9.

³³ Grochaalska D. Influence of soya bean preparations and reduced salt content on the quality of poultry sausages / D. Grochaalska, J. Mroczek // *Medycyna weterynaryjna*. 2001. V. 57 (1). P. 54-58.

дослідження жирнокислотного складу борошна з пророщених зерен сочевиці встановлено, що співвідношення ПНЖК борошно сочевиці відповідає вимогам норм фізіологічних потреб організму людини і визначено співвідношення НЖК:МНЖК:ПНЖК = 1:1:1³⁴.

Досліджено зміни вмісту сполук антиоксидантної дії у зернах сочевиці в процесі пророщування. Зерно сочевиці замочували у воді при температурі 20 °С протягом 6 годин та пророщували у темному місці протягом 7 діб при температурі 19-20°С. Дослідження вмісту сполук антиоксидантної дії визначали з отриманого водневого та 70 % водно-спиртового екстракту. Визначено, що вміст фенольних сполук у водно-спиртових екстрактах збільшився у 2 рази, тоді як вміст Аскорбінової кислоти збільшився у 7 разів³⁵.

Перспективною сировиною для збагачення харчових продуктів є борошно з пророщеного зерна гречки. Досліджено вплив технологічних факторів пророщування гречки та пшениці на білкові сполуки, а саме низькомолекулярні, які мають високу біологічну та харчову цінність. Визначений термін пророщування гречки та пшениці, який становить 4 доби за температури 18°С³⁶.

Досліджено хімічний склад та технологічні властивості борошна з пророщених зерен вівса голозерного та ярової пшениці. Встановлено, що борошно має понижену калорійність, підвищений вміст незамінних амінокислот, есенціальних жирних кислот, вітамінів та мінеральних речовин³⁷.

Запатентований спосіб отримання складу суміші, до складу якої входить борошно з пророщеного вівса. Розроблена суміш володіє

³⁴ Маркович І. І., Паска І. З. Вплив сировини на зміни жирнокислотного складу напівкопчених ковбас // *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2015. Том 17 № 4 (64). С. 71-75.

³⁵ Бабяк Н. Пророщене зерно сочевиці зеленої, як джерело сполук антиоксидантної дії / Наталія Бабяк, Ірина Ясінська, Вікторія Іванова // *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10-11 квітня 2014 р. К.: НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 42-43.*

³⁶ Дослідження впливу технологічних факторів пророщування на білкові речовини пшениці та гречки як сировини для виробництва продуктів дитячого харчування / М. І. Соболь, В. А. Терлецька, І. М. Зінченко, В. М. Ковбаса // *Хранение и переработка зерна*. 2014. Том 183. № 6. С. 65-67.

³⁷ Здобне печиво з використанням борошна з пророщених зерен вівса та пшениці / В. Оболкіна, Н. Ємельянова, А. Скрипко // *Продовольча індустрія АПК*. 2014. № 2. С. 28-32.

високими споживними властивостями, високою харчовою та біологічною цінністю, покращеним ступенем засвоюваності³⁸.

Наведені способи отримання пророщених зерен та використання в технології виробництва борошняних кондитерських виробів набуло широкого застосування. Але в наш час багато науковців удосконалюють способи пророщування зерен злаків та бобових. Так, досліджено доцільність пророщування зерен злаків у екстрактах пряної сировини часнику та цибулі. Застосування екстрактів під час пророщування пригнічує розвиток мікрофлори, підвищує вміст вітаміну Е, групи В та вітаміну С у порівнянні з зерном пророщеним у воді. На основі технології пророщування розроблено технологію виготовлення оздоровчих продуктів «Зернятко пікантне»³⁹.

Досліджено технологію пророщування бобів сої, насіння люцерни та зерна пшениці у розчині сульфату заліза. Визначено, що розчин сульфату заліза викликає абіотичний стрес, при цьому підвищується ступінь дегідратації крохмалю та вміст редуруючих цукрів⁴⁰.

Розроблено технологію пророщування зерна тритикале у водних екстрактах з *Aperaspicaventi*. Визначено, що водні екстракти пришвидшують процес проростання та знижують активність ферментів, що негативно впливають на харчову та біологічну цінність пророщеного зерна⁴¹. Інгібітором патогенної мікрофлори є фітонциди рослин хрону та гірчиці, які володіють ще й антисептичною дією на пророщування зерна⁴².

Досліджено фізіологічні показники пророслого зерна пшениці з використанням води, піддано дії контактної нерівноважної плазми. В процесі приймання та зберігання зерно піддається технологічному оброблянню, під час якого видаляються всі корисні частинки зерна.

³⁸ Патент на корисну модель. Суміш для дитячого харчування / Соболев М. І., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Ковбаса В. М. № 97565; заявл. 05.09.2014, опубл. 25.03.2015, Бюл. № 6.

³⁹ Бажай-Жежерун С. А. Продукти з пророщеного зерна «Зернятко пікантне» // *Харчова наука і технологія*. 2015. Вип. 9 (3). С. 3-8.

⁴⁰ Zielińska-Dawidziak, M. Wpływ jonów Fe²⁺ działający chnakielku jęcenasonasoi, lucerny oraz ziarna akipszeni cynazawartość skrobiic ukrówredukcujących / M. Zielińska-Dawidziak, D. Piasecka-Kwiatkowska, T. Twardowski // *NaukaPrzyr. Technol.* 2010. № 4 (2). pp. 1-8, ISSN 1897-7820.

⁴¹ Kraska, P. Wpływ wodnych wycigówz Aperaspica-ventinaenergi i zdolnosckie łkowania Secalecereale i Triticosecale / P. Kraska, E. Ska-Poppe // *Annalesu Universitatis Mariae Curie-Sklodowska* : Lublin Polonia. 200. № 2. pp. 127-136.

⁴² Жукевич О. Фітонцидна активність рослинної сировини // *Харчова промисловість*. 2009. № 5 . С. 61-53.

Для збереження біологічних активних речовин, зменшення кількості мікроорганізмів та їх спор запропоновано замочувати зерна у плазмо-хімічній активованій воді. Встановлено, що під час проростання вода слугує стимулятором активності життєдіяльності зародка пшениці, збільшується синтез вітамінів групи В, Е, РР, збільшує тривалість зберігання⁴³.

З метою покращення поживної цінності зерна запропоновано інші методи пророщування. Розроблено технологію пророщування зерна проса, пшениці, вівсу, сої у воді і розчинах солі (хлориду натрію, морської солі, сорбінової кислоти), поєднання замочування з глибоким заморожуванням та пророщування зерна з включенням біологічно цінних нутрієнтів цільової направленості. Запропоновані методи пророщування дозволяють покращити якість, підвищити кількість редуруючих речовин в екстрактах насіння⁴⁴.

Під час розробки технології пророщування зерна проса, пшениці, вівсу, сої визначались параметри сушіння, фізико-хімічні властивості та хімічний склад отриманого борошна. Для отримання борошна з високою поживною цінністю важливим параметром виступала температура сушіння. Визначено, що під час сушіння максимально зберігаються всі макро- та мікроелементи, вітаміни. Встановлено, що у розробленого борошна значно підвищився вміст білку на 16.0 %, жирів – на 46.2 %, моно- і дисахаридів – у 4.1 рази, харчових волокон – у 4.0 рази відносно борошна пшеничного вищого сорту. Підвищений вміст корисних нутрієнтів пояснюється використанням всіх частин зерна пшениці: оболонки, алейронового шару і ендосперму та технологією виробництва. Проте вищезазначені методи є довготривалими та дорогавартісними, що впливає на собівартість кінцевої продукції.

Проведений аналіз літературних та патентних джерел свідчить про широке використання зернових та зернобобових культур з метою їх пророщування та одержання сировини для виробництва харчових продуктів підвищеної харчової та біологічної цінності.

⁴³ Вплив плазмо-хімічно-активованої води на фізіологічну повноцінність зерна пшениці для виробництва цільнозернових продуктів / С. Ю. Миколенко, О. А. Півоваров, Ю. О. Чурсінов, В. Ю. Соколов // *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 1. С. 57-63.

⁴⁴ Кудашев С. М., Лукіна Г. Д. Біотехнологічні методи обробки зерна з метою покращення його поживної цінності // *Наукові праці ОНАХТ*. 2010. Вип. 38 (1). С. 109-112.

2. Технологія борошна з пророщеного зерна пшениці

Актуальним залишається застосування натуральної сировини рослинного походження підвищеної біологічної цінності. До такої сировини відноситься борошно отримане із пророщеного зерна пшениці в розчині морської харчової солі, яке характеризується високою біологічною цінністю (борошно «Здоров'я») ⁴⁵.

Розроблена технологія борошна з пророщеного зерна пшениці, у розчині морської харчової солі з визначенням оптимальних температурних режимів сушіння зерна. Технологія передбачає сушіння зерна з вологістю понад 20% за максимальної допустимої температури не вище 45–50°C. Борошно з пророщеного зерна пшениці отримують за наступною технологічною схемою, яка складається з трьох етапів (рис. 1) ⁴⁶.

I етап. Підготовка зерна і розчину морської харчової солі. Спочатку зерно перебирають і миють, потім замочують у питній воді на 4 год. для очищення. Зерно, що протягом замочування сплигло на поверхню, видаляють. Зерно пшениці промивають і використовують для пророщування. Морську харчову сіль розчиняють у питній воді ($t=20\pm 2^\circ\text{C}$) у співвідношенні 2:98 протягом 7–8 хв, відстоюють протягом 10–12 хв і проціджують.

II етап. Пророщування зерна. Зерно пшениці заливають 2% сольовим розчином на 8 год., накривають змоченою у розчині тканиною і пророщують при температурі 20–22°C протягом 17,5–18 год., кожні 4 год. промивають проточною водою для запобігання мікробіологічному псуванню.

III етап. Виробництво борошна. Пророщене зерно висушують у сушильній шафі протягом 4,0–4,5 год. при температурі 70°C до вмісту вологи 14,5%. Після сушіння зерно подрібнюють на млині і просіюють крізь сито ($d = 1,4$ мм), отримане борошно фасують у паперові пакети і зберігають у добре провітрюваних приміщеннях при вологості повітря не більше 75% протягом 12 місяців.

⁴⁵ Кравченко М. Ф., Криворучко М. Ю., Поп Т. М. Якість борошна із зерна пшениці, пророщеного в розчині морської харчової солі // *Товари і ринки*. 2012. № 2. С. 106–111.

⁴⁶ ТУ У 10.6-05476322-001:2013. Борошно «Здоров'я». Чернівці : Чернівецький регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації, 2013. 18 с.

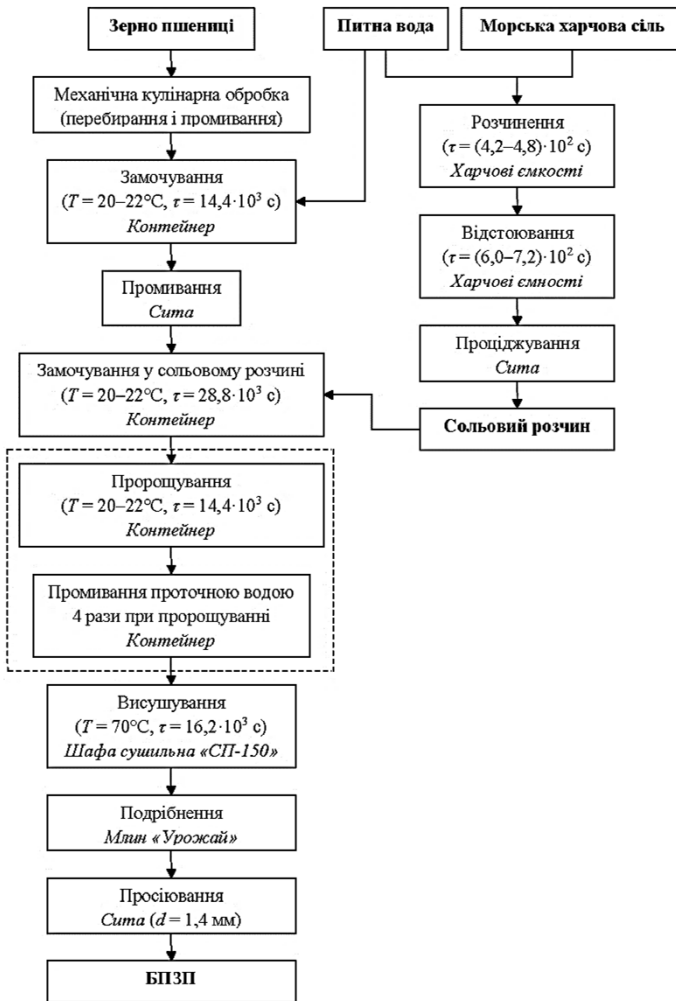


Рис. 1. Технологічна схема виробництва борошна пророщеного зерна пшениці у розчині морської харчової солі (борошно «Здоров'я»)

Суттєве зростання майже усіх нутрієнтів борошна пророщеного зерна пшениці порівняно з пшеничним борошном вищого сорту і оббивним можна пояснити наявністю у його складі усіх частин зерна – оболонки, в якій міститься багато клітковини і більшість

мінеральних речовин, алейронового шару, що містить білки, жири, цукри і вітаміни, та ендосперму, що переважно складається з крохмалю і білків.

За хімічним складом борошно пророщеного зерна пшениці відзначається вищим на 16% вмістом білка у порівнянні із борошном пшеничним вищого сорту. Результати дослідження амінокислотного складу борошна пророщеного зерна пшениці виявили підвищення вмісту усіх амінокислот порівняно з борошном пшеничним вищого сорту, зокрема, вміст глютамінової кислоти, валіну, проліну, ізолеїцину, аргініну, триптофану і лейцину зріс на 0,5–9,5%. Вміст фенілаланіну, тирозину, серину, аспарагінової кислоти, гліцину, лізину, треоніну і аланіну зріс на 14,5–24,9%, а вміст гістидину, цистину і метіоніну – на 26,6, 34,7 і 35,9% відповідно. При цьому загальний вміст незамінних амінокислот зріс на 11,7%, замінних – на 7,7%. Лімітуючою амінокислотою у борошні пророщеного зерна пшениці, як і в пшеничному борошні, є лізин⁴⁷.

Борошно пророщеного зерна пшениці характеризується вищим вмістом жиру, клітковини та моно- і дисахаридів на 46,2%, у 4,0 і 4,1 рази відносно борошна вищого сорту та на 21,4% нижчим вмістом крохмалю. У борошні пророщеного зерна пшениці відзначається підвищений вміст вітамінів: В₁ – у 4,2, В₂ – у 6,5, В₃ – у 5,4, В₆ – у 5,5, В₉ – у 2,7 рази відповідно порівняно з борошном пшеничним вищого сорту. Відзначається покращений мінеральний склад борошна пророщеного зерна пшениці: вміст Калію зріс у 2,0, Кальцію – у 3,4, Магнію – у 3,6, Феруму – у 2,5, Цинку – у 2,9, Купруму – у 2,8 рази порівняно з борошном вищого сорту, визначений і Йод, вміст якого склав біля 32 мкг.

За рахунок суттєвого зниження вмісту крохмалю у борошні пророщеного зерна пшениці знизилась його енергетична цінність – на 13,7 і 18,5% відносно борошна вищого сорту.

⁴⁷ Поп Т. М. Технологія пісочних кондитерських виробів з порошком листя волоського горіха // десерт. на здоб. наук. ступ. к. т. н. КНТЕУ. Київ, 2016.

Таблиця 2

Харчова і енергетична цінність борошна пророшеного зерна пшениці у розчині морської харчової солі та борошна пшеничного вищого сорту (на 100 г), $p \leq 0,05$

Показники	Борошно пшеничне вищого сорту ⁴⁸	Борошно пророшеного зерна пшениці	Різниця, %
Білки, г	10,6±0,4	12,3*±0,3	16,04
Жири, г	1,30±0,06	1,90*±0,07	46,15
Вуглеводи, г, у т.ч.:	79,2±3,5	70,3*±3,0	-11,24
– крохмаль	76,8±2,1	60,4*±1,6	-21,35
– моно- і дисахариди	0,30±0,04	1,20*±0,07	300,00
– клітковина	2,1±0,2	8,7*±0,4	314,29
Вітаміни:			
– В ₁ , мг	0,18±0,02	0,76*±0,05	322,22
– В ₂ , мг	0,06±0,01	0,39*±0,04	550,00
– В ₃ , мг	1,29±0,10	7,02*±0,80	444,19
– В ₆ , мг	0,16±0,02	0,88*±0,07	450,00
– В ₉ , мг	0,03±0,01	0,08*±0,01	166,67
Мінеральні речовини:			
Макроелементи, мг:			
Кальцій	24±1	82*±8	241,67
Магній	44±3	160*±21	263,64
Калій	176±10	348*±28	97,73
Мікроелементи, мкг:			
Залізо	2,10±0,08	5,31*±0,54	152,86
Цинк	0,92±0,04	2,67*±0,19	190,22
Мідь	–	32*±3	–
Йод	175±7	491*±38	180,57
Енергетична цінність, ккал	362,5±15,5	312,7*±12,0	-13,74

*Різниця з контролем є статистично достовірною

Таким чином, наведені дані свідчать, що найчастіше для збагачення борошняних кулінарних виробів використовують добавки чи продукти переробки традиційної сировини. На ряду з цим варто відзначити, що використання будь-якої нетрадиційної сировини у технологіях борошняних кулінарних виробів часто негативно впливає на органолептичні, фізико-хімічні та структурно-

48 Химический состав пищевых продуктов: Справочные табличные содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности продуктов / Под. ред. И.М. Скурихина, В.Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ВО Агропромиздат, 1987. Кн. 1. 224 с.

механічні показники виробів, що потребує додаткових технологічних прийомів для їх покращення.

Дослідниками визначено технологічні характеристики розробленого борошна за вмістом клейковини. Встановлено, що клейковина прісного тіста, виготовленого з борошна «Здоров'я», не відмивається. Дане явище можна пояснити тепловою денатурацією клейковинних білків – гліадину і глютеніну – на стадії висушування зерна, яке проводили при $t = 70^{\circ}\text{C}$. Денатурація білків злакових культур починається при $60-70^{\circ}\text{C}$, при цьому руйнується їх четвертинна, третинна, вторинна структури і вони частково втрачають здатність до гідратації. Порушення клейковинного комплексу призводить до зниження пружності і підвищення плинності прісного тіста.

Одними з фізико-хімічних та структурно-механічних властивостей борошна, що впливають на тістоутворення є водопоглинальна здатність і число падіння.

Число падіння характеризує активність ферменту α -амілази, який діє на молекули крохмалю, розщеплюючи їх до цукрів. Вміст α -амілази повинен бути низьким, оскільки через активне розщеплення крохмалю тісто буде в'язким та липким. Високе число падіння є показником низької активності ферменту α -амілази, що говорить про високий вміст білку. Встановлено, що показник числа падіння борошна з пророщеного зерна пшениці одразу після подрібнення становить 135 с, що у 1,8 разів менше за відповідний показник борошна пшеничного вищого сорту. Водопоглинальна здатність борошна обумовлена вмістом і станом у ньому білків, крохмалю та клітковини. Під час дослідження водопоглинальної здатності, встановлено, що для борошна з пророщеного зерна пшениці цей показник становить 67,4 %, що на 13,5 % менше відносно борошна пшеничного вищого сорту. Знижена водопоглинальна здатність обумовлена низьким вмістом крохмалю у борошна з пророщеного зерна пшениці, вміст якого становить 60,4 %, що на 21,5 % нижчий відносно борошна пшеничного вищого сорту.

Крохмаль борошна з пророщеного зерна пшениці збільшує пластичність бісквітного тіста за рахунок його підвищеної здатності до набрякання та нижчої до ретроградації. Такі властивості сприятимуть покращенню структурно-механічних властивостей напівфабрикатів і вони можуть довше зберігати свіжість.

3. Фізико-хімічні та технологічні властивості борошняних сумішей із пророшеного зерна пшениці

З метою обґрунтування вибору борошняних кулінарних та кондитерських виробів, для яких доцільно використовувати борошно пшеничне у суміші з борошном з пророшеного зерна пшениці, проведені дослідження його технологічних і фізичних властивостей та встановлено раціональну концентрацію борошна пшеничного вищого сорту (БПВС) та борошна з пророшеного зерна пшениці (БЗ) у цих виробках.

Для виробництва окремих видів тіста, таких як бісквітне, пісочне, вафельне, для млинців та оладків застосовують борошно слабке або середнє за силою; для прісного тіста – сильне або середнє за силою. При використанні сильного борошна тісто для борошняних кондитерських виробів буде затягнутим, а вироби – твердими; при використанні слабого борошна тісто для борошняних кулінарних виробів буде в'язким. Тому під час виробництва тіста для борошняних кондитерських виробів до рецептури додають крохмаль, який послаблює силу борошна, зменшує набрякання клейковини та надає тісту пластичності і знижує його пружність.

Пісочне тісто замішують швидко з метою отримання пластичного тіста, яке забезпечується завдяки додаванню жиру, яєць та цукру. Борошно для пісочних виробів має мати слабку клейковину, а у разі використання борошна з дуже низьким вмістом клейковини тісто виходить крихким⁴⁹.

Для приготування прісного тіста необхідне борошно з сильною клейковиною та тривале, інтенсивне замішування з метою отримання пружного та еластичного тіста. Технологічні властивості БЗ та борошняних сумішей визначали шляхом замішування тіста (БПВС, БЗ, вода), яке найбільш точно може характеризувати прийнятність до різних видів тіста.

Отже для отримання різних видів тіста потрібні відповідні фізичні показники борошна, головними з яких вважається пружність, сила борошна, розрідження та валориметрична оцінка тіста. З метою визначення фізичних властивостей борошняних сумішей та його відповідність типу виробів використовували прилади фаринограф Brabender та альвеограф. За отриманими результатами фаринограм та

⁴⁹ Технологія пісочних кондитерських виробів з порошком листя волоського горіха : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Поп Тетяна Михайлівна; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. Київ, 2017. 19 с.

альвеограм можна зробити висновок про властивості, силу борошна та його відповідність окремим видам тіста.

Головними фізичними властивостями тіста, за якими можна зробити загальну оцінку борошна, повинні мати високі показники пружності, сили борошна, валориметричну оцінку та низькі показники розтяжності тіста. Пружність та силу борошна визначали на приладі альвеограф. Альвеограф призначений для визначення сили борошна за опором тіста тиску повітря, яке записує альвеограма та вимірюється у одиницях приладу (од. а.). Враховується також пружність (P) тіста у мм (висота альвеограми) та відношення пружності тіста до його розтяжності (L) (до довжини альвеограми). Для виробів, яким необхідне сильне борошно, яке здатне утворювати пружне тісто та міцну структуру, норми стандарту передбачають показник сили борошна не менше 280 од. а.; пружність тіста – не менше 80 мм.

Технологічні вимоги до сильного борошна передбачають величину розрідження тіста не більш ніж 60 од. ф. Показник розрідження більше 150 од. ф. оцінює борошно як слабке за силою. Валориметрична оцінка нормується для сильного борошна та повинна бути не менше 70 од. а., у слабого борошна з низьким вмістом структуроутворюючих речовин, цей показник становить менше 30 од. а.⁵⁰.

Основні фізичні показники борошна (при вологості 14,5 %) для різних видів тіста наведено в таблиці 3.

Дані фізичних властивостей борошна свідчать, що під час виробництва прісного та листкового тіста необхідно використовувати сильне за силою борошно. Високі показники сили борошна, пружності та валориметрична оцінка, знижений показник розрідження та сильна за якістю клейковина тіста сприяють утворенню пружного та еластичного тіста.

Як зазначалось вище для борошняних кондитерських виробів необхідне слабке за силою борошно. Під час виробництва БКВ на виробництві, з метою послаблення сильного борошна, до складу рецептури виробів додають крохмаль, жир тощо. Тому вважали за потрібне дослідити фізичні показники модельних тістових композицій з метою визначення технологічних властивостей борошняних сумішей з БЗ у різних концентраціях.

⁵⁰ Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / Український інститут експертизи сортів рослин; укл. Ткачик С. О., Лещук Н.В., Присяжнюк О.І. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. 120 с.

**Фізичні показники та вміст клейковини борошна
для різних видів тіста**

Показник	Види тіста					
	Прісне	Листкове	Пісочне	Бісквітне	Вафельне	Для оладків, млинців
Вміст клейковини, %	25		23	19	17	14
Пружність, мм	90-100	80-89	70-79	60-69	50-59	< 50
Сила борошна W, од. а.	280-399	260-279	240-259	180-239	< 180	
Розрідження, од. ф.	31-50	51-60	61-80	81-120	121-150	>150
Валориметрична оцінка, од. а.	80-84	70-79	55-69	45-54	31-44	<30

Вплив борошна «Здоров'я» на структурно-механічні та фізичні властивості модельних тістових композицій досліджували, замінюючи БПВС на БЗ у концентрації від 10 % до 100 % з інтервалом 10 %.

Визначено, що додавання БЗ до модельних тістових композицій може мати вплив на основні показники клейковини тіста, адже кількість, якість та фізичні властивості клейковини визначають технологічні властивості борошна і виробів з нього. У БЗ через особливості його виробництва, а саме для його отримання зерно піддається висушуванню при температурі 70°C, білок клейковини частково денатурує, що в подальшому впливає на вміст клейковини. При додаванні БЗ до БПВС у концентрації від 10 до 100 % вміст клейковини зменшується на 10...90 %. Під час відмивання клейковини з БЗ встановлена повна її відсутність. Тобто збільшення концентрації БЗ у модельних тістових композиціях перешкоджає утворенню клейковини, що призводить до зміни фізичних властивостей тіста.

Під час дослідження фізичних властивостей тістових модельних композицій проведено їх сенсорну оцінку. Встановлено, що зі збільшенням концентрації БЗ модельні тістові композиції набували світло-коричневого кольору з вкраплення частинок БЗ. Це необхідно

враховувати під час вибору напрямів технологічного використання борошняних сумішей БПВС та БЗ.

Процес тістоутворення досліджували за допомогою фаринографа фірми Brabender за наступними показниками: водопоглинальна здатність (ВПЗ), час утворення, стійкість до механічного впливу, розрідження, еластичність тіста. Ці показники дадуть можливість зробити висновки про використання борошняних сумішей БПВС та БЗ у технології різних видів тіста.

Водопоглинальна здатність є важливим фактором, що характеризує технологічні властивості борошна. Вона суттєво впливає на структурно-механічні властивості тіста і залежить більше від хімічного складу (вмісту білків, клейковини та крохмалю), ніж від крупності частинок борошна.

БЗ, порівняно з борошном пшеничним, містить більше білків та клітковини, яка за своєю природою відноситься до харчових волокон, менше крохмалю та клейковини, має крупніші оболонкові частинки, що має позначатися на його водопоглинальній здатності. Водопоглинальна здатність борошняних сумішей з БЗ, порівняно з пшеничним визначали за допомогою фаринографа за консистенції тіста 500 од. ф.

Під час утворення тіста з БПВС білки, крохмаль та клейковина борошна одразу зв'язують воду, підвищуючи водопоглинальну здатність тіста. Встановлено, що для досягнення консистенції у 500 од. ф. тістових модельних композицій з БПВС необхідно додавати більше води, ніж для утворення тіста з БЗ.

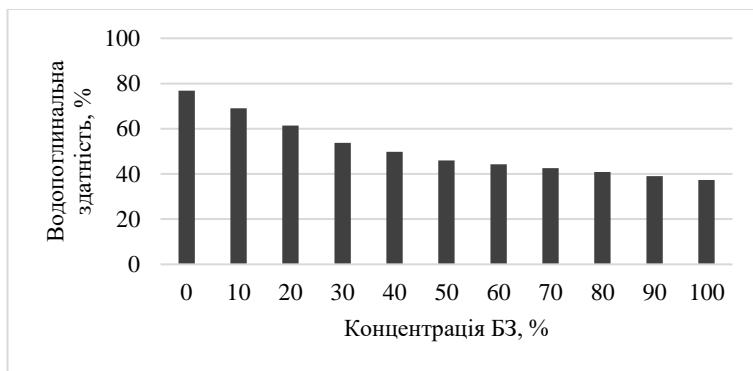


Рис 2. Водопоглинальна здатність модельних тістових композицій з різною концентрацією борошна «Здоров'я»

Отримані дані свідчать, що водопоглинальна здатність зменшується при збільшенні БЗ відносно контролю від 89,9 % до 48,5 % (рис. 2).

Для утворення тіста нормальної консистенції необхідний певний час, який буде змінюватись залежно від кількості води необхідної для його утворення та від вмісту клейковини. Тривалий час утворення тіста вказує на борошно з сильною клейковиною, більш короткий – з клейковиною слабкою за силою. Так, для модельних тістових композицій з додаванням пшеничного борошна вищого сорту час утворення тіста становить 5,5 хв., з додаванням БЗ час утворення тіста зменшується з 5,3 хв. до 1,7 хв. (рис. 3).

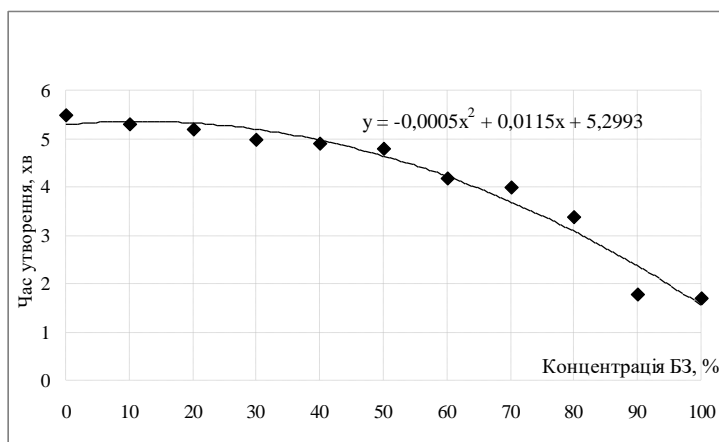


Рис. 3. Час утворення тістових модельних композицій з борошняних сумішей

Для борошняних кондитерських виробів велике значення має тривалість замішування тіста. Аналіз результатів фаринограм свідчить, що додавання БЗ зменшує час утворення тіста у три рази. Ймовірно, це пов'язано з тим, що зі збільшенням концентрації БЗ зменшується кількість клейковини, а клейковина пшеничного борошна, маючи більшу пружність і гідратаційну здатність, порівняно з БЗ, набуває довше (рис. 3).

Стійкість тіста – це тривалість часу, протягом якого консистенція тіста не змінюється. Визначено, що для модельних тістових композицій з концентрацією БЗ від 10 % до 100 % час стійкості тіста зменшується від 4,7 хв. до 0,25 хв. Отримані дані свідчать, що в тісті

недостатньо утворюється просторова структура, що призводить до зменшення стійкості впродовж всього часу замішування (рис. 4).

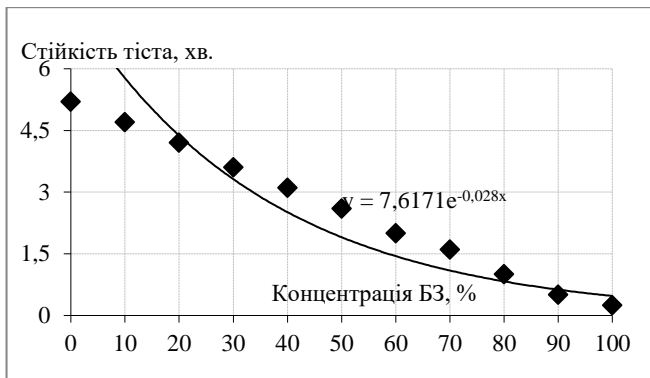


Рис. 4. Стійкість модельних тістових композицій з борошняних сумішей

Результати стійкості тіста свідчать, що показник розрідження тіста збільшується, внаслідок чого структура тіста під дією механічного навантаження зазнає руйнування.

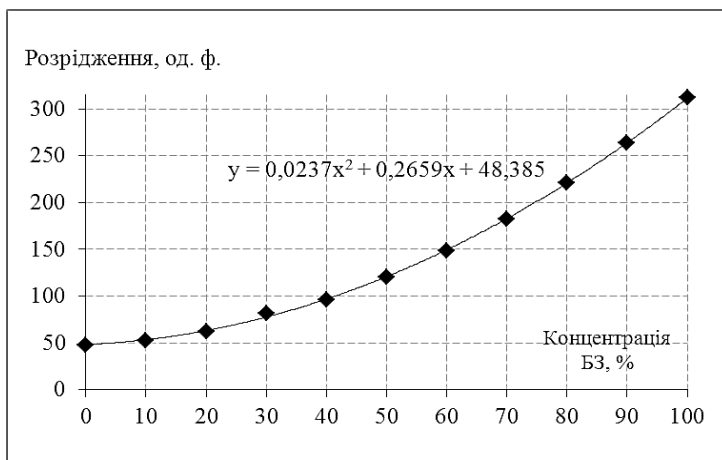


Рис. 5. Розрідження модельних тістових композицій з борошняних сумішей

Аналізуючи результати дослідження можна зазначити, що додавання БЗ збільшує розрідження тіста до 312 од. фаринографа, тоді як у контрольному зразку цей показник рівний 48 од. фаринографа, з одночасним зменшенням часу утворення тіста до 1,7 хв. Це може бути наслідком термічної обробки зерна пшениці, яке призводить до часткової денатурації білків, внаслідок чого зменшується кількість клейковини та крохмалю у БЗ. Це сприятиме оптимізації технологічного процесу на етапі замісу тіста для борошняних кондитерських виробів з бісквітного, пісочного, вафельного тіста (рис. 5).

Також погіршується еластичність модельних тістових композицій з додаванням БЗ (рис. 6).

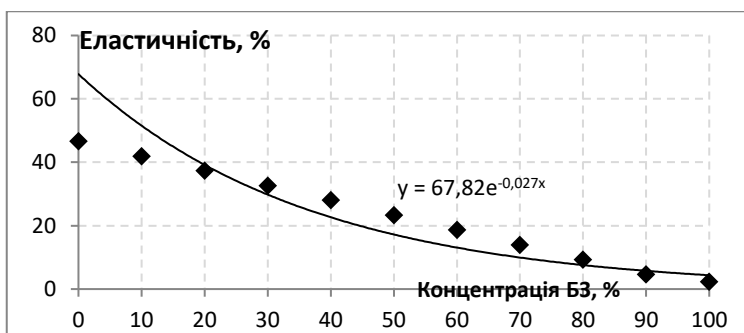


Рис. 6. Еластичність модельних тістових композицій з борошняних сумішей

Отже, дослідження модельних тістових композицій з борошняних сумішей пшеничного борошна та БЗ свідчать, що зі збільшенням БЗ еластичність тіста зменшується з 46,6 од. ф. до 2,3 од. ф.

Для підтвердження цих даних вирішено дослідити структурно-механічні властивості модельних тістових композицій на альвеографі, а саме пружність (P) та розтяжність (L) (рис. 7).

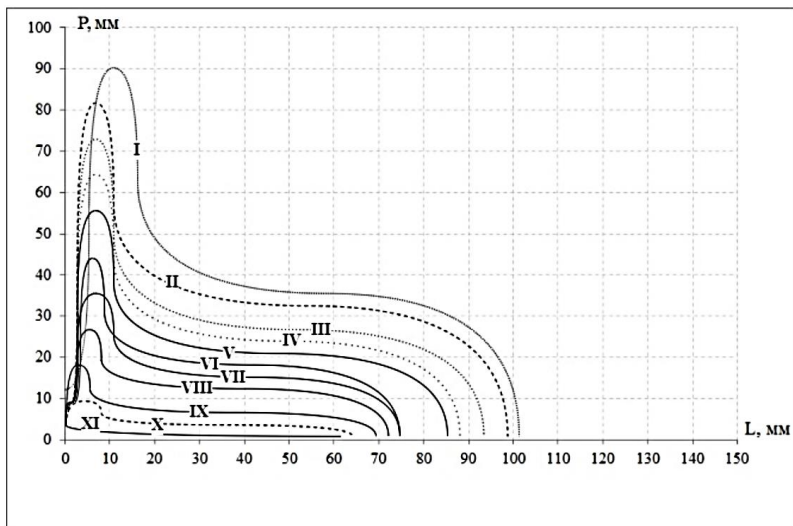


Рис. 7. Альвеограма модельних тістових композицій з борошняних сумішей (БПВС:БЗ): I – контроль; II – 90:10; III – 80:20; IV – 70:30; V – 60:40; VI – 50:50; VII – 40:60; VIII – 30:70; IX – 20:80; X – 10:90; XI – 0:100

Згідно нормативної документації прісне тісто замішане з сильного борошна повинно мати відношення $P/L = 1,2 \dots 1,3$ та показник пружності повинен бути не менше 80 мм.

Альвеограми модельних тістових композицій свідчать, що значення показника пружності тіста (P) зменшується зі зменшенням їх розтяжності (L). У контрольному зразку $L = 101$ мм, а у модельних тістових композиціях II-XI розтяжність зменшується від 97 до 62 мм. Результатами проведених досліджень встановлено, що у контрольному зразку відношення P/L становить 0,9, тобто БПВС містить клейковину з сильною пружністю і малою розтяжністю. Однак у модельних тістових композиціях II-XI відбувається ослаблення пружності та зменшення розтяжності, тому співвідношення P/L зменшується і становить 0,84...0,06 відповідно.

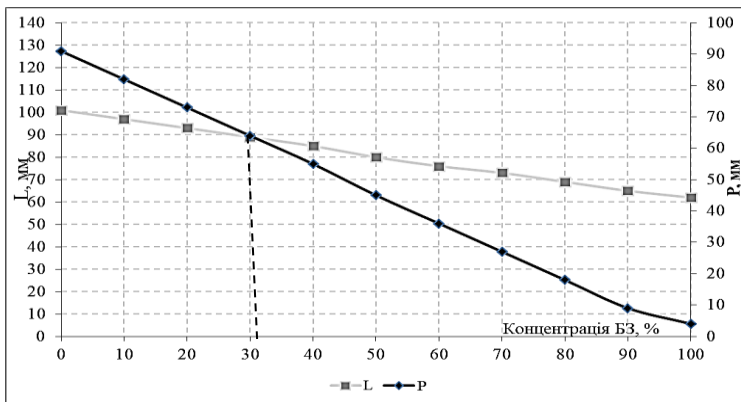


Рис. 8. Пружність та розтяжність модельних тістових композицій з борошняних сумішей

Аналіз результатів дослідження пружності та розтяжності свідчить, що додавання БЗ призводить до ослаблення сили борошна. Дані рис. 8 свідчать, що точка перетину є оптимальною концентрацією БЗ у борошняних сумішах і становить 30 %. В цій точці відношення P/L становить 0,75, що відповідає борошну слабкому за силою (рис. 8).

Результати розшифрування фаринограми та альвеограми для модельних тістових композицій з борошняних сумішей з різною концентрацією БЗ свідчать, що додавання БЗ у концентрації 100 % збільшує розрідження тіста до 312 од. пр., тоді як у контрольному зразку цей показник рівний 48 од. пр. з одночасним зменшенням часу утворення тіста до 1,7 хвилини. Це, ймовірно, обумовлено частковою денатурацією білків борошна та декстринізацією крохмалю.

Валориметрична оцінка борошна – це величина площі фаринограми. Аналізуючи дані можна зазначити, що валориметрична оцінка модельних тістових композицій зменшувалась зі збільшенням концентрації БЗ і становила для контрольного зразка 80 од. а. та 4 од. а. для зразка з повною заміною БПВС на БЗ. Дані дослідження вказують на те, що БЗ можна віднести до слабкого за силою борошна.

Також у результаті дослідження встановлено, що еластичність тіста з концентрацією БЗ у концентрації від 10 до 100 % зменшилась у порівнянні з контрольним зразком на 11,2...95,0 %, тобто додавання БЗ призводить до отримання нееластичного тіста. Також дослідження

показали, що додавання БЗ у різних концентраціях призводить до зменшення водопоглинальної здатності з 76,8 % до 37,3 %.

Показник сили борошна визначає його хлібопекарські властивості. Аналіз результатів показника сили борошна свідчить про послаблення борошна зі збільшенням концентрації БЗ у модельних тістових композиціях з борошняних сумішей на 100 %.

За фізичними властивостями модельних тістових композицій виготовлених з борошняних сумішей БПВС та БЗ у різних концентраціях можна визначити придатність цих сумішей під час виробництва різних видів тіста. Визначено, що модельні тістові композиції виготовлені з борошняних сумішей БПВС та БЗ характеризуються низькими показниками пружності, розтяжності, еластичності та валориметричної оцінки тіста, однак високим показником розрідження, що свідчить про послаблення сили борошна.

Згідно проведених досліджень додавання до модельних тістових композицій БЗ призводить до зміни фізичних (зменшується вміст клейковини, водопоглинальна здатність) та структурно-механічних показників тіста, але вони суттєво покращують харчову цінність і при концентрації БЗ у концентрації 30 % та за структурно-механічними показниками прийнятні для борошняних кулінарних та кондитерських виробів.

ВИСНОВКИ

Наукові дослідження та дані аналітичного огляду літератури свідчать, що борошняні кулінарні та кондитерські вироби, відіграють важливе значення у забезпеченні населення найважливішими есенціальними речовинами. Тому, виникає необхідність розробки нових підходів у вирішенні проблеми підвищення їх поживної та біологічної цінності, зокрема, повноцінних білків, незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон за рахунок внесення добавок.

Проведений аналіз свідчить про перспективність і актуальність розширення асортименту борошняних кулінарних та кондитерських виробів підвищеної харчової та біологічної цінності за рахунок використання борошна з пророщеного зерна пшениці у борошняних сумішах.

Згідно проведених досліджень додавання до модельних тістових композицій БЗ призводить до зміни фізичних (зменшується вміст клейковини, водопоглинальна здатність) та структурно-механічних показників тіста, але вони суттєво покращують харчову цінність і при

концентрації БЗ у концентрації 30 % та за структурно-механічними показниками прийнятні для борошняних кулінарних та кондитерських виробів.

АНОТАЦІЯ

На вітчизняному ринку України представлено широкий асортимент борошняних кулінарних та кондитерських виробів, що виробляються у закладах ресторанного господарства та крафтовими виробництвами. У зв'язку з цим виникає потреба у доступній вітчизняній харчовій сировині, яка є природнім джерелом біологічно активних речовин і здатна чинити позитивний вплив на організм людини. До такої сировини належить борошно «Здоров'я», яке виробляють із зерна, пророщеного у розчині морської харчової солі, що містить широкий спектр макро– і мікронутрієнтів, зокрема органічний Йод.

Метою статті є дослідження фізико-хімічних та технологічних властивостей борошняних сумішей з борошном «Здоров'я», а також визначення оптимальної концентрації борошна «Здоров'я» у технології борошняних кулінарних та кондитерських виробів. Згідно проведених досліджень додавання до модельних тістових композицій БЗ призводить до зміни фізичних (зменшується вміст клейковини, водопоглинальна здатність) та структурно-механічних показників тіста, але вони суттєво покращують харчову цінність і при концентрації БЗ у концентрації 30 % та за структурно-механічними показниками прийнятні для борошняних кулінарних та кондитерських виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України. URL : <https://minagro.gov.ua/ua>.
2. Сайт Інформаційно-аналітичного агентства «АПК-Інформ». URL : <https://www.apk-inform.com/ru/news/1522167>.
3. Сайт Pro-consulting. URL : <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-hlebobulochnyh-izdelij-2020>
4. Сайт Agropolit.com. URL : <https://agropolit.com/news/21837-v-ukrayini-znizilosya-virobnitstvo-pshenichnogo-boroshna-na-22>
5. Вітчизняний ринок хлібобулочних виробів: сучасний стан та перспективи розвитку. URL : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3661>.

6. Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми «Здоров'я 2020 : український вимір» : Розпорядження КМУ від 31 жовтня 2011 р. № 1164-р. URL : <https://www.kmu.gov.ua/pras/244717787>.

7. Лісовська Т. О., Деркач А. В., Стадник І. Я., Сухенко Ю., Василів В. Екструдоване кукурудзяне борошно для дієтичного харчування // *Продовольча індустрія АПК*. 2017. № 11-12. С. 40-43.

8. Миколенко С. Ю., Царук Л. Ю., Чурсінов Ю. О. Вплив продуктів переробки амаранту і чаї на якість хліба // *Вісник НТУ «ХПИ»*. 2019. № 5 (1330). с. 145-151.

9. Лісовська Т. О., Деркач А. В., Стадник І. Я., Сухенко Ю., Василів В. Екструдоване кукурудзяне борошно для дієтичного харчування // *Продовольча індустрія АПК*. 2017. № 11-12. С. 40-43.

10. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна / Т. О. Лісовська, Н. В. Чорна, О. Г. Дьяков // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2 (11). С. 19-23.

11. Свойства бисквитных полуфабрикатов на основе муки из продуктов переработки гречки / О. В. Макарова, Е. Г. Иоргачева, Е. Н. Котузаки // *Харчова наука і технологія*. 2011. № 1. С. 47-50.

12. Бісквітні напівфабрикати на основі борошна з продуктів переробки гречки / К. Г. Іоргачова, О. В. Макарова, О. М. Котузаки // *Зернові продукти і комбікорми*. 2010. № 4. С. 12-15.

13. The influence of gluten-free flours on the quality indicators of biscuit semi-finished products / K. Iorgachova, O. Makarova, E. Kotuzaki // *Зернові продукти і комбікорми*. Одеса. 2016. Vol. 64, Issue 4, P. 16-21.

14. Назар М. І., Кочерга В. І. Визначення вітамінно-мінерального складу виробів з бісквітного тіста на основі борошняних сумішей і фітокомпозицій // *Харчова наука і технологія*. 2012. № 3. С. 59-62.

15. Гапоненко В. О., Нурєєва А. В. Технологія бісквітних виробів підвищеної біологічної цінності // *Modern directions of the oretical and applied researches*. 2014. № 1 (11). С. 42-47.

16. Юрченко С. Л., Шабельська І. І. Удосконалення рецептурного складу бісквітного напівфабрикату з використанням мультизернового борошна // *Молодий вчений*. 2018. № 10 (62). С. 448-451.

17. Пат. 2256329 МПК7 А 21 D 13/08. Спосіб производства бісквітного полуфабриката // Артемова Е. Н., Новицкая Е. А. № 2004103239/13; Заявл. 04.02.2004; Опубл. 20.07.2005.

18. Використання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» у технології бісквітного напівфабрикату /

О. В. Самохвалова, К. Р. Касабова, С. Г. Олійник // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2011. Вип. 2. С. 255-261.

19. Чорна Н. В. Технологія бісквітних напівфабрикатів з використанням соргового борошна: автореф. дис. на зд. наук. ступеня канд. техн. наук / Н. В. Чорна Х., 1998. 24 с.

20. Чудік Ю. В. Удосконалення технології бісквітних і пісочних напівфабрикатів на основі ячмінного борошна: Дис. канд. техн. наук: 05.18.01 / Національний ун-т харчових технологій. Х., 2002. 316 арк.

21. Технологія кондитерських, кулінарних і хлібобулочних виробів : навч. посібник / Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук, О. М. Постнова, С. Г. Олійник, М. В. Артамонова, О. В. Нєміріч, О. Т. Старчаєнко; Під ред. Г. М. Лисюк. Харків : ХДУХТ, 2007. 412 с.

22. Капрельянц Л. В., Іоргачова К. Г. Функціональні продукти : навч. посібник. Одеса: Друк, 2003. 312 с.

23. Пучкова Л. И., Поландова Р. Д., Матвеева И. В. Технология хлеба, кондитерських і макаронних изделий. Ч. 1 : Технология хлеба. СПб.: ГИОРД, 2005. 559 с.

24. Сірохман І.В., Лозова Т.М. Якість і безпечність зерноборошняних продуктів : навч. посібник. К. : Центр навч. літератури, 2006. 384 с.

25. Бондар І. П. Розроблення технології хліба з борошняних сумішей підвищеної харчової цінності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів»; Національний ун-т харчових технологій. К.: НУХТ, 2003. 20 с.

26. Кравченко М. Ф., Криворучко М. Ю., Антоненко А. В. Безпечність нових борошняних виробів на основі пророщеного зерна пшениці // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2014. Вип. 1. С. 51-58.

27. Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Карпенко П. О. Технологія продукції громадського харчування з використанням біологічно активних добавок : монографія. К. : КНТЕУ, 2003. 322 с.

28. Спосіб виробництва борошняних гарнірів «Здоров'я» : патент / Кравченко М. Ф., Демічковська М. П. // № 54911 від 25.11.2010 р.

29. Удосконалення технології борошняних кондитерських виробів на основі композитних сумішей : автор. десерт. на здобуття наукового ступеня к. т. н. // Макарова Ольга Василівна, ОНАХТ, Одеса, 2005. 13 с.

30. Використання зернових добавок в технології борошняних виробів / Пшенишнюк Г.Ф., Іоргачова К.Г., Макарова О.В. // *Хранение и переработка зерна*. 2004. № 7. С. 39-41.

31. Хлібопекарські властивості композиційних сумішей на основі пшеничного, гритакалевого, кукурудзяного та ячмінного борошна / В. О. Моргун, Д. О. Жигунов, О. С. Крошко // *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2005. № 2. С. 20-21.

32. Рибалка О. І. Якість пшениці і її поліпшення / О. І. Рибалка. Одеса, 2011. С. 363-422.

33. Carmen Rodriguez, J nana Frias. Correlations between some nitrogen fractions, lysine, histidine, tyrosine, and ornithine contents during the germination of peas, beans, and lentils // *Food Chemistry*, 2008. Vol. 108, Is. 1. Pp. 245-252.

34. Роль зерна в формуванні структури харчування населення / А. В. Гордеев, А. В. Бутковский // *Зернові продукти і комбікорми*. 2004. № 3. С. 4-9.

35. Influence of soya bean preparations and reduced salt content on the quality of poultry sausages / D. Grochaalska, J. Mroczek // *Medycyna weterynaryjna*. 2001. V. 57 (1). P. 54-58.

36. Маркович І. І., Паска І. З. Вплив сировини на зміни жирунокислотного складу напівкопчених ковбас // *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2015. Том 17 № 4 (64). С. 71-75.

37. Бабяк Н. Пророщене зерно сочевиці зеленої, як джерело сполук антиоксидантної дії / Наталія Бабяк, Ірина Ясінська, Вікторія Іванова // *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10-11 квітня 2014 р. К.: НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 42-43.*

38. Дослідження впливу технологічних факторів пророщування на білкові речовини пшениці та гречки як сировини для виробництва продуктів дитячого харчування / М. І. Соболев, В. А. Терлецька, І. М. Зінченко, В. М. Ковбаса // *Хранение и переработка зерна*. 2014. Том 183. № 6. С. 65-67.

39. Здобне печиво з використанням борошна з пророщених зерен вівса та пшениці / В. Оболкіна, Н. Ємельянова, А. Скрипко // *Продовольча індустрія АПК*. 2014. № 2. С. 28-32.

40. Патент на корисну модель. Суміш для дитячого харчування / Соболев М. І., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Ковбаса В. М. № 97565; заявл. 05.09.2014, опубл. 25.03.2015, Бюл. № 6.

41. Бажай-Жежерун С. А. Продукти з пророшеного зерна «Зернятко пікантне» // *Харчова наука і технологія*. 2015. Вип. 9 (3). С. 3-8.

42. Zielińska-Dawidziak, M. Wpływ jonów Fe^{2+} działający chnakielku jęcenasionasoi, lucernyo razziarni akipszeni cynazawartość skrobiicc ukrówredukujących / M. Zielińska-Dawidziak, D. Piasecka-Kwiatkowska, T. Twardowski // *NaukaPrzyr. Technol.* 2010. № 4 (2). pp. 1-8, ISSN 1897-7820.

43. Wpływ wodnych wycigówz Aperaspica-ventinaenergi i zdolnosckie łkowania Secalecereale i Triticosecale / P. Kraska, E. Ska-Poppe // *Annalesu Universitatis Mariae Curie-Sklodowska* : Lublin Polonia. 200. № 2. pp.127-136.

44. Жукевич О. Фітонцидна активність рослинної сировини // *Харчова промисловість*. 2009. №5 . С.61-53.

45. Вплив плазмо-хімічно-активованої води на фізіологічну повноцінність зерна пшениці для виробництва цільнозернових продуктів / С. Ю. Миколенко, О. А. Півоваров, Ю. О. Чурсінов, В. Ю. Соколов // *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 1. С. 57-63.

46. Кудашев С. М., Лукіна Г. Д. Біотехнологічні методи обробки зерна з метою покращення його поживної цінності // *Наукові праці ОНАХТ*. 2010. Вип. 38 (1). С. 109-112.

47. Кравченко М. Ф., Криворучко М. Ю., Поп Т. М. Якість борошна із зерна пшениці, пророшеного в розчині морської харчової солі // *Товари і ринки*. 2012. № 2. С. 106–111.

48. ТУ У 10.6-05476322-001:2013. Борошно «Здоров'я». Чернівці : Чернівецький регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації, 2013. 18 с.

49. Поп Т. М. Технологія пісочних кондитерських виробів з порошком листя волоського горіха // десерт. на здоб. каук. ступ. к.т.н. КНТЕУ. Київ., 2016.

50. Химический состав пищевых продуктов: Справочные табличные содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности продуктов / Под. Ред. И.М. Скурихина, В.Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ВО Агропромиздат, 1987. Кн. 1. 224 с.

51. Технологія пісочних кондитерських виробів з порошком листя волоського горіха : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Поп Тетяна Михайлівна ; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. Київ, 2017. 19 с.

52. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина /

Український інститут експертизи сортів рослин; укл. Ткачик С. О.,
Лещук Н.В., Присяжнюк О.І. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця,
2016. 120 с.

Information about the authors:

Kravchenko Mykhailo Fedorovich,

Doctor of Technical Science, Professor,
Professor at the Department of Technology
and Organization of Restaurant Business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine

Danyiuk Inna Petrivna,

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of technologies and organization
of Hotel and Catering Business Chernivtsi Institute
of Trade and Economics
State University of Trade and Economics
7, Tsentralna Sqr., Chernivtsi, 58002, Ukraine

Romanovska Olha Leonidivna,

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of technologies and organization
of Hotel and Catering Business Chernivtsi Institute
of Trade and Economics
State University of Trade and Economics
7, Tsentralna Sqr., Chernivtsi, 58002, Ukraine

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ НАССР У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ УКРАЇНИ

Марцин Т. О., Вітряк О. П., Федорова Д. В.

ВСТУП

Останнім часом в Україні, як і в усьому світі, зростає занепокоєння щодо безпеки харчових продуктів. Це стосується кожної людини, оскільки вона є споживачем харчових продуктів: від якісного і безпечного харчування залежить життя і здоров'я кожного. Небезпеки можуть виникати протягом усього циклу харчового ланцюга, і важливим є контроль всіх стадій виробництва харчових продуктів у ланцюжку «від лану до столу».

Згідно з ДСТУ ISO 22000:2007 термін «безпе́чність» у рамках системи управління безпе́чністю пов'язують з наявністю небезпечних чинників харчового продукту (біологічних, фізичних, хімічних агентів у харчовому продукті, або стану харчового продукту, що потенційно може спричинити негативний вплив на здоров'я). Цей термін не охоплює інших аспектів здоров'я людини, пов'язаних з недостатнім харчуванням. Відповідно до ДСТУ ISO 22000:2007, безпе́чність харчових продуктів – це поняття, що харчовий продукт не спричинить шкоди споживачеві, якщо його приготовлено та/або вжито в їжу відповідно до його використання за призначенням¹.

Згідно з матеріалами американських дослідників, у світі поширені хвороби харчового походження. Одним із найбільш вразливих верств населення є діти шкільного та дошкільного віку, тому велику увагу доцільно приділити безпечному харчуванню у шкільних та дошкільних закладах освіти^{2,3}.

¹ Бочарова О.В. НАССР і системи управління безпе́чністю харчової продукції: Підручник / О.В. Бочарова – Одеська національна академія харчових технологій. – Одеса: Атлант, 2019. – С. 11.

² Almanza, B.A., Sneed, J. (2003). Food Safety and HACCP in Schools. The Journal of Child Nutrition & Management, 27(1), from School nutrition Association. URL: <https://schoolnutrition.org/>

³ Sneed, J., Henroid, D. (2003). HACCP Implementation in Schools Foodservice: Perspectives of Foodservice Directors. The Journal of Child Nutrition & Management, 27(1), from School nutrition Association. URL: <https://schoolnutrition.org/>

Поняття «безпека харчових продуктів» включає в себе обробку, підготовку та зберігання харчових продуктів таким чином, щоб запобігти хворобам харчового походження, уникнути потенційно серйозних небезпек для здоров'я. Харчування людини має бути безпечним та збалансованим. Кожна держава має певні засади державної політики щодо забезпечення якості та безпеки харчових продуктів та продовольчої сировини. В Україні вони визначаються Законами України «Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини», «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» (редакція від 04.04.2018) та іншими нормативними документами⁴.

Безсумнівно, введення системи управління безпечністю (НАССР) в закладах дошкільної та шкільної освіти є обов'язковою умовою для гарантування безпечного харчування дітей. Крім того, принципи НАССР дають впевненість і гарантію, як керівництву, так і споживачам, в дотриманні санітарних та гігієнічних норм при організації харчування в закладах освіти.

Метою та завданням досліджень було аналіз проблем і невідповідностей при впровадженні системи НАССР у закладах дошкільної та шкільної освіти та розроблення шляхів їх вирішення.

1. Етапи впровадження системи НАССР в Україні. Законодавство щодо організації харчування в закладах освіти України

Систему НАССР розробили у США у 1960 році для NASA, оскільки безпека харчування космонавтів була важливою складовою успішного польоту. У 90-х роках система НАССР розширила сферу застосування і стала обов'язковою до впровадження не тільки в США, а й в таких країнах як Канада, Австралія, Нова Зеландія. Директива Ради Європи № 93/43/ЄС від 14 червня 1993 року сприяла поширенню впровадження цієї системи у країнах ЄС. Відповідно до Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» впровадження НАССР в Україні розподілено на три етапи (рис. 1).

⁴ Безпечність харчових продуктів – один з головних пріоритетів політики Європейського Союзу. URL: <https://dp.dpss.gov.ua/news/bezpechnist-harchovih-produktiv-odin-z-golovnih-prioritetiv-politiki-yevropejskogo-soyuzu>



Рис. 1. Етапи впровадження НАССР в Україні

Так, вже з вересня 2016 року всі оператори ринку харчових продуктів повинні впровадити на своєму виробництві гігієнічні вимоги, так звані програми-передумови, а в подальшому – втілити процедури, які базуються на принципах НАССР. З 2017 року відповідно до Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо харчових продуктів» від 22.07.2016 № 1602-VII в Україні набувають чинності норми, що передбачають запровадження системи аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках (НАССР) для потужностей, які провадять діяльність з харчовими продуктами. З 2019 року функціонування системи НАССР стає обов'язковим для всіх операторів ринку харчових продуктів. Їдальні закладів освіти відносяться до підприємств громадського харчування, тому згідно законодавчим вимогам, система управління безпечністю (за принципами НАССР) на цих підприємствах повинна впроваджуватися обов'язково^{5,6}.

Всі підприємства харчування повинні запровадити дану систему на виробництві з метою ідентифікування, оцінювання, контролю

⁵ Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». В редакції Закону № 1602-VII від 22.07.2014, ВВР, 2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97>.

⁶ Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо харчових продуктів» від 22.07.2016 № 1602-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1602-18#Text>

небезпечних факторів, що впливають на безпечність харчових продуктів, та внесення коригувальних дій для запобігання цьому. НАССР є попереджувальним заходом. Особливої уваги заслуговує контроль безпеки харчування в закладах дошкільної та шкільної освіти. Це складне комплексне завдання для всіх закладів освіти, і впровадження системи НАССР є найоптимальнішим способом його вирішення.

Головним завданням системи НАССР у закладах харчування є аналіз небезпек і проведення поетапного контролю на всіх етапах забезпечення харчування, а саме: вхідний контроль приймання харчової сировини; зберігання продукції на складі та організація постачання сировини в виробничі цехи; дотримання розроблених та затверджених технологічних інструкцій приготування страв; подавання страв з врахуванням всіх технологічних вимог.

Особливої уваги заслуговує дотримання особистої гігієни працівників їдалень і санітарних норм в приміщеннях. Працівники повинні мати промаркований санітарний одяг для робіт, пов'язаних із організацією харчування, який доповнюється білим халатом або фартухом із тканини під час видачі. Потрібно використовувати спеціальний одяг для прибирання приміщень, має бути спеціальний фартух із клейонки для миття посуду. На одного працівника потрібно передбачити не менше трьох комплектів санітарного одягу.

Усі працівники закладів освіти, в тому числі працівники їдальні (харчоблоку), буфету повинні проходити обов'язкові профілактичні медичні огляди відповідно до законодавства, результати проходження яких вносяться до особистих медичних книжок.

Відповідно до Закону України «Про повну загальну середню освіту» «Відповідальність за організацію харчування учнів у закладах освіти незалежно від підпорядкування, типу і форми власності, додержання вимог санітарного законодавства, законодавства про безпечність та якість харчових продуктів покладається на засновників та керівників відповідних закладів освіти»⁷.

Керівник закладу освіти та медичний працівник (або відповідальний за організацію харчування в закладі) повинен здійснювати щоденний контроль за якістю продуктів, що надходять до закладу освіти, умовами їх зберігання, дотриманням термінів реалізації і технології виготовлення страв, дотриманням санітарно-протиепідемічного режиму в їдальні (харчоблоці), буфеті,

⁷ Закон України «Про повну загальну середню освіту» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2020, № 31, ст.226). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20#Text>

фактичним виконанням меню за меню-розкладом, що містять кількісні дані про рецептуру страв.

Для уникнення харчових отруєнь, з метою профілактики захворювань, приготування та реалізація харчової продукції повинні здійснюватися у відповідності до загальних вимог до організації харчування дітей в закладах освіти⁸.

Часто в школах застосовують альтернативні способи організації харчування (кейтерінг та аутсорсинг). При застосуванні кейтерінгу, страви готуються на виробництві постачальника і доставляються до навчального закладу за затвердженим графіком. При аутсорсингу – харчування організовується постачальником послуг у виробничих цехах закладу освіти. В обох випадках це потребує комплексного впровадження всіх складових системи НАССР, як в закладі освіти, так і на виробництві постачальника послуг.

Для закладу освіти важливо не лише вибрати постачальника послуг на основі тендера, але й в самому закладі впровадити гігієнічні програми-передумови, які враховують планування приміщень, їх стан та оснащення устаткуванням; стан комунікацій та безпечність води, допоміжних матеріалів, вимоги до персоналу та інші важливі складові. Адже навіть страви, приготовлені у відповідності до всіх вимог, можуть нести небезпеку для дітей при неправильному подаванні, зберіганні, поводженні з посудом у самому навчальному закладі. Отже, навіть при застосуванні кейтерінгу в закладі освіти слід впровадити елементи системи НАССР – від приймання готових страв до їх вживання учнями.

2. Аналіз проблем та шляхів їх вирішення при впровадженні системи НАССР в закладах освіти

Ефективність застосування процедур, які базуються на принципах системи НАССР, забезпечують програми-передумови (ППУ). Завдання цих програм-передумов – підтримати належні гігієнічні вимоги на всіх етапах постачання, поводження, зберігання, підготовки, приготування продуктів та подавання їжі.

В Україні прийнято ряд нормативних документів щодо розроблення, запровадження та використання постійно діючих процедур, які базуються на принципах системи аналізу небезпечних

⁸ Санітарний регламент для закладів загальної середньої освіти. Наказ Міністерства охорони здоров'я України 25 вересня 2020 року № 2205.URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-20>

факторів та контролю у критичних точках, у тому числі і стосовно закладів освіти⁹.

Програми-передумови повинні бути розроблені, задокументовані і затверджені, оскільки є обов'язковими та призначені для ефективного функціонування системи безпечності харчових продуктів та контролю за небезпечними факторами. За результатами аналізу практичних аспектів впровадження системи харчової безпеки на підприємствах харчування відмічено ряд недопрацювань, які найчастіше зустрічаються і стають перешкодою при створенні дієвої системи НАССР (табл. 1).

Таблиця 1

Основні проблеми і невідповідності, які виникають при впровадженні системи НАССР

Програма-передумова	Невідповідності при недотриманні затверджених вимог
1	2
<p>ППУ 1. Належне планування виробничих, допоміжних та побутових приміщень. Заходи по запобіганню перехресному забрудненню</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Недостатньо прораховані ризики «розділення у часі», відмічена необізнаність персоналу щодо правил та інструкцій для мінімізації ризику перехресного забруднення. - Відсутній або лише умовний контроль доступу на територію закладу. - Відсутня дренажна система. - Санвузли для персоналу виходять у виробничу зону. Відсутність правильно спроектованих кімнат для персоналу з наявністю індивідуальних шафок. - Відсутність санпропускників. - Відсутність виділених зон зберігання та прийому їжі персоналом. Зберігання їжі, що принесена із дому, у виробничих холодильниках

⁹ Методичні настанови щодо розроблення, запровадження та використання постійно діючих процедур, які базуються на принципах системи аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках в закладах освіти. Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України 17.11.2020 № 2347

Продовження таблиці 1

1	2
<p>ППУ 2. Вимоги до стану приміщень, обладнання, проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування обладнання, калібрування, а також заходи щодо захисту харчових продуктів від забруднення та сторонніх домішок</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Порушені правила розташування обладнання (наприклад, мінімум 45 см від стін). - Використано матеріали для обробки приміщень, які не стійкі до методів очистки та експлуатації. Є щілини, пліснява, замокання. Присутні конструкції, які ускладнюють санітарне очищення. - Недоліки при облаштуванні підлоги: присутні дерев'яні елементи, є щілини (у т.ч. в плінтусах), нерівності, адсорбуючі поверхні, відсутність уклонів в сторону зливу. - Непрофесійна компоновка обладнання, наявність гострих кутів, щілин і грубих швів.
<p>ППУ 3. Вимоги до планування та стану комунікацій (вентиляції, водопроводів, електро- та газопостачання, освітлення)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Недостатньо уваги приділяється підтриманню комунікацій у відповідному стані - Освітлювальні прилади без захисних плафонів, розташовані над виробничими лініями з посудом для приготування страв. Конструкції важкодоступні для санітарної очистки. - Відсутність вентиляції або фільтрів. Відсутність контролю якості повітря у виробничих зонах. Перехрещення вентиляційних комунікацій виробничих ліній.
<p>ППУ 4. Безпечність води, льоду, пари, допоміжних матеріалів для переробки (обробки) харчових продуктів, предметів та матеріалів, що контактують з харчовими продуктами</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутність регулярного підтвердження якості води (мікробіологія). Відсутність лабораторного контролю якості води. Невідповідна періодичність. - Відсутність документації на питну воду із власної свердловини
<p>ППУ 5. Миття та дезінфекція поверхонь, прибирання виробничих, побутових, санітарних та допоміжних приміщень</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Приміщення, обладнання та інші конструкції мають обмежений доступ для санітарної очистки. - Використання побутових миючих засобів - Відсутність графіку проведення прибиральних робіт та дезінфекції приміщення, систематичного контролю за якістю прибирання. Відсутність критеріїв прибирання - Прибирання санвузлів та виробничих приміщень здійснюється з використанням одного й того самого інвентарю.

1	2
<p>ППУ 6. Особиста гігієна та здоров'я персоналу</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Нерозуміння персоналом основ харчової безпеки. - Відсутність засобів гігієни та дезінфекції рук. Недостатня кількість санвузлів та раковин для миття та дезінфекції рук. Відсутність чи формальне проходження медичного огляду, невідповідність спецодягу. - Відсутність огляду персоналу перед початком зміни - Відсутність або несвоєчасна заміна спецодягу, у індивідуальних шафах персоналу зберігаються одночасно чисті і брудні речі. Наявність особистих речей на робочих місцях
<p>ППУ 7. Порядок поводження з відходами виробництва та сміттям, їх збору та видалення</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутній або не виконується графік вивозу відходів. Відходи накопичуються в зоні переробки. Не облаштована площадка для збору відходів і невідповідне зберігання
<p>ППУ 8. Заходи контролю за шкідниками, запобігання їх появи, засоби профілактики та боротьби</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутній моніторинг наявності шкідників на підприємстві та не укладено договір із компанією по дератизації. Відсутність систематичних профілактичних дій.
<p>ППУ 9. Вхідний контроль та оцінка постачальників</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутні гігієнічні висновки, сертифікати якості, не проводиться постійний моніторинг. Недостатня увага до роботи з постачальниками призводить до зменшення ефективності та збільшення затратності вхідного контролю сировини
<p>ППУ 10. Зберігання та транспортування</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Не забезпечено умови зберігання (температура, вологість) та відсутнє зонування складських приміщень, порушення товарного сусідства. - Харчові продукти та напівфабрикати зберігають поруч із засобами для миття та дезінфекції. - Відсутність етапу контролю сировини на зараженість комахами, гризунами та іншими шкідниками

Закінчення таблиці 1

1	2
ППУ 11. Контроль технологічних процесів: - програма заходів по контролю кулінарної обробки сировини та виготовлення напівфабрикатів - програма заходів по контролю виробничого процесу	- Перехреснення потоків сировини та готової продукції, безпосереднє перехресне забруднення під час прямого контакту та перенесення небезпечних факторів від забруднених об'єктів до харчових продуктів. - Зберігання у виробничих холодильниках невідповідної сировини та харчової продукції
ППУ 12. Маркування харчових продуктів та поінформованість споживачів	- Відсутність ідентифікації, невідповідність маркуванню споживчої тари вимогам законодавства - Відсутність інформації про алергени у технологічній карті чи у меню, виробництво на одній лінії різних продуктів, що включають алергени.

Порядок впровадження на підприємстві системи НАССР обумовлює не тільки розроблення програм-передумов, необхідної документації (інструкції, пам'ятки тощо), а й організацію процесів відповідно до затверджених вимог. З цією метою на підприємстві створюється група фахівців на чолі з керівником закладу, які відповідають за розробку та впровадження системи НАССР.

Помилкою є неправильний підхід до створення робочої групи – покладення відповідальності на одну людину, що призводить до відсутності дієвості системи контролю та моніторингу. До складу компетентної робочої групи НАССР має входити у середньому 3-6 осіб.

При створенні і затвердженні групи, важливо вибрати співробітників, які володіють різносторонніми знаннями, а саме: відповідальних за виробництво, складування і логістику, якість і безпеку, забезпечення виробництва і технічне обслуговування. Кожен член групи НАССР повинен бути наділений обов'язками, які можуть бути оформлені у вигляді додатка до наказу про створення групи НАССР. Тільки в результаті всебічного аналізу можна розробити ефективну систему управління безпечністю харчової продукції. Керівником необхідно призначати особу, яка має важелі впливу в колективі та розуміється в принципах застосування НАССР, питаннях гігієни та санітарії, технологічних процесах приготування страв. Але робоча група повинна бути і не дуже великою, бо це

ускладнить прийняття рішень на кожному етапі. Допоміжний персонал краще залучати до роботи групи за необхідності.

На регулярній основі повинно проводитися навчання всього персоналу, який відповідає за харчування і постійно підтримує функціонування системи НАССР на харчоблоках.

Порушенням при впровадженні НАССР є нездатність фахівців ранжувати фізичні, біологічні, хімічні небезпечні чинники за ступенем суттєвості ризику. У цьому випадку ймовірно зміщення акцентів з ризиків, які становлять найбільшу загрозу для здоров'я, на ризики, які є не суттєвими. Результатом невчасного виявлення біологічно небезпечних факторів в технологічному процесі може бути харчове отруєння (наприклад, *стафілококовий ентеротоксин*, *Clostridium botulinum*), що є недопустимим в харчуванні дитини. Найбільше харчових отруєнь є результатом неправильної кулінарної обробки сировини та приготування страв, а також недотримання персоналом правил належної гігієни, недосконале прибирання робочих поверхонь та наявність перехресного забруднення. Нездатність фахівця приймати рішення з урахуванням ступеню ризику призводить до зниження ефективності контролю всієї системи. У зв'язку з цим, працівники, у тому числі навіть з великим досвідом роботи, повинні пройти навчання щодо вимог НАССР.

Недоліком на підприємстві харчування є відсутність постійного аналізу та моніторингу. Робоча група НАССР повинна на постійній основі відстежувати будь-які зміни з обладнанням, оточуючим середовищем, постачанням сировини, а також законодавчими вимогами та вчасно вживати заходи, що спрямовані на ідентифікацію та керування небезпечними чинниками.

Для забезпечення контролю якості та безпечності продукції використовують інструкції, правила, пам'ятки, методики, а також затверджені програми системи НАССР. Помилкою є застосування шаблонів документації НАССР без ідентифікації з відповідним закладом. Це призводить до невірної трактування небезпечних чинників та встановлення ступенів ризиків і визначення критичних контрольних точок. Програми-передумови складаються індивідуально для кожного закладу.

При описі сировини та допоміжних матеріалів, які контактують з продуктом, необхідно враховувати всю інформацію про склад багатокомпонентних продуктів, країну походження, алергени, про критерії прийнятності щодо безпечності тощо. Приблизно 90% реакцій харчової алергії у дітей виникає на один з дев'яти продуктів харчування. Це молоко, яйця, арахіс, горіхи, риба, морепродукти, пшениця, соя, кунжут.

Найпоширенішою харчовою алергією, яка присутня у \approx 2-3% дітей є алергія на коров'яче молоко. За даними останніх досліджень визначено, що з кожним роком кількість дітей з непереносимістю лактози збільшується. Тому необхідно передбачити безлактозне молоко та молочні продукти (йогурт, морозиво тощо) як в дитячому садочку так і в шкільному харчуванні. Алергія на яйця вражає близько 2% дітей, але більшість з них переростає свою алергію в підлітковому віці. Поширеність алергії на пшеницю недостатньо визначена, але може вражати 0,5% населення. Не врахування алергенів в дитячому харчуванні є небезпечним для життя.

На підприємствах харчування в закладах освіти часто допускаються помилки при групуванні сировини або готової продукції в єдині блоки, які описують за загальною схемою. Так можна робити тільки, якщо очікувані небезпечні чинники, характеристики дійсно ідентичні. А це можна зрозуміти тільки провівши детальний аналіз даних для кожної сировини та страви.

Не на всіх підприємствах розуміють необхідність і правильність побудови блок-схеми технологічних процесів. У блок-схемах потрібно також вказувати параметри процесу, якщо вони можуть впливати на небезпечний чинник; місце, де відбувається доготовлення страви, точки виходу браку. При складанні блок-схеми необхідно обов'язково враховувати всі чинники, які можуть вплинути на технологічний процес, наприклад сезонність.

Помилкою є невелика кількість виявлених небезпечних чинників. Адже, кількість можливих небезпечних чинників свідчить про розуміння походження сировини, допоміжних матеріалів, зміни хімічного складу під час приготування продукції, і, відповідно, має бути більша кількість впроваджених заходів для виробництва безпечних продуктів.

Недоліком впровадження системи НАССР є відсутність конкретизації в формулюванні небезпечних чинників, що не дає можливості оцінити ймовірність виникнення ризику та тяжкості його наслідків для здоров'я підростаючого покоління. Невизначена чітка шкала оцінки ймовірності та тяжкості наслідків ризиків призводить до похибки в оцінці ступеню суттєвості ризиків.

Кожного року необхідно проводити переоцінку небезпечних чинників. Впровадження НАССР є тривалим процесом, який повинен контролюватись та вдосконалюватись кожного дня.

Організація роботи в закладах освіти на основі принципів НАССР має ряд переваг як для підприємства харчування, так і для споживачів (вихованців дошкільних і шкільних закладів). Найперше і найважливіше – це гарантія отримання споживачами якісного та

безпечного продукту харчування, адже контроль починається ще на етапі вибору та заключення договорів з постачальниками. Передбачена своєчасна утилізація або повернення постачальнику товарів неналежної якості. Велика увага приділяється дотриманню санітарно-гігієнічних умов технологічного процесу (миття та дезінфекція кухонного і столового інвентарю, дотримання правил особистої гігієни, прибирання сміття та відходів, боротьба з шкідниками, приготування страв). Виключається перехресне забруднення продукції шляхом дотримання правил зберігання сировини, враховуючи товарне сусідство (згідно з вимогами НАССР, сирі і готові продукти повинні зберігатися окремо). Всі дії з впровадження коригувальних заходів мають бути належно задокументовані (дата, час, дія, виконавець, наступна перевірка та інша важлива інформація). Отже, перевагою запровадження НАССР для підприємства харчування є можливість контролю всіх заходів за розробленою документацією, що дозволяє підприємству бути впевненим у ефективності запроваджених процедур та мати беззаперечні докази своєї якісної роботи.

Система НАССР може поєднуватись з іншими системами управління підприємством (наприклад, із системою управління якістю), що дозволить забезпечити стабільну якість харчової продукції, підвищити конкурентоспроможність підприємства харчування, створити умови для якісного харчування в закладах освіти.

ВИСНОВКИ

З метою забезпечення якості та безпечності продукції підприємств харчування у закладах освіти, доцільно створити дієву систему контролю на всіх етапах виробництва харчової продукції, запровадити систему аналізу та зменшення ризиків. Наявність у закладах освіти діючої системи НАССР є підтвердженням того, що виробник забезпечує всі умови для стабільного випуску якісної і безпечної продукції. Аналіз практичних аспектів впровадження системи харчової безпеки на підприємствах харчування дав змогу виявити ряд проблем і невідповідностей, які можуть стати перешкодою при створенні дієвої системи НАССР. Врахування результатів досліджень дозволить уникнути непередбачуваних ситуацій та гарантуватиме налагоджений процес виробництва, підвищить ефективність застосування процедур програм-передумов (ППУ), що базуються на принципах системи НАССР.

За останні роки НАССР із додаткової частини витрат трансформувався в обов'язкову складову частину успіху виробника продукції. Запровадження і функціонування системи безпечності

харчової продукції на основі принципів НАССР на підприємстві харчування свідчить про його відповідальність перед споживачем, що, безумовно, впливає на імідж та конкурентоспроможність оператора ринку, а потенційним споживачам гарантує впевненість у безпечності його продукції.

АНОТАЦІЯ

Питання якості та безпечності харчових продуктів залишається найбільш вразливим і проблемним аспектом сьогодення. В роботі вивчено вимоги щодо забезпечення безпечності харчових продуктів в закладах освіти при розробленні, запровадженні та використанні постійно діючих процедур, які базуються на принципах системи аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках. Важливою перевагою системи НАССР є її властивість не виявляти, а саме передбачати та запобігати помилкам за допомогою поетапного контролю протягом усього ланцюга виробництва харчової продукції. Проаналізовано найпоширеніші проблеми і невідповідності, які виникають при впровадженні системи НАССР при організації харчування у закладах освіти, та розглянуто практичні шляхи їх вирішення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бочарова О.В. НАССР і системи управління безпеністю харчової продукції: Підручник / О.В. Бочарова – Одеська національна академія харчових технологій. – Одеса: Атлант, 2019. – 376 с.

2. Almanza, B.A., Sneed, J. (2003). Food Safety and HACCP in Schools. The Journal of Child Nutrition & Management, 27(1), from School nutrition Association. URL: <https://schoolnutrition.org/>

3. Sneed, J., Henroid, D. (2003). HACCP Implementation in Schools Foodservice: Perspectives of Foodservice Directors. The Journal of Child Nutrition & Management, 27(1), from School nutrition Association. URL: <https://schoolnutrition.org/>

4. Безпечність харчових продуктів – один з головних пріоритетів політики Європейського Союзу. URL: <https://dp.dpss.gov.ua/news/bezpechnist-harchovih-produktiv-odin-z-golovnih-prioritetiv-politiki-yevropejskogo-soyuzu>

5. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». В редакції Закону № 1602-VII від 22.07.2014, ВВР, 2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text>

6. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо харчових продуктів» від 22.07.2016 № 1602-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1602-18#Text>

7. Закон України «Про повну загальну середню освіту» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2020, № 31, ст.226). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20#Text>

8. Санітарний регламент для закладів загальної середньої освіти. Наказ Міністерства охорони здоров'я України 25 вересня 2020 року №2205. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-20#Text>

9. Методичні настанови щодо розроблення, запровадження та використання постійно діючих процедур, які базуються на принципах системи аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках в закладах освіти. Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України 17.11.2020 № 2347. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0546915-21#Text>

Information about the authors:

Martsyn Tetiana Oleksandrivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Technology and Organization

of Restaurant Management

State University of Trade and Economics

19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Vitriak Oksana Pavlivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Technology and Organization

of Restaurant Management

State University of Trade and Economics

19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Fedorova Dina Volodymyrivna,

Doctor of Technical Sciences,

Head of Department of Technology and Organization of Restaurant

Management

State University of Trade and Economics

19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ
ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ СИСТЕМОЮ
ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛОНАСОСА**

Піддубний В. А., Кравченко М. Ф., Стадник І. Я., Михайлик В. С.

ВСТУП

Фізичні параметри Земної кулі, що стосуються магнітосфери, атмосфери, літосфери та гідросфери, характеризуються таким переліком, який відповідає умовам існування всього біологічного світу і людського суспільства. В цьому визначенні енергетична складова має не менш важливе значення ніж матеріальна, незважаючи на її відмінності від координат, пори року або часу доби. Адже навіть за суворих умов Арктики і Антарктики показники повітря достатньо віддалені від абсолютного нуля. Тим більше це відповідає зонам проживання людини з показниками температури повітря більше 0°C.

Існування гідросфери і літосфери Землі також супроводжується енергетичними потенціалами, створеними взаємодіями планетарного масштабу. При цьому стабілізація енергетичного балансу у цій взаємодії забезпечує існування біосфери за прийнятих умов. З цієї точки зору автори¹ вважають, що збереження вказаного балансу або як мінімум суворі обмеження щодо його порушення мають вирішальне значення. Тому використанню відновлювальних ресурсів альтернативи не існує і одним з таких напрямків є використання технологій перерозподілу енергетичних потенціалів доквілля на основі теплових насосів, кондиціонерів, холодильних установок.

Властивості теплових насосів забезпечують їх значне використання у зв'язку з можливостями трансформацій енергетичних потенціалів в достатньо широкому інтервалі температур. Разом з тим вирішення прикладних задач часто потребує розширення цих інтервалів, оскільки у світовому вимірі одна третина

¹ Пути решения проблем энергетики и экологии в пищевых технологиях [Текст] / О.Г. Бурдо, С.Г. Терзиев, А.В. Зыков, С.И. Милинчук // XVII Międzynar. Konf. Nauk. z cyklu „Inżynieria procesowa w ochronie środowiska”. – Opole, 1999. – Р. 33-36.

енергоспоживання пов'язана з промисловим сектором, яке в кінцевому рахунку витрачається як теплота.

1. Виникнення передумов проблеми та формулювання проблеми

Значна кількість сучасних досліджень спеціалістів стосується саме тематики можливостей трансформацій енергетичних потенціалів. Так оцінці потенціалу промислових (високотемпературних) теплових насосів для регенерації відпрацьованого тепла присвячено дослідження², яке доповнюється вивченням перспектив відновлення низькотемпературних відходів теплової енергії³. В роботі⁴ подано, що розширення теоретичної бази доповнюється експериментальними дослідженнями характеристик теплового насоса триплексної петлі для рекуперації теплоти відпрацьованого повітря взимку. Автори⁵ досить чітко провели технічне доповнення у пошуку потенціалів енергозбереження. Вони вказали, що використання теплових труб на геотермальних джерелах є актуальним.

Хочеться відзначити, що в роботі авторів⁶ традиційні шляхи в технічному представленні теплообмінних процесів логічно доповнюються варіантами рекуперації теплоти в сушильних установках харчової промисловості.

В дослідженнях рекуперації теплових потоків одночасно з водозберігаючою модифікацією для когенераційної системи з парогазовим комбінованим пароциклом автори⁷ свою увагу

² George Kosmadakis (2019), Estimating the potential of industrial (high-temperature) heat pumps for exploiting waste heat in EU industries, *Applied Thermal Engineering*, Volume 156, 25 June 2019, Pages 287-298.

³ Z.Y. Xu, R.Z. Wang, Chun Yang (2019), Perspectives for low-temperature waste heat recovery, *Energy*, Volume 176, 1 June 2019, Pages 1037-1043.

⁴ Lei Wang, Guoyuan Ma, Anna Ma, Feng Zhou, Fuping Li (2018), Experimental study on the characteristics of triplex loop heat pump for exhaust air heat recovery in winter, *Energy Conversion and Management*, Volume 176, 15 November 2018, Pages 384-392.

⁵ Hyunjeong Lim, Chanjoong Kim, Yeonjoo Cho, Minsung Kim (2017), Energy saving potentials from the application of heat pipes on geothermal heat pump system, *Applied Thermal Engineering*, Volume 126, 5 November 2017, Pages 1191-1198.

⁶ J.F. Wang, C. Brown, D.J. Cleland (2018), Heat pump heat recovery options for food industry dryers, *International Journal of Refrigeration*, Volume 86, February 2018, Pages 48-55.

⁷ Hongsheng Zhang, Hongbin Zhao, Zhenlin Li (2019), Waste heat recovery and water-saving modification for a water-cooled gas-steam combined cycle cogeneration system with absorption heat pump, *Energy Conversion and Management*, Volume 180, 15 January 2019, Pages 1129-1138.

присвячували абсорбційним тепловим насосам. На думку авторів⁸ увага до геотермальних теплових насосів, які визнані як одна з перспективних технологій, потребує техніко-економічної оцінки у зв'язку з високими капітальними інвестиціями та витратами на встановлення і технологічне забезпечення. В експериментальних дослідженнях вирішується завдання створення системи осушення свіжого повітря з використанням теплових насосів, укомплектованих теплообмінними апаратами, в яких здійснено покриття робочих поверхонь осушувачем. В роботі⁹ досліджуються відцентрові теплові насоси з утилізацією відпрацьованої теплоти зі значною тепловою потужністю і високою температурою подачі води.

Тому раціональне використання теплових насосів з одночасним нагріванням і охолодженням локальних зон здійснюється на основі ексергетичного аналізу. Тут прототип теплового насоса працює у трьох основних режимах. Досить чітко ці режими розглянуті авторами¹⁰, які відзначили, що:

- перший – режим опалення, який забезпечує одержання гарячої води з використанням теплоти доступної в навколишньому повітрі;
- другий – режим охолодження холодної води і відведення теплоти до навколишнього повітря;
- при третьому режимі забезпечується подавання гарячої води завдяки теплоті, віднятої від холодної води.

Так, автори¹¹ відзначили, що рекуперація промислових теплових відходів в системному підході оцінюється на рівні обмеження негативних впливів на екологію навколишнього середовища.

⁸ Yuanlong Cui, Jie Zhu, Ssennoga Twaha, Junze Chu, Hongyu Bai, Kuo Huang, Xiangjie Chen, Stamatis Zoras, Zohreh Soleimani (2019), Techno-economic assessment of the horizontal geothermal heat pump systems: A comprehensive review, *Energy Conversion and Management*, Volume 191, 1 July 2019, Pages 208-236.

⁹ Bin Hu, Shengzhi Xu, R.Z. Wang, Hua Liu, Luyao Han, Zhiping Zhang, Hongbo Li (2019), Investigation on advanced heat pump systems with improved energy efficiency, *Energy Conversion and Management*, Volume 192, 15 July 2019, Pages 161-170.

¹⁰ Paul Byrne, Redouane Ghoubali (2019), Exergy analysis of heat pumps for simultaneous heating and cooling, *Applied Thermal Engineering*, Volume 149, 25 February 2019, Pages 414-424.

¹¹ Elliot Woolley, Yang Luo, Alessandro Simeone (2018), Industrial waste heat recovery: A systematic approach, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 29, October 2018, Pages 50-59.

Останні досягнення в системах теплових насосів¹² пов'язані з прямим використанням сонячних випромінювань, що є провідним для навколишнього середовища за допомогою низькотемпературної енергії довкілля та сонячної радіації. Показано, що інтеграція сонячних колекторів-випарників з технологіями фотоелектричної енергії в комбінації з термічним зберіганням і використанням теплових труб є перспективним для застосування в різних кліматичних умовах. Отже, теплотехнічні системи, в яких здійснюються фазові переходи з відносною нескладністю регенерації, залишаються актуальними для теоретичних і практичних досліджень.

Визначена у формі феноменологічного аналізу термодинамічної ефективності повітряного теплонасоса при використанні енергетичних потенціалів довкілля у системі теплостачання і перерозподілі енергетичних ресурсів та перспектив використання на підприємствах харчової промисловості.

2. Аналіз існуючих методів вирішення проблеми та формулювання завдання для оптимального розвитку техніки

Розглянуто систему перерозподілу і трансформацій енергетичних ресурсів середовищ. Теоретичний і практичний досвід спеціалістів з термодинаміки дозволив, у тому числі, узагальнити взаємозв'язок між теплоємністю повітря і температурою. Так мольна теплоємність при $p = \text{const}$, кДж/(кмоль·К) відображується залежностями у дійсному значенні в інтервалі 0...1000°C:

$$c_{\mu p} = 28,7558 + 0,0057208t \quad (1)$$

і в середньому обчисленні

$$\bar{c}_{\mu p} \Big|_0^t = 28,827 + 0,002708t. \quad (2)$$

Числові значення теплоємностей наведено в табл. 1, з якої витікає можливість певних співставлень.

Оцінка енергетичного потенціалу в 1 м³ повітря при температурі 303 К за тиску 1 бар він складає:

$$Q_{nom} = c_p \nu T = 1,2971 \cdot 1,0 \cdot 303 = 393,0213 \text{ кДж.} \quad (3)$$

¹² Guo-Hua Shi, Lu Aye, Dan Li0, Xian-Jun Du (2019), Recent advances in direct expansion solar assisted heat pump systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 109, July 2019, Pages 349-366.

Таблиця 1

Теплоємність повітря

Температура, °С	Теплоємність							
	Мольна, кДж/(моль·К)				Масова, кДж/(кг·К)		Об'ємна, кДж/(м ³ ·К)	
	c_{mp}	c_{mv}	$\bar{c}_{mp} \Big _0^t$	$\bar{c}_{mv} \Big _0^t$	$\bar{c}_p \Big _0^t$	$\bar{c}_v \Big _0^t$	$c_p \Big _0^t$	$c_v \Big _0^t$
0	29,073	20,758	29,073	20,758	1,0036	0,7164	1,2971	0,9261
100	29,266	20,951	29,152	20,833	1,0061	0,7193	1,3004	0,9295
200	29,676	21,361	29,299	20,984	1,0115	0,7243	1,3071	0,9362
300	30,266	21,951	29,521	21,206	1,0191	0,7319	1,3172	0,9462

Охолодження цього об'єму повітря до 272 К означає передачу теплоти Q приймачу. Одночасно відмітимо, що той же об'єм повітря за -30°C або 243 К має потенціал 315,1953 кДж. Таким чином технологічні можливості щодо перерозподілу енергетичних потенціалів відкривають перспективи їх трансформацій і використання, обумовлені другим законом термодинаміки.

Повітря це суміш газів. Склад повітря не є постійною величиною і змінюється в залежності від місцевості, регіону і навіть кількості людей знаходяться поруч з вами. В основному повітря складається з Азоту приблизно на 78% і кисню на 21%, решта це домішки різних з'єднань. Його хімічна формула – O_2 . За нормальних умов (температура 0°C , тиск 101,3 кПа) кисень перебуває в газовому стані, не має смаку, запаху, трохи важчий за повітря.

Визначалася температура потоку на вході й виході насосу, після чого усереднювалось значення температури. Для вимірювання температури потоку у середині трубопроводу використовували кілька термопар. Дані первинних перетворювачів температури надходили на АЦП, перетворювалися в цифровий сигнал і вводилися в ПК. Інтервал реєстрації даних – 10 с. Вимірювання проводили хромель-копелевими термопарами, вимірювальний прилад марки Ехpert (виробник Україна).

Через рівні проміжки часу заміряли температуру поверхні т поверхні. Температуру поверхні модуля визначали закарбованою в поверхню термопарою. Через рівні проміжки часу заміряли тиск повітря P . Вимірювання проводилися мановакуумметром ОБМВ1-1006ф (виробник Україна). За значенням тиску по таблицях властивостей водяної пари визначалася його температура.

Визначення параметрів навколишнього повітря робили за допомогою психрометра марки ВІТ-2 (виробник Україна). Відбувалася

реєстрація параметрів повітря, а саме його температури, вологості, вологовмісту, ентальпії. Вимірювання зазначених параметрів проводилося за допомогою модуля АЦП «Arduino» і ЕОМ.

Для визначення параметрів повітря, що надходить з насоса, використовувався цифровий датчик вологості SHT 10, що дозволяло з високою точністю визначити характеристики повітря безпосередньо в потоці в ході експериментів. Інтерфейс програми перетворювача АЦП був виконаний таким чином, що зміна параметрів повітря від часу відбивалося у вигляді графічних залежностей у режимі онлайн. Використання такої схеми разом із застосуванням частотного регулювання привода насоса дозволяло оперативну втручати в хід експерименту, спрощувало його планування.

Моделювання течії рідини проводили за допомогою обчислювального програмного комплексу загального призначення ANSYS CFD компанії ANSYS, Inc. Програмні комплекси дозволяють проводити моделювання і обрахунок течії рідин і газів, процесів тепло– і масообміну, реагуючих потоків. ANSYS CFD повністю інтегрований в середовище ANSYS Workbench, що є основою інженерного моделювання, в неї інтегровані всі інструменти і програмні комплекси ANSYS.

Середовище ANSYS Workbench дозволяє отримати загальний доступ до таких інструментів як: зв'язок з CAD-комплексами, побудова і модифікація геометрії і розрахункової сітки. Програмний комплекс широко використовується для моделювання процесів, що відбуваються в насосах, вентиляторах, компресорах, газових і гідротурбінах тощо. Постпроцесор ANSYS CFD-Post, який входить в програмний комплекс, може використовуватися для створення високоякісних анімацій, ілюстрацій та графіків.

Використано теоретичне моделювання умов створення і відтворення процесів перерозподілу енергетичних потенціалів довкілля і рекуперації вторинних ресурсів на основі положень та закономірностей технічної термодинаміки. Дослідження процесу проводились за планом Бокса-Бенкена, що дозволяє отримувати максимальну кількість об'єктивної інформації про вплив чинників за допомогою найменшого числа дослідів.

Оброблення отриманого експериментального масиву даних проводили за загальновідомими методиками та методами статистичної обробки для отримання емпіричної математичної моделі $Q_{ke} = f_Q(x_1; x_2; x_3)$ з використанням методик кореляційного і регресійного аналізу апроксимуючої функції, яка характеризує

вплив факторів і їх взаємодію на параметр оптимізації, тобто продуктивність роботи.

На основі побудованого рівняння регресії визначено внесок кожної незалежної змінної у варіацію досліджуваної залежної змінної величини, тобто вплив факторів на результативний показник¹⁰.

Обробку експериментального масиву даних провели з використанням пакету прикладної програми «Statistica-12» для комп'ютера. Коефіцієнти рівняння регресії або апроксимуючої функції, за умови ортогональності та симетрії план-матриці планованого факторного експерименту, визначали згідно з стандартною методикою за відомими залежностями.

Отримані результати були статистично опрацьовані з використанням стандартного програмного пакету Microsoft Office

3. Моделювання і оптимізація оцінки енерговитрат в процесах трансформації вторинних контурів

Теоретичні та експериментальні дослідження виконувалися на базі проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій. Дослідження склалися з трьох частин. Першою з них була оцінка енергетичних потенціалів повітря довокля, як найбільш доступного середовища.

Ця частина досліджень покладена в основу створення сучасного повітряного теплового насоса (патент України 17167) з виконанням феноменологічних досліджень, які стосуються перерозподілу теплових потоків на основі другого закону термодинаміки за використанням замкнутого циркуляційного повітряного контуру.

Друга частина дослідження стосується термодинамічних особливостей досягнення фазових переходів води, як основного наповнювача середовищ харчової промисловості з розробкою математичних формалізацій та оцінкою енерговитрат в процесах догрівання рідинної фази і здійсненням трансформацій ентропії.

Третя частина присвячена реалізації фазових переходів з оцінкою енергетичних потенціалів вторинної пари. Це створює основу для здійснення рекуперативних процесів за рахунок підвищення тисків і температур в компенсаційних процесах і наступної конденсації з одержанням рідинної фази H_2O в замкнутих енергетичних контурах.

У даній статті ми розглядаємо першу і другу частину досліджень, які обґрунтовують наш подальший напрямок теоретичного спрямованого математичного аналізу. Історично такі можливості

людство отримало після створення теплових машин. У 1852 р. лорд Кельвін запропонував нове для свого часу використання теплової машини для опалення приміщень. Кельвін назвав таку машину тепловим насосом, завданням якого було охолодження холодного зовнішнього повітря і передачу отриманої теплової енергії за більш високої температури повітрю в приміщенні. Такий протиприродний процес переходу теплоти від холодного середовища до нагрітого здійснювався за рахунок споживання механічної роботи. Кожна одиниця механічної роботи, підведена до ідеального теплового насоса, перш ніж потрапити в опалюване приміщення «прихоплювала» 5...8 одиниць теплоти зовнішнього повітря. Тому 427 кГм роботи на вході в тепловий насос перетворювались у 6...9 ккал теплоти на виході. Одна ж кілокалорія, що утворюється при спалюванні певної кількості палива, нічим не доповнюється і залишається одною кілокалорією.

Нехай, спалюючи якусь кількість палива безпосередньо, підведемо в опалюване приміщення 1 ккал теплоти. Якщо ту ж кількість палива спалити в тепловому двигуні, то в механічну роботу вдасться перетворити лише біля 20 %, що еквівалентно 85 кГм. Якщо ці 85 кГм підвести до теплового насоса, то він забезпечить передачу в приміщення у 6 разів більше теплоти, тобто $6 \cdot 85 = 510$ кГм або 1,2 ккал. Наведені співвідношення вказують на доцільність використання первинних енергетичних потенціалів палива в ланцюгу «тепловий двигун – тепловий насос». Таким чином доцільно звернути увагу на еквівалентність у цих термодинамічних перетвореннях. Так значення ККД теплових двигунів складно або взагалі неможливо збільшити за 20 %. Але в тепловому насосі за рахунок генерованої механічної енергії досягається повернення теплоти на рівні втраченої.

Загальну будову та принцип роботи макетного зразка лабораторної установки та «Повітряного теплового насоса» наведено на рис. 1 і 2. Лабораторний комплекс дозволяє отримати залежність параметрів теплонасосної установки від температурних режимів системи тепlopостачання і кондиціонування (рис.1, а, 1, б).

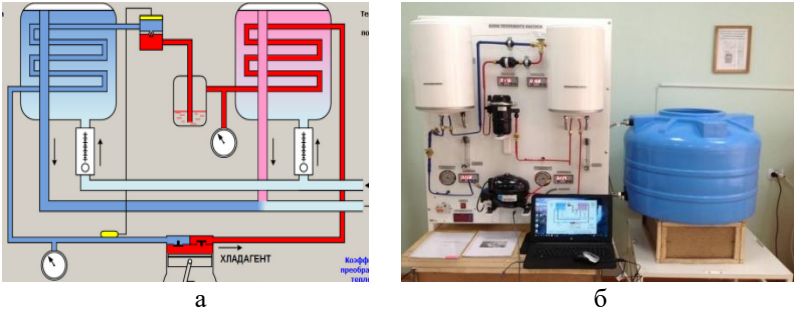


Рис. 1. Програмний модуль (а) і загальний вид лабораторної експериментальної установки (б)

На рис. 1, а подано програмний модуль, а на рис. 1, б – загальний вид лабораторної експериментальної установки.

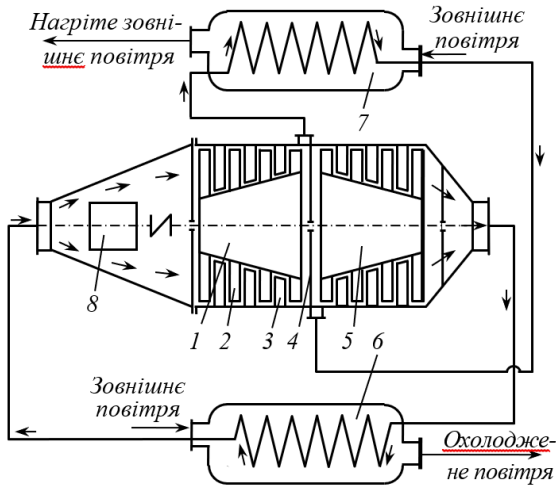


Рис. 2. Повітряний тепловий насос

Метою досліджень було встановлення оптимальних параметрів розробленого теплового насоса (рис. 2), який складається з компресора 1 з лопатями 2, напрямних апаратів 3, перегородки 4, детандера 5, теплообмінних апаратів 6 та 7 і приводного двигуна 8. Він працює наступним чином. Приводний двигун 8 надає обертальний рух ротору компресора 1 і за рахунок взаємодії повітряного потоку з лопатями 2 та напрямними апаратами 3

відбувається його стискання з підвищенням температури. Таке стиснуте повітря надходить в зону розділення внутрішнього об'єму насоса і потрапляє в теплообмінний апарат 7, через який подається потік зовнішнього повітря. Останній сприймає теплову енергію, охолоджуючи стиснуте повітря. Охолоджене повітря подається до детандера 5, в якому, розширюючись до заданої кінцевої величини тиску, віддає свою енергію. В цьому процесі температура його різко знижується до температури, значно нижчої за температуру навколишнього середовища. За рахунок цього при контактуванні в теплообмінному апараті 6 з потоком зовнішнього повітря відбувається теплопередавання від останнього до повітря, що циркулює в замкнутому контурі. Надалі цикл повторюється, а охолоджене зовнішнє повітря спрямовується на подальші технологічні потреби.

Попереднє грубе регулювання частоти обертання валу ротора компресора відповідного діаметра задавали (встановлювали) за допомогою команд з панелі керування електродвигуном керуючого мультисистемного пристрою регулювання та зчитування даних Altivar 71 за допомогою програмного забезпечення Power Suite версії 2.3.0. Технічні можливості цього пристрою та програмного забезпечення дозволяють плавно змінювати частоту обертання вала електродвигуна макетного зразка лабораторної установки в межах від 0 до 1300 об/хв. При цьому числові значення частоти обертання валу електродвигуна (похибка у межах $\pm 1,5\%$) фіксувалося за допомогою давача типу E40S6-10Z4-6L-5, який підключено одночасно до ротора електродвигуна та мультисистемного пристрою.

Числові дані енергетичних затрат і величини крутного моменту на валу електропривода залежно від навантаження в конкретний момент часу проведення експерименту відображалися у вигляді табличних даних та графічних залежностей на моніторі ПК.

Варто нагадати, що теплонасосною називають установку, яка перетворює низькопотенційну природну теплову енергію або теплоту вторинних низькотемпературних енергоресурсів в енергію більш високого температурного потенціалу, що вже придатна для практичного використання. Перетворення відбуваються в зворотному термодинамічному циклі, і перенос енергії з нижнього температурного рівня на більш високий виконується за рахунок деякої кількості механічної (електричної) енергії, яка ззовні підводиться до компресора теплового насоса та його конструкції.

У зв'язку з тим, що під час проведення експериментів незалежні змінні вхідні фактори, тобто неоднорідні, тобто всі вони мають різні фізичні одиниці вимірювання та різні порядки арифметичних числових значень одиниць вимірювання, то їх приводили до єдиної системи обрахунків шляхом переходу від введених позначень кодованих величин до дійсних (натуральних) значень.

Алгоритм проведення експериментальних досліджень повітряного теплового насосу, формалізованого у вигляді схеми структурної моделі, наведено на рис. 3. Він передбачає визначення функціональних закономірностей впливу окремих вхідних змінних факторів і їх вплив на вихідну величину, або параметр оптимізації. Для перевірки адекватності теоретичних досліджень (теоретичної моделі) продуктивності роботи Q_k проведено експериментальні дослідження макетного зразка лабораторної установки, яку наведено на рис. 1 і 2. Для отримання емпіричного рівняння регресії, що характеризує зміну продуктивності роботи Q_k залежно від параметрів ротора компресора, реалізували планований трифакторний експеримент типу ПФЕ 3³.

Загальну кількість експериментів є N однієї повторності визначали за формулою $Ne = P^k$
де P – кількість рівнів варіювання змінного вхідного фактора;
 k – кількість діючих змінних вхідних факторів у експерименті.

При цьому експерименти провели в трикратній повторності. Несиметрична план-матриця проведення планованого трифакторного експерименту Бокса-Бенкіна типу ПФЕ 3³ для трьох факторів і трьох рівнів варіювання факторами мала загальне число експериментів рівним 27.

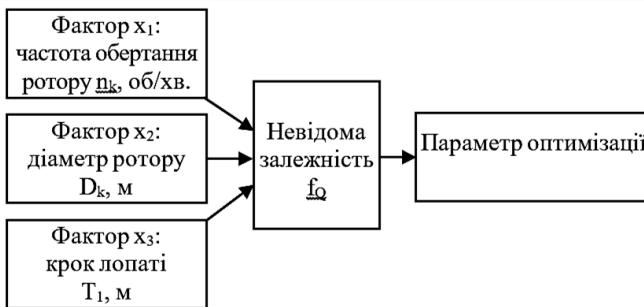


Рис. 3. Схема моделі планованого експерименту типу ПФЕ 33

При цьому незалежними змінними факторами приймали: частоту обертання ротора компресора n_k , яку кодували індексом x_1 , тобто $n_k \rightarrow x_1$; діаметр ротору компресора D_k , який кодували індексом x_2 , тобто $D_k \rightarrow x_2$; крок лопаті T_1 , кодували індексом x_3 , тобто $T_1 \rightarrow x_3$.

Структурну модель планованого трифакторного¹³ експерименту типу ПФЕ 3³ наведено на рис. 3.

Таким чином, для дослідження продуктивності роботи Q_{ke} було вибрано апроксимуючу математичну модель у вигляді функціональної залежності

$Q_{ke} = f_Q(x_1; x_2; x_3)$. При складанні план-матриці експериментів ввели кодовані позначення верхнього (+1), нижнього (-1) та нульового (0) рівнів варіювання факторами¹³, тобто трифакторний експеримент провели на трьох рівнях варіювання вхідними факторами або реалізували планований експеримент типу ПФЕ 3³.

Результати кодування змінних вхідних факторів, верхній і нижній рівень варіювання кожного фактора та інтервал його варіювання наведено у табл. 2.

У зв'язку з тим, що під час проведення експериментів незалежні змінні вхідні фактори, тобто $n_k \rightarrow x_1; D_k \rightarrow x_2; T_1 \rightarrow x_3$ неоднорідні, тобто всі вони мають різні фізичні одиниці вимірювання та різні порядки арифметичних числових значень одиниць вимірювання, то їх приводили до єдиної системи обрахунків шляхом переходу від введених позначень кодованих величин до дійсних (натуральних) значень. Зробили рандомізовану план-матрицю планованого трифакторного експерименту типу ПФЕ 3³.

Таблиця 2

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтервал варіювання	Рівні варіювання натуральні/кодовані		
	натуральні	кодовані				
Частота обертання, n_k , об/хв	X_1	x_1	100	100/-1	200/0	300/+1
Діаметр D_k , м	X_2	x_2	0,04	0,12/-1	0,16/0	0,2/+1
Крок T_1 , м	X_3	x_3	0,03	0,05/-1	0,08/0	0,11/+1

¹³ Шенк А. Общая методика планирования и проведения экспериментов: пер. с англ. Москва: Колос, 1985. 185 с.

Після оцінювання статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії та перевірки адекватності математичної моделі логарифмічної функції, отримано рівняння регресії, яке характеризує функціональну зміну продуктивності роботи у натуральних величинах¹³.

$$Q_{ke} = 0.81 + 0.61 \ln(n_k) + 1.33 \ln(D_k) + 0.31 \ln(T_1) \quad (4)$$

При рівні вірогідності $p = 0.95$ та значення t -альфа критерію рівному 2.053, отримали такі статистичні дані: коефіцієнт множинної детермінації $D = 0.893$; коефіцієнт множинної кореляції $R = 0.945$; стандартне відхилення оцінки $s = 0,150$; F -критерій Фішера дорівнює 64.212. Коефіцієнт D значимий з рівнем вірогідності $P = 1.00000$.

Рівняння регресії (4) характеризує зміну продуктивності роботи повітряного теплового насосу залежно від конструктивно-кінематичних параметрів у таких межах зміни вхідних факторів: частоти обертання n_k (від 100 до 300 об/хв); діаметра D_k (від 0,12 до 0,2 м); кроку лопаті T_1 (від 0,05 до 0,11 м). Функціональна зміна продуктивності роботи залежно від зміни Q_{ke} факторів має прямо пропорційний характер – зі збільшенням частоти обертання, діаметра та кроку значення продуктивності також зростає.

Згідно з рівнянням регресії (4) побудовано поверхню відгуку функціональної зміни продуктивності роботи Q_{ke} у вигляді функціонала:

$Q_{ke} = f_Q(n_k; D_k)$ (рис. 3, а); $Q_{ke} = f_Q(n_k; T_1)$ (рис. 3, б); $Q_{ke} = f_Q(D_k; T_1)$ (рис. 3, в).

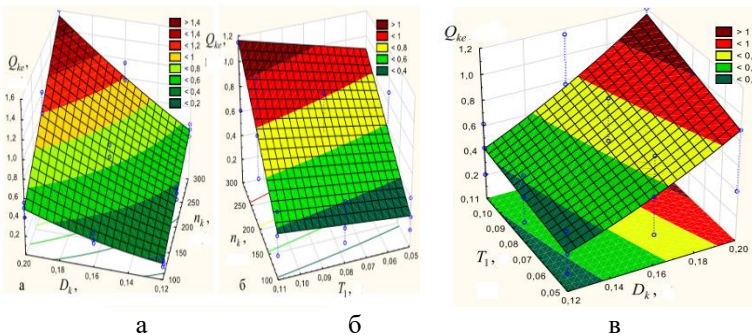


Рис. 4. Поверхня відгуку зміни продуктивності роботи у вигляді функціонала: (а); б); (в)

При цьому домінуючими факторами, які мають значний функціональний вплив на приріст продуктивності роботи Q_{ke} є частота обертання n_k та діаметр D_k , що характерно графічній інтерпретації поверхні відгуку, а це регулювання енергетичного потенціалу-тобто температури.

На рис. 5 наведено діаграми зміни продуктивності роботи Q_{ke} теплового насоса, яка побудована на основі отриманих середніх результатів проведених експериментальних досліджень за трикратної повторності кожного пронумерованого експерименту факторного поля згідно з рандомізованою план-матрицею планованого експерименту типу ПФЕ 3^3 .

На основі графо-аналітичного аналізу (рис. 5.) можна констатувати, що характер функціональної зміни продуктивності роботи Q_{ke} теплового насоса, яку отримано для граничних значень відповідних точок композиційного плану трифакторного експерименту типу ПФЕ 3^3 цілком адекватний характеру зміни Q_{ke} , що описується згідно з апроксимуючою моделлю $Q_{ke} = f_Q(x_1; x_2; x_3) = Q_{ke} = f_Q(n_k; D_k; T_l)$, що також характерно залежності, яку наведено на рис. 6.

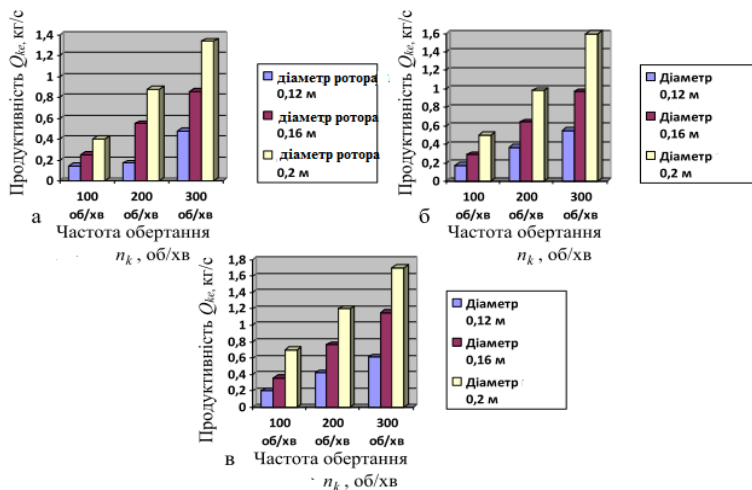


Рис. 5. Діаграма зміни продуктивності роботи Q_{ke} теплового насоса а, б, в – $T_l = 0,05; 0,08$ і $0,11$ м

При цьому розбіжність експериментальних значень продуктивності роботи Q_{ke} насоса, що отримано згідно з рівнянням

регресії (4) та дослідних значень продуктивності Q_k роботи (графічні залежності рис. 6) знаходиться у межах 5...10 %.

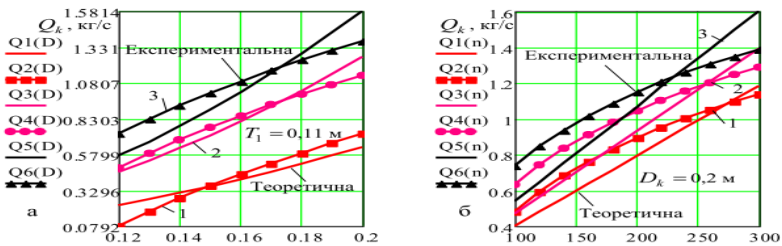


Рис. 6. Залежність зміни продуктивності роботи Q_k як функціонал:
 а – $Q_k = f_{Q_k}(D_k)$, 1, 2, 3 – відповідно, $n_k = 100; 200; 300$ об/хв;
 б – $Q_k = f_{Q_k}(n_k)$, 1, 2, 3 – відповідно, $T_1 = 0,05; 0,08; 0,11$ м.

Названа особливість енергетичних трансформацій ґрунтується на другому законі термодинаміки з вказівкою на необхідність використання компенсаційних систем за рахунок підвищення температур і тисків енергоносіїв в замкнених контурах. Важливою перевагою теплового насоса є те, що він реалізує «зворотні» процеси в режимах нагрівання та охолодження приміщень в якості ідеального кондиціонера.

В основу технічної реалізації теплових насосів і холодильних машин покладено зворотний цикл Карно, який є єдиним надбанням людства в реалізації принципу енергетичного перерозподілу в існуючих паралельних системах.

Повернувшись до умови (3) отримаємо оцінку теплового потоку, що відводиться від охолоджуваного середовища:

$$Q' = c_p v' (T_{(n)} - T_{(к)}) = c_p v' (t_{(n)} - t_{(к)}), \text{ кВт}, \quad (5)$$

де v' – об'ємний потік газової фази, що підводиться до випарника у складі теплового насоса, $\text{м}^3/\text{с}$; $T_{(n)}$, $T_{(к)}$, $t_{(n)}$ і $t_{(к)}$ – початкові і кінцеві абсолютні температури і температури у градусах Цельсія.

Аналогічним чином можливо визначити енергетичні потенціали рідинних фаз озер, річок, морів та океанів, що у значній мірі знаходить використання.

В дослідженні¹⁴ наведена оцінка співвідношення перерозподілу енергетичних потоків, за якою від 60 до 70 % енергетичні витрати стосуються саме циркуляційних контурів.

Розуміння такого становища у значній кількості випадків¹⁵ підштовхувало до спроб використання цієї енергетичної складової на користь енергетичних ресурсів. Слід додатково звернути увагу на те, що кінематичні параметри газорідинного середовища оцінюються як наближено стабільні. Переведення їх до режимів, характерних для перехідних процесів, слід оцінювати як перспективний напрямок інтенсифікації енергетичних ресурсів.

Інший напрямок¹⁶ стосується використання вторинних енергетичних ресурсів, які супроводжують більшість промислових технологій. Їх енергетичні потенціали стосуються твердих і рідинних фаз вхідних сировинних потоків, до яких в процесах перетворень додаються потенціали парових фаз та газів. Останнє стосується як значної кількості технологічних процесів, так і окремих комплексів. Вирішення задач рекуперації вторинних енергетичних ресурсів найбільш доцільно вирішувати в паралельних синхронізованих потоках. Це в значній мірі стосується теплотехнічних систем, в яких здійснюються фазові переходи у зв'язку з відносною нескладністю регенерації в них.

У випадках асинхронних ситуацій виникає потреба використовувати енергоматеріальні накопичувальні пристрої. Однак позитивні результати щодо паралельних конструкцій систем є цілком досяжними навіть в механічних системах, в яких генеруються перехідні процеси. При цьому окрім енергетичних ефектів можливим є регулювання ходу машин з обмеженнями сукупних динамічних навантажень.

У загальному переліку процесів, які мають місце в харчових, хімічних, мікробіологічних та інших технологіях, присутні механічні, гідравлічні, аеродинамічні, теплові взаємодії або різні комбінації з них (рис. 7). Прояви таких взаємодій перебувають в

¹⁴ Нікітін, А. А. Розрахунок геотермального теплообмінника в програмі ELCUT / А. А. Нікітін, В. А. Крилов, А. С. Улюбленців // Збірник наукових праць. II Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні методи і засоби досліджень теплофізичних властивостей речовин». – СПб. : НДУ ІТМО, 2012. С. 191-196.

¹⁵ Маркова, Т. Д. Механізми управління використанням джерел енергії доквілля в Україні : дис. канд. екон. наук: 08.00.06 / Маркова Тетяна Дмитрівна. Одеса, 2014. 226 с.

¹⁶ Снежкін, Ю. Ф. Теплові насоси в системах теплохолодопостачання: монографія / Ю. Ф. Снежкін, Д. М. Чалаєв, В. С. Шаврин, Н. О. Дабіжа. К.: Поліграф-Сервіс, 2008. 104 с.

послідовних та паралельних системах з відповідними інтенсивними та екстенсивними параметрами, основу яких складають рушійні фактори, аеро– та гідродинамічні стани середовищ, поверхні тепло– та масопередачі, засоби підвищення енергетичних потенціалів, компенсатори енергетичних втрат тощо. Технічна організація технологій в цілому і на рівні перебігу окремих процесів потребують взаємодій матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків, завданням яких є досягнення відповідних технологічних ефектів, що стосуються нагрівання-охолодження, випаровування-конденсації, утворення концентрованих середовищ, створення газонасичених систем, аерації та ін. При цьому принциповими залишаються зусилля в напрямку мінімізації енергетичних витрат і обмеження дисипативних втрат у доквілля за відомого рівня можливостей при реалізації цих положень. Оцінюючи загальний стан звернемось до прикладу особливостей лише однієї складової конвективного теплообміну.

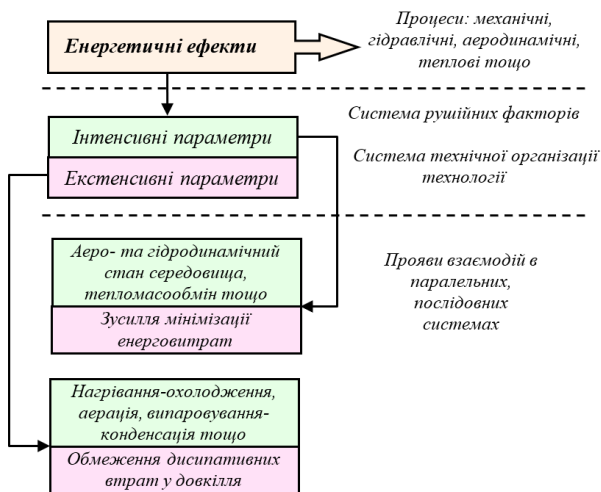


Рис. 7. Оцінка загального стану процесів при енергетичних ефектах

За конвекції теплота передається під час перемішування холодних і теплих шарів рідин або газів і тому цей процес нероздільно пов'язаний з механічним рухом рідинних і газових потоків. Їх теоретична база стосується відповідних розділів гідро- і аеродинаміки, однак рівень складності, навіть, стосовно простих

випадків в математичних формалізаціях настільки значний у поєднанні з тепловими процесами, що це привело до обмежень відповідних наукових інтересів. Проте саме конвекція в механізмах теплопередачі в системах опалення, технологічних апаратів, електроприводах, гальмах, компресорах, холодильних установках тощо за рівнем значущості привела до розвитку і розв'язання прикладних задач. У більшості вони стосуються визначення коефіцієнтів теплопередачі, які можуть залежати від теплопровідності середовищ, в'язкості, густини, теплоємності, кінематичних параметрів, геометрії об'ємів середовищ. Але впливи всіх цих параметрів поєднуються явищем пограничного шару. Саме ця уявна сорочка створює основну перепону теплопередачі, бар'єри якої найбільш ефективно долаються в режимах фазових переходів кипіння і конденсації за рахунок активації коефіцієнтів теплопередачі. Додатковий позитивний ефект фазового переходу стосується одержання теплоносія з термодинамічним параметром, доповненим теплотою пароутворення.

Фазові переходи відкривають додаткові можливості трансформації параметрів тиску і температур, що дозволяє долати природні заборони, особливості яких сформульовані другим законом термодинаміки. У класичному визначенні це досягається доповненням замкнутих або частково замкнутих контурів *компенсаційним процесом* механічного стискання або введенням додаткового теплового потенціалу з підвищенням тиску і температури теплоносія контуру. Наслідком таких перетворень у зворотному циклі Карно досягається можливість передання теплоти від менш нагрітих середовищ і тіл до більш нагрітих, а мета таких перетворень може стосуватись задачі охолодження (нагрівання) локальної зони. У першому випадку має місце використання холодильної машини, а у другому – теплового насоса.

Разом з тим, на доповнення інформації щодо створення лордом Кельвіном повітряного теплового насоса з трансформацією енергетичних потенціалів повітряних потоків за рахунок взаємозв'язків між тиском і температурою, відмітимо наслідки продовження спроб створення їх осучаснених конструкцій, які розглядаємо в даній роботі.

Це стосується розробки за патентом України 17167 «Повітряний тепловий насос» (рис. 8). Створення початкових енергетичних потенціалів в таких системах здійснюється за рахунок використання первинних енергоджерел. Останні у більшості випадків стосуються

ресурсів генерованої парової фази, електроенергії, енергії гідравлічних систем, систем стиснутого повітря або хімічної енергії вхідних сировинних потоків. Присутність останніх є незмінним фактором всякої технології, за якою енергетичний потенціал перероблюваної сировини повинен бути максимально збереженим. Однак, очевидно, що відповідний набір енергоматеріальних трансформацій має забезпечуватись впливами зовнішніх енергетичних потоків за рахунок яких досягаються задані температури технологічної обробки середовищ. остання може здійснюватись без досягнення режимів фазових переходів або з їх реалізацією. Розглянемо трансформацією енергетичних потенціалів повітряних потоків за рахунок взаємозв'язків між конструктивними параметрами насоса і процесом.

Система реалізації енергетичних потенціалів. Потенціал апаратів для підвищення енергетичної ефективності й інтенсифікації процесів режиму фазових переходів і генерування парової, газової фази або парогазових сумішей досить високий. Розробка нових конструкцій теплообмінних, випарних апаратів, визначення раціональних режимів їхньої експлуатації можливі тільки на основі даних отриманих при всебічних дослідженнях процесів, що протікають в апаратах.

Звертання до особливостей перебігу циклів холодильних установок або теплових насосів є доцільним з точки зору інтересів створення аналогій щодо систем промислових апаратів, в яких відбуваються режими фазових переходів і генерування парової, газової фази або парогазових сумішей. Існування замкнутого контуру в холодильному циклі передбачає поєднання в ньому випарника як генератора парової фази (рис. 8), компресора, конденсатора і дроселя, що працюють в синхронізованих паралельних режимах з відповідними термодинамічними параметрами.

У замкнутому циркуляційному контурі А холодильного агента відбуваються фазові переходи за рахунок підведення теплового потоку q_0 від зони охолодження з контуром В і відведення теплового потоку q_k від конденсатора в контурі С. В залежності від технологічних завдань контури В і С можуть бути замкнутими або незамкнутими.

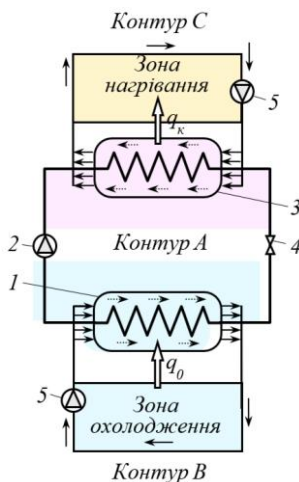


Рис. 8. Система реалізації холодильного циклу: 1 – випарник; 2 – компресор; 3 – конденсатор; 4 – дросель; 5 – вентилятор

Звідси витікає висновок про те, що загальний енергетичний баланс контуру А доповнюється енергетичними витратами роботи ℓ_k компресора 2, що відповідає умові: $q_k = q_o + \ell_k$, (6) а в цілому для системи в підрахунках балансів необхідно враховувати енерговитрати в контурах В і С. При цьому вирішення технологічних задач досягається в одному з контурів В або С, або одночасно в обох. Важливо, що влаштування енергоматеріальних зв'язків контурів В і С відповідно з випарником і конденсатором можуть реалізовуватися за рахунок конвективних потоків повітря середовища, що утворюються як відгук на існування гравітаційного поля. Таке рішення присутнє у влаштуванні більшості побутових і промислових холодильних установок і систем.

У зв'язку з останнім зони охолодження і нагрівання можуть існувати як локальні, однак у випадках, коли вони виконуються незамкненими, то це означає, що вони сполучаються між собою через середовище довкілля, а технічні системи холодильних систем, теплових насосів та кондиціонерів виконують роль програмованих енергоперерозподільувачів. Важливим при цьому є співвідношення потенціалів синтезованих енергетичних потоків в напрямку від зони В до зони С і потенціалу компенсаційних процесів, яке може складати до 5-10 одиниць. Це означає можливість створення потужних енергоємних систем за рахунок використання в них

компенсаційних процесів, обмежена структура яких тільки і є кінцевим негативним результатом впливу на екосистему. Останнє твердження пов'язано з тим, що синтезовані теплові потоки по завершенню технологічних процесів дисипують з вирівнюванням температур у відповідності до закону найбільш вірогідного стану.

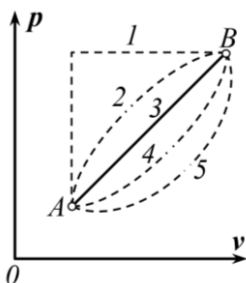


Рис. 9. Залежність $p = p(v)$ в трансформаціях термодинамічних параметрів

З точки зору інтересів подальших обмежень негативних впливів на довкілля заслуговує на увагу енергетичне забезпечення електроприводу компресора-компенсатора. Використання сучасних систем трансформації світової енергії в електричну в таких випадках практично вирішувало б проблеми енергоекономічної безпеки максимальним чином.

Термодинамічний аналіз енергетичних ресурсів. Виходячи із вище сказаного, для проведення активної енергозберігаючої політики є суттєво важливий науково обґрунтований аналіз енергетичних процесів. Сучасні закони термодинаміки включають в себе вивчення властивостей енергії в її перетвореннях у двох підходах до ефективного використання: енергетичний та ексергетичний. Такі підходи пов'язані з використанням двох термодинамічних характеристик енергії – кількості і якості: кількості – в енергетичному, обох – в ексергетичному. Так автори¹⁷ розглядають можливість одержати роботу, коли характеристики системи (тиск, температура, швидкість, хімічний склад і потенційна енергія системи) відрізняються від характеристик стану (параметрів) навколишнього середовища. Ця можливість повністю втрачається, коли система і навколишнє середовище знаходяться в рівновазі та

¹⁷ P. Kudelya, S. Dubovskyi Energy and exergy approaches to the problem of rational energy use. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2020. № 2, p. 7-16.

спокої по відношенню один до одного. Величина роботи, як кількісна міра якості енергії, входить в рівняння енергетичного балансу (Перший закон термодинаміки), а умова перетворюваності $S_{\text{ген}} \geq 0$ – в рівняння ентропійного балансу (Другий закон). Тому пропонують використання низькопотенційного тепла при оптимізації генерації електричної енергії з урахуванням глибинних температур та теплообміну свердловин з бічними породами. При цьому теоретичною основою для розрахунку теплового двигуна з розподіленими параметрами ними обрано цикл Ренкіна.

Розрахунок проведено на основі загальних енерговитрат на магістральне транспортування газу для багатониткової мережі, що включає компресорні станції, ділянки теплообміну із зовнішнім середовищем, перемички та відгалуження.

Моделювання та оптимізацію потоку газу через трубопровідну мережу використано ієрархічну модель, яка базується на одновимірних ізотермічних рівняннях Ейлера динаміки рідини. Тому на основі аналізу топологічної структури теплової мережі, її гідравлічних і термодинамічних параметрів, розроблено метод зворотного відліку теплового потоку мережі. Врахування зовнішнього припливу тепла на ділянках трубопроводів мінімізує загальні витрати тепла і покращує управління технологічними процесами.

На основі вище викладеного фізичний стан системи визначається значеннями двох змінних величин з числа трьох, а саме тиску, об'єму і температури. Між цими трьома параметрами існує функціональний зв'язок. Надалі будемо вважати тиск p і об'єм v незалежними змінними і тоді цей зв'язок відобразимо у формі:

$$T = f(p, v). \quad (7)$$

Сукупність значень p і v визначає положення деякої точки на площині p - v . Кожній такій точці відповідає певне значення температури T (рис. 9).

$$\text{Диференціал} \quad dT = \frac{\partial f}{\partial p} dp + \frac{\partial f}{\partial v} dv \quad (8)$$

є повним диференціалом. За зміни стану системи від параметрів в точці А до параметрів точки В температура в точці В може бути визначена у формі:

$$T_B = f(p_B, v_B). \quad (9)$$

Визначення значень роботи, що здійснюється системою в результаті зміни її стану за переходу параметрів від точки А до точки В і, вважаючи процес зворотним, відобразимо залежністю:

$$W_{A-B} = \int_{v_A}^{v_B} p \, dv. \quad (10)$$

Графічною інтерпретацією наведеного інтегралу є площа під кривою переходу на діаграмі p - v . Оскільки перехід від точки А до точки В можливо здійснити різними траєкторіями, то це означає, що ці площі будуть різними. Їх площа в тій чи іншій мірі визначається конструктивними параметрами та частотою обертання привода. Звідси витікає, що значення роботи W залежить не тільки від координат точок А і В, а і від обраних траєкторій переходу. Логічно припустити, що і кількість теплоти, яка сприймається в цьому переході системи також залежить від останніх, однак різниця між кількістю сприйнятої теплоти Q і енергії W від форми траєкторії переходу не залежить. Висновок про сталість різниці $Q - W$, яка відповідає тільки стану системи в точках А і В, вказує на зміну внутрішньої енергії u :

$$\Delta u_{A \rightarrow B} = (Q - W)_{A \rightarrow B} = F(p_B, v_B) - F(p_A, v_A). \quad (11)$$

В іншій формі вираз (11) має вид:

$$du = dQ - dW = \frac{\partial u}{\partial p} dp + \frac{\partial u}{\partial v} dv. \quad (12)$$

Для випадку замкнутої траєкторії від точки А одержуємо криволінійний інтеграл від du , тоді маємо:

$$\int_{v_A}^{v_A} du = u_A - u_A = 0. \quad (13)$$

Записаний криволінійний інтеграл має назву циркуляції і позначається символом $\oint_{(\ell)}$, де ℓ – замкнута крива.

Підведення теплового потоку Q до середовища означає відповідні зміни в значення ентропії. Остання визначається лише змінними, що характеризують фізичний стан системи, і в переході від точки А до точки В зміни ентропії не залежать від його траєкторії.

При цьому

$$\Delta S_{A \rightarrow B} = \int_A^B \frac{dQ_{3\theta}}{T}, \quad (14)$$

де $dQ_{3\theta}$ – кількість теплоти, що проходить через границі системи в період зворотного процесу.

В елементарному процесі маємо:

$$ds = \frac{dQ_{3\theta}}{T}; \quad dQ_{3\theta} = T ds. \quad (15)$$

Заміна значень dQ і dW в умові (12) приводить до виду:

$$du = T ds - p dv, \quad (16)$$

в якому присутні функції точки і повні диференціали.

Інтегрування (16) приводить до значення u як функції змінних s і v у формі:

$$u = f_u(s, v), \quad (17)$$

або, розкриваючи умову (17), запишемо:

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial s} \right)_v ds + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_s dv, \quad (18)$$

а співставленням з умовою (16) одержимо:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial s} \right)_v = T \quad \text{і} \quad \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_s = -p. \quad (19)$$

Якщо умова (19) відома для даної маси всякої однорідної рідини, то параметри T , p і u можуть бути вираховані для всякого фізичного стану середовища, який визначається незалежними змінними s і v . Тому продуктивність теплового насоса встановлює значення внутрішньої енергії u процесу.

ВИСНОВКИ

Процес підведення і відведення тепла в низько потенційного джерело енергії є функцією часу і простору. Температурне поле формується конструктивними параметрами насоса. Аналіз даних продуктивності, а це утворених температурних полів показав переважання потоку тепла в радіальному напрямку і малу величину теплового потоку в осьовому напрямку. Незважаючи на це, з огляду на конструкцію, утворення теплового потоку і відведення тепла з контуру є стабілізуючими чинниками, забезпечують квазістаціонарний стан.

Виконаний феноменологічний аналіз матеріалів, наведених в дослідженнях дозволяє відмітити перспективні напрямки

використання замкнутих енергетичних контурів в наступному переліку:

- Технології перерозподілу енергетичних потенціалів довкілля на основі теплових насосів, холодильних установок та кондиціонерів;

- Рекупераційні трансформації теплових потоків промислових середовищ на основі термодинамічних зв'язків між тисками і температурами газових і парових фаз;

- Технології створення і трансформацій парових, газових та парогазових потоків з застосуванням режимів адіабатних фазових переходів;

- Створення технологій на основі використання динамічних систем, в яких реалізуються неперервні процеси нагрівання, витримки і охолодження потоків середовищ за використання первинних потенціалів в замкнутій системі без вихідних потоків з наступною компенсацією лише втрат в довкілля з наступним переходом до динамічних режимів;

- В системах охолодження середовищ в значних об'ємах технологічних апаратів харчової галузі на основі використання сорочок охолодження або зовнішніх теплообмінних апаратів важливий недолік стосується поступового зниження температурних перепадів на теплообмінних поверхнях і обмежень щодо рекуперації теплової енергії. Уникнення таких недоліків пов'язано з переходом на динамічну систему з забезпеченням сталих температурних перепадів.

Виконаний аналіз систем на основі використання зворотного циклу Карно дозволяє сформулювати на рівні узагальнення їх технічне призначення, що визначається можливостями перерозподілу енергетичних потенціалів природних або примусово створених середовищ або систем і синтезу на цій основі потужних теплових потоків у сполученні з досконалими методами контролю і керування значеннями їх термодинамічних параметрів. Перевагою методу є його поширення і використання на світовому рівні, яке можливо доповнити лише ефектом Пельтьє у доволі обмеженому використанні.

За результатами проведених теоретично-експериментальних досліджень із врахуванням термодинамічного аналізу, температурного поля потенційного джерела енергії встановлено основні раціональні параметри ротора теплового насоса: діаметр – 0,2 м; крок першого витка лопаті – 0,11 м; приріст кроку – 0,03 м; кількість лопатей, які встановлено між однією парою суміжних витків – 4 шт.; частота обертання ротора – 300 об/хв.

Подальший розвиток теоретичного підґрунтя стосується співвідношень геометричних параметрів холодильних установок або теплових насосів, особливостей енерговведення з вхідним газовим потоком та формування міжфазної поверхні. Існує необхідність в оцінці впливів співвідношень геометричних параметрів на рушійний фактор енергетичних потенціалів та гідродинаміки газорідних середовищ.

АНОТАЦІЯ

У статті зроблена оцінка енергетичних ресурсів складових доквілля і перспектив їх використання на основі перерозподілу зі створенням локальних зон охолодження і нагрівання. Наведено фізичне підґрунтя принципу і систем перерозподілу і трансформацій енергетичних ресурсів середовищ з висвітленням ролі компенсаційних процесів. Запропоновано використання замкнутих енергетичних контурів з проміжними енергоносіями, які підлягають фазовим переходам випаровування і конденсації та дані енергетичних потенціалів повітря доквілля, які практично досяжні для використання на цій основі. Показано переваги улаштування систем для перерозподілу теплових потенціалів на основі використання фазових переходів матеріальних середовищ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пути решения проблем энергетики и экологии в пищевых технологиях [Текст] / О.Г. Бурдо, С.Г. Терзиев, А.В. Зыков, С.И. Милинчук // XVII Miedzy-nar. Konf. Nauk. z cyklu „Inzynieria procesowa w ochronie srodowiska”. Opole, 1999. P. 33-36.
2. George Kosmadakis (2019), Estimating the potential of industrial (high-temperature) heat pumps for exploiting waste heat in EU industries, Applied Thermal Engineering, Volume 156, 25 June 2019, Pages 287-298. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431118376087>
3. Z.Y. Xu, R.Z. Wang, Chun Yang (2019), Perspectives for low-temperature waste heat recovery, Energy, Volume 176, 1 June 2019, Pages 1037-1043. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544219306140>
4. Lei Wang, Guoyuan Ma, Anna Ma, Feng Zhou, Fuping Li (2018), Experimental study on the characteristics of triplex loop heat pump for exhaust air heat recovery in winter, Energy Conversion and Management, Volume 176, 15 November 2018, Pages 384-392. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890418310550>

5. Hyunjeong Lim, Chanjoong Kim, Yeonjoo Cho, Minsung Kim (2017), Energy saving potentials from the application of heat pipes on geothermal heat pump system, *Applied Thermal Engineering*, Volume 126, 5 November 2017, Pages 1191-1198. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431117326595>

6. J.F. Wang, C. Brown, D.J. Cleland (2018), Heat pump heat recovery options for food industry dryers, *International Journal of Refrigeration*, Volume 86, February 2018, Pages 48-55. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700717304826>

7. Hongsheng Zhang, Hongbin Zhao, Zhenlin Li (2019), Waste heat recovery and water-saving modification for a water-cooled gas-steam combined cycle cogeneration system with absorption heat pump, *Energy Conversion and Management*, Volume 180, 15 January 2019, Pages 1129-1138. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890418313013>

8. Yuanlong Cui, Jie Zhu, Ssennoga Twaha, Junze Chu, Hongyu Bai, Kuo Huang, Xiangjie Chen, Stamatis Zoras, Zohreh Soleimani (2019), Techno-economic assessment of the horizontal geothermal heat pump systems: A comprehensive review, *Energy Conversion and Management*, Volume 191, 1 July 2019, Pages 208-236. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890419304303>

9. Bin Hu, Shengzhi Xu, R.Z. Wang, Hua Liu, Luyao Han, Zhiping Zhang, Hongbo Li (2019), Investigation on advanced heat pump systems with improved energy efficiency, *Energy Conversion and Management*, Volume 192, 15 July 2019, Pages 161-170. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890419304431>

10. Paul Byrne, Redouane Ghouali (2019), Exergy analysis of heat pumps for simultaneous heating and cooling, *Applied Thermal Engineering*, Volume 149, 25 February 2019, Pages 414-424. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431118341723>

11. Elliot Woolley, Yang Luo, Alessandro Simeone (2018), Industrial waste heat recovery: A systematic approach, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 29, October 2018, Pages 50-59. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138818301012>

12. Guo-Hua Shi, Lu Aye, Dan Li0, Xian-Jun Du (2019), Recent advances in direct expansion solar assisted heat pump systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 109, July 2019, Pages 349-366. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119302564>

13. Шенк А. Общая методика планирования и проведения экспериментов: пер. с англ. Москва: Колос, 1985. 185 с.

14. Нікітін, А. А. Розрахунок геотермального теплообмінника в програмі ELCUT / А. А. Нікітін, В. А. Крилов, А. С. Улюбленців //

Збірник наукових праць. II Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні методи і засоби досліджень теплофізичних властивостей речовин». – СПб.: НДУ ІТМО, 2012. С. 191-196.

15. Маркова, Т. Д. Механізми управління використанням джерел енергії довкілля в Україні: дис. канд. екон. наук: 08.00.06 / Маркова Тетяна Дмитрівна. Одеса, 2014. 226 с.

16. Снежкін, Ю. Ф. Теплові насоси в системах теплохолодопостачання: монографія / Ю. Ф. Снежкін, Д. М. Чалаєв, В. С. Шаврин, Н. О. Дабіжа. К.: Поліграф-Сервіс, 2008. 104 с.

17. P. Kudelya, S. Dubovskyi Energy and exergy approaches to the problem of rational energy use. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2020. № 2, p. 7-16/

Information about the authors:

Piddubnyi Volodymyr Antonovych,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Corresponding Member of the National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine,

Department of Technology and Organization of Restaurant Management
State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Kravchenko Mykhailo Fedorovych,

Doctor of Technical Science, Professor,

Professor at the Department of Technology
and Organization of Restaurant Business
State University of Trade and Economics

19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine

Stadnyk Igor Yaroslavovych,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Department of Food Biotechnology and Chemistry
Ternopil Ivan Pulu National Technical University
6, Hohol str., Ternopil, 46001, Ukraine

Mykhailyk Vitalii Serhiiovych,

Postgraduate Student at the Department of Technology and Organization
of Restaurant Management

State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

НАУКОВІ ОСНОВИ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ЖЕЛЕЙНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Фоцан А. Л.

ВСТУП

Сучасні умови ринкового господарювання ставлять перед виробниками продуктів харчування завдання впровадження нових конкурентоспроможних ресурсозберігаючих технологій з одночасним поліпшенням споживчих властивостей, підвищенням харчової та біологічної цінності, подовженням термінів зберігання й розширенням асортименту продукції.

Серед широкого різноманіття харчових продуктів особливою популярністю у споживачів користується желейна продукція. Це різноманітні цукерки, желе, муси, мармелад, зефір, печиво і тістечка, оздоблені желейними напівфабрикатами, та ін. Ця продукція характеризується привабливим зовнішнім виглядом, високими смаковими властивостями, добре засвоюється організмом людини. Текстура желейної продукції забезпечується введенням у рецептуру різних структуроутворювачів. Вони можуть бути рослинного походження – продукти переробки морських водоростей (агар, агароїд, фуцеларан, каррагінани, альгінати), фруктів та овочів (пектини, крохмалі), насіння рослин (різноманітні камеді); тваринного (желатин) та мікробного походження (ксантан, ксампан). Проте виробництво цієї продукції здійснюється здебільшого з використанням імпортованих, а відповідно дорогих, структуроутворювачів.

Актуальність досліджень полягає у вирішенні важливого завдання харчової індустрії – раціонального використання харчової сировини, зокрема структуроутворювачів різного походження, під час створення кондитерських виробів, збагачених фізіологічно-функціональними інгредієнтами, які можуть зайняти гідне місце на продовольчому ринку.

Останнім часом у світі проводяться ґрунтовні дослідження в цьому напрямі, якими займалися такі вчені, як В.Б. Толстогузов¹, А.М. Дорохович², П.П. Пивоваров³, Ф.В. Перцевий⁴, К.Г. Юргачова⁵, В.В. Євлаш⁶, та ін. Аналіз літературних даних показує, що увага вчених акцентується на розробці технологій желевної продукції з добавками, що корегують показники харчової цінності. Це передбачає не стільки скорочення витрат структуроутворювачів, скільки зменшення вмісту цукру, створення дієтичної продукції й збагачення виробів білками, вітамінами, мінеральними та баластними речовинами. На сьогодні в літературі відсутні завершені теорії та концепції, що дозволяли б однозначно прогнозувати технологічні та споживчі властивості жележних кондитерських виробів на основі знання молекулярної структури та природи структуроутворювачів, що використовуються для їх виготовлення. Відсутні також і методики кількісного визначення функціонально-фізіологічних інгредієнтів, адаптовані для кондитерських виробів з використанням структуроутворювачів різного походження.

У зв'язку з вищевикладеним, наукове обґрунтування, розробка та запровадження нових ресурсозберігаючих технологій желевної продукції, які базуються на дослідженні функціонально-технологічних властивостей сировини, а саме структуроутворювачів різного походження, та дозволяють отримувати вироби із заздалегідь прогнозованими характеристиками є актуальною науково-технічною проблемою.

¹ Tolstoguzov V. B. Ingredient interactions in complex foods: aggregation and phase separation. In Understanding and controlling the microstructure of complex foods / McClements, D. J. (ed.). Woodhead Publishing, Cambridge. 2007. P. 185–206.

² Дорохович, А. М. Використання гідроколідів у кондитерському виробництві / А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Кохан, С. Г. Кияниця // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2005. – № 2. – С. 9-11.

³ Пивоваров П.П., Пивоваров Е.П., Кондратюк Н.В. Перспективы использования агаро-пектиновой смеси в технологии желе // Новое в технике и технологии пищевых производств. – 2013. – №2. – С. 142-148.

⁴ Pertsevov F., Foshchan A., Garncarek B., Miskiewicz T. *Modifying additives in jelly products*, Publishing house of National University of Food Technologies, Kiev, 2005, 260 pp.

⁵ Юргачова К.Г., Банова С.І. Удосконалення технології збивних кондитерських мас // Наукові праці ОДАХТ. – 2001. – № 22. – С. 8 – 11.

⁶ Євлаш В. В., Кузнецова Т. О., Артамонова М. В., та інші. Розробка науково обґрунтованих технологій продукції підвищеної харчової цінності з використанням структуроутворювачів різного походження // Наукові праці Національного університету харчових технологій. Київ, 2017. Т. 23, № 5. С. 115–123.

1. Молекулярне моделювання процесів структуроутворення у водних розчинах колагену та агарози

В основі процесу геле- або структуро- утворення лежить утворення просторової сітки між молекулами біополімерів, з'єднаних в окремих «вузлах» силами міжмолекулярної взаємодії або хімічними зв'язками різної природи.

Відповідно до загальноприйнятої концепції⁷, механізм формування гідрогелів агару може бути представлено двома стадіями: 1) формування подвійних спіралей з індивідуальних ланцюгів агарози; 2) асоціація подвійних ланцюгів з утворенням співвісних асоціатів (агрегатів) з наступним утворенням тривимірних структур (рис. 1.1).

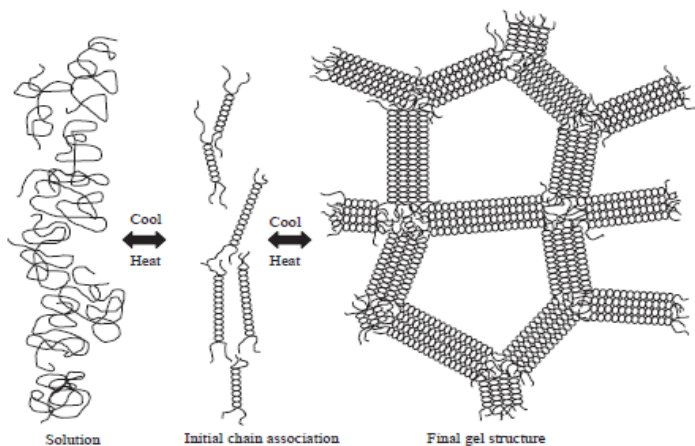


Рис. 1.1. Механізм структуроутворення агару

У водних розчинах желатин (колаген), залежно від температури й концентрації, може існувати у вигляді: а) лінійних α -ланцюгів, які утворенні повторюванням тріад амінокислот, б) потрійних спіралей (молекул тропоколлагена), в) співвісних асоціатів молекул тропоколлагена, що мають можливість утворювати тривимірні структури (рис. 1.2)⁸.

⁷Rees D.A., Welsh E.J. (1977), Secondary and tertiary structure of polysaccharides in solution and gels, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 15, pp. 214-224.

⁸Fiber, E. G., Franks, F., Phillips, M. C. & Suggest, A., Gel formation from solutions of single chain gelatin. *Biopolymers*, 14(10), (1975) 1995-2005

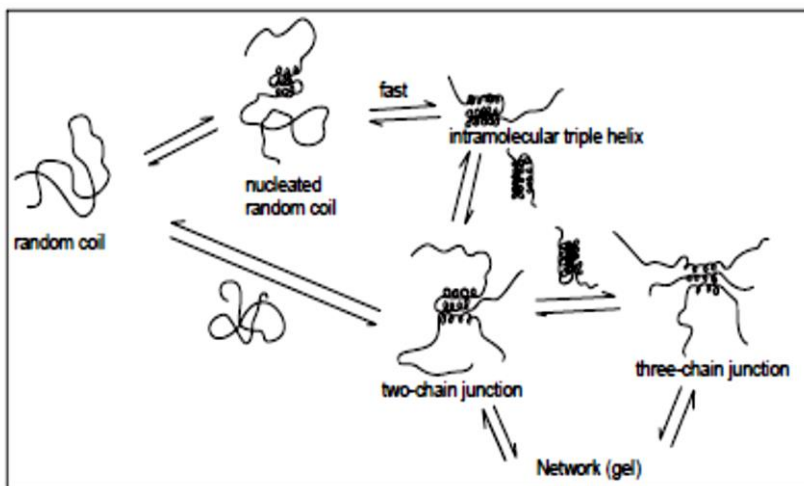


Рис. 1.2. Механізм структуроутворення желатину

Велика розмаїтість видів желатину в залежності від вихідної сировини та технології виробництва є широко відомий факт для фахівців в області харчової технології⁹. Для розуміння впливу складу желатину на особливості гелеутворення необхідно досліджувати цю проблему на атомно-молекулярному рівні.

Про молекулярно-біологічну сутність желатину – колаген відомо, що його структуру утворюють повторення триплетів амінокислот, які обов'язково включають гліцин (GLY) та, найчастіше, пролін (PRO) та гідроксіпролін (HYP)¹⁰ (рис.1.3).

Незважаючи на значний успіх останніх років у вивченні структури желатину (колагену) у твердому (кристалічному) стані, окремі етапи механізму гелеутворення за участю колагену залишаються невивченими на атомно-молекулярному рівні. Крім того, безсумнівний інтерес представляє вивчення міжмолекулярної асоціації за участю спіральних структур колагену й агарози (основної складової сульфатованих полісахаридів червоних морських

⁹ Phillips G.O., Williams P.A. (2009), *Handbook of Hydrocolloids*, 2nd edition, Woodhead Publishing, Cambridge.

¹⁰ Bhattacharjee A., Bansal M. (2005), Collagen Structure: The Madras Triple Helix and the Current Scenario, *IUBMB Life*, 57, pp. 161-172.

водоростей) при їхньому спільному використанні в якості гелеутворювачів.

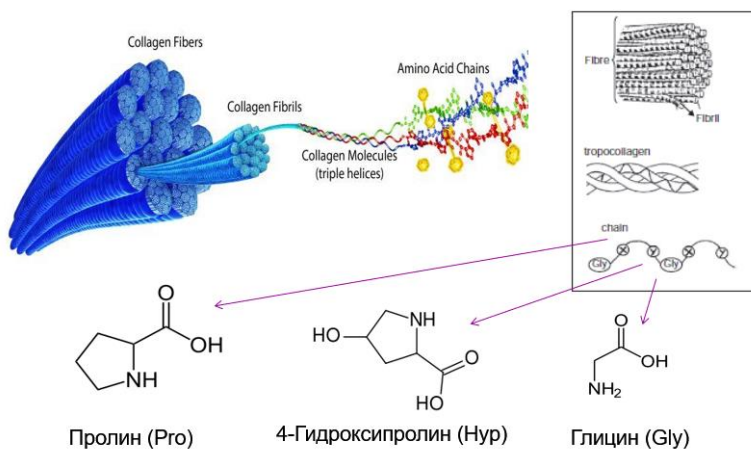


Рис. 1.3. Структура желатину (колагену)

Таким чином, вивчення двох найпопулярніших драгелуєтворювачів та їх розчинів на молекулярному рівні, методами квантової хімії і молекулярно-динамічного (МД) моделювання надасть, по-перше, детальний кількісний опис водневих зв'язків, що утворюються в процесі гелеутворення, по-друге, побудову моделей надмолекулярної структури у відповідних системах і прогнозування їх реологічних властивостей.

Метою дослідження було встановлення особливостей міжмолекулярної асоціації (агрегації) у водних розчинах агарози (AG) і колагену (Col), а також ролі водневих зв'язків на атомно-молекулярному рівні з використанням методів молекулярного моделювання.

Для досягнення поставленої мети були розв'язані наступні задачі:

- 1) підбір і валідація моделей силових полів молекул AG і Col для МД моделювання;
- 2) розробка методики МД моделювання асоціативних рівноваг у водних розчинах AG і Col;
- 3) проведення МД моделювання й аналіз структурних і енергетичних характеристик Н-зв'язків між молекулами Col, а також молекулами AG і Col у досліджуваних системах;

4) квантово-хімічний аналіз виявлених водневих зв'язків.

Сутність методу молекулярно-динамічного (МД) моделювання¹¹ полягає в чисельному рішенні ньютонівських рівнянь руху по заданим парним адитивним модельним потенціалам взаємодії з подальшим обчисленням середніх по ансамблю термодинамічних, структурних і динамічних властивостей модельованої системи за сукупністю миттєвих координат $r(t)$ і швидкостей $v(t)$ всіх частинок системи.

Оскільки при МД моделюванні рідини відомі швидкості і координати всіх частинок в системі, є можливість обчислювати різні функції розподілу, кореляційні функції, як одночасткові, так і колективні, а також термодинамічні параметри. В методі МД моделювання можливе обчислення всіх величин, що розглядаються класичною статистичною механікою¹², у тому числі і недосліджених звичайними статистико-механічними методами.

Модельована система як правило представляється кубічним осередком з довжиною ребра L , що обчислюється за експериментальної щільності і заданій кількості частинок (атомів, молекул, іонів). З урахуванням істотно різної залежності від міжатомної відстані, в МД моделюванні модельний потенціал взаємодії будь-якої пари частинок (атомів) системи представляється сумою складових короткодіючої і електростатичної взаємодії.

Проведення МД моделювання звичайно розбивають на три етапи:

- ініціалізація системи (завдання за певними правилами початкових координат і швидкостей усім атомам (молекулам) в базовій комірці);
- урівноваження (приведення системи в стан термодинамічної рівноваги);
- проведення одного або декількох послідовних запусків (прогонів) з обчисленням всіх структурних, динамічних і термодинамічних властивостей модельованої системи.

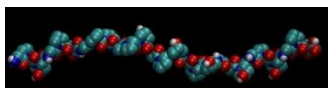
У нашій роботі¹³ був використаний наступний алгоритм дослідження:

¹¹ Haile J.M. (1992), *Molecular dynamics simulation. Elementary methods*, New York, Wiley.

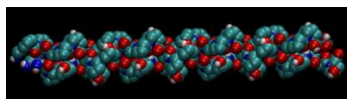
¹² Балеску Р. (1978), *Равновесная и неравновесная статистическая механика, в 2-х т.*, М., Мир.

¹³ Калугин О. Н., Вовчинский И. С., Фошан А. Л., Губский С.М., Евлаш В.В. Методы молекулярного моделирования как инструмент для исследования пищевых гелей // Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технологій, енергоєфективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія. Харків: ХДУХТ, 2015. С. 50–101.

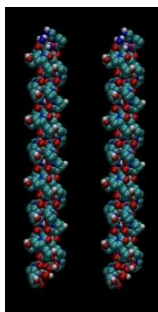
- створення лінійних α -ланцюгів колагену;
- створення на їхній основі молекули тропоколагену;
- створення модельного водного розчину у вигляді МД комірки із двома молекулами тропоколагену;
- проведення МД моделювання на предмет дослідження динаміки асоціації молекул тропоколагену;
- наступний аналіз топології водневих зв'язків і їх квантово-хімічний аналіз.



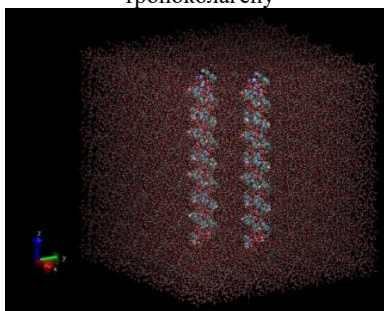
α -ланцюг молекули колагену



Потрійна спіраль молекули тропоколагену



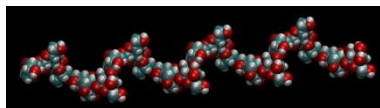
Початкове розташування молекул тропоколагену в МД комірці



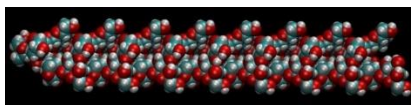
МД комірка з 2 молекулами тропоколагену та 32 560 молекулами води

Рис. 1.4. Структурні елементи модельного водного розчину тропоколагену для МД моделювання

Аналогічний підхід використаний для дослідження асоціації між молекулами тропоколагену з подвійною спіраллю агарози (AG) у водному середовищі (рис. 1.5).



Одинарний ланцюг молекули AG



Подвійна спіраль молекули AG

Початкове розташування молекул тропоколагену та подвійної спіралі агарози

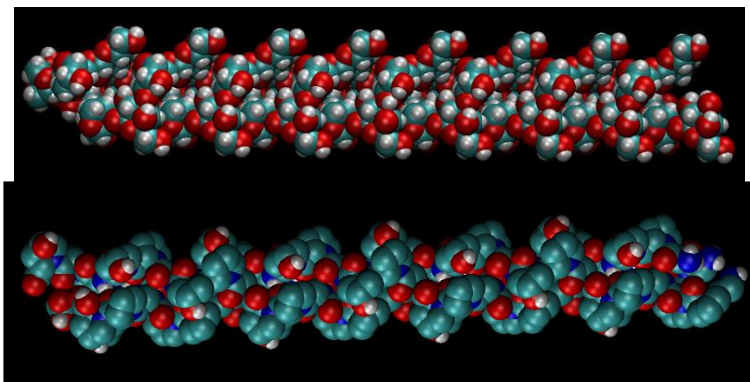


Рис. 1.5. Структурні елементи модельного водного розчину тропоколагену та агарози для МД моделювання

Проведене МД моделювання складалось з наступних етапів.

1. *Створення МД комірки*¹⁴. Після створення моделі та додавання термінальних груп $-NH_2$ та $-COOH$ до експериментальної геометрії отримані дві потрібні спіралі тропоколагену було розміщено паралельно одна одній на відстані 2.5 нм в центрі кубічної комірки $10 \times 10 \times 10$ нм. Після чого вона була рівномірно заповнена 32 560 молекулами води. Отримана геометрія була використана в наступному етапі. Вибір структури колагену обумовлений як наявністю трьох найбільш важливих амінокислот у складі, а саме GLY, PRO і HYP, а також прийнятними розмірами (підсумкова кількість модельованих частинок у потрібній спіралі склала 576). Для створення моделі силового поля була використана утиліта GROMACS (а саме `pdb2gmx`)¹⁵.

2. *Мінімізація енергії*. Основною метою етапу мінімізації енергії є прискорення термодинамічної рівноваги модельованої системи. За допомогою алгоритму найшорішого спуску знаходиться більш енергетично вигідний стан системи, що відповідає висунутим умовам. Критерієм припинення мінімізації в даному моделюванні була відсутність сил більших за 1000 КДж/моль/нм.

3. *Врівноваження системи з зафіксованими важкими атомами молекул тропоколагену у мікроканонічному (NVT) ансамблі*. Після того як було проведена мінімізація енергії системи, для більш шорішого

¹⁴ Lyssenko K.A., et all (2006), Water Clusters in Crystal: Beyond the “Hydrogen-Bonding Graphs”, *ChemPhysChem*, 7, pp. 2453-2455.

¹⁵ <http://www.gromacs.org/>

приведення системи в стан термодинамічної рівноваги було проведене МД моделювання при постійному об'ємі, температурі та кількості модельованих часточок протягом 100 пс кроком 2 фс. Під час моделювання важкі атоми молекул тропоколагену (всі окрім атомів гідрогену) були зафіксовані у просторі з використанням спеціального потенціалу. Таким чином молекули розчинника – води – мали змогу зайняти більш вигідні з енергетичної точки зору позиції навколо ланцюгів тропоколагену. Для підтримання постійної температури 300 К було використано модифікований термостат Берендсена зі значенням константи 0,1 пс. Критерієм варіації виступила потенційна енергія системи, відсутність флуктуацій та трендів на збільшення/зменшення якої вказувала на те, що можна переходити до наступного етапу врівноваження.

4. *Врівноваження системи з зафіксованими важкими атомами молекул тропоколагену у канонічному (NPT) ансамблі.* Геометрія системи отримана на попередньому етапі врівноваження була використана у ролі стартовою для врівноваження у канонічному ансамблі протягом 100 пс кроком 2 фс. Головна відмінність даного етапу від попереднього полягає у тому, що розмір модельованої комірки може мінятися задля відтворення експериментального тиску. Окрім модифікованого термостату Берендсена було використано баростат Паррінелло-Рамана, із константою 2 пс та значенням стислості для води. Незначна зміна густини системи протягом модельованого етапу свідчить про те, що система може переходити до фінального етапу врівноваження.

5. *Врівноваження системи без просторових обмежень у NPT ансамблі.* Врівноваження у канонічному ансамблі протягом 15 нс кроком 2 фс є фінальним етапом перед досліджуванням властивостей системи. Протягом визначеного часу молекули тропоколагену зліпилися, утворивши водневі зв'язки між потрійними спіралями. Незначні флуктуації таких показників як: потенційна енергія системи, густина, і найголовніше – постійна кількість водневих зв'язків між потрійними спіралями тропоколагену вказували на те, що система досягла термодинамічної рівноваги та є придатною для розрахунку досліджуваних властивостей.

6. *Моделювання системи для розрахунку досліджуваних властивостей.* Було проведено три послідовних (фінальна геометрія одного моделювання була початковою для наступного) моделювання тривалістю 5 нс кожен із метою оцінити енергетичні та структурні характеристики водневих зв'язків потрійними спіралями тропоколагену. Налаштування моделювання були аналогічні фінальному етапу врівноваження.

Моделювання водного розчину, що містив одну молекулу тропоколагену та подвійну спіраль агарози проводили за аналогічною схемою.

В якості джерела структури подвійної спіралі агарози, було використано данні з роботи¹⁶. Надзвичайно важливим для МД моделювання є той факт, що ця структура є потенційно нескінченною і відносно короткий вектор трансляції 0.19 нм дозволяє гнучко підбирати довжину ланцюга агарози в залежності від наявних розрахункових ресурсів та інших потреб розрахунку.

Аналіз динаміки міжмолекулярної асоціації (агрегації) двох молекул колагену показав, що протягом кількох сотень пікосекунд дві молекули тропоколагену утворюють динамічно стійкий асоціат (рис. 1.6).

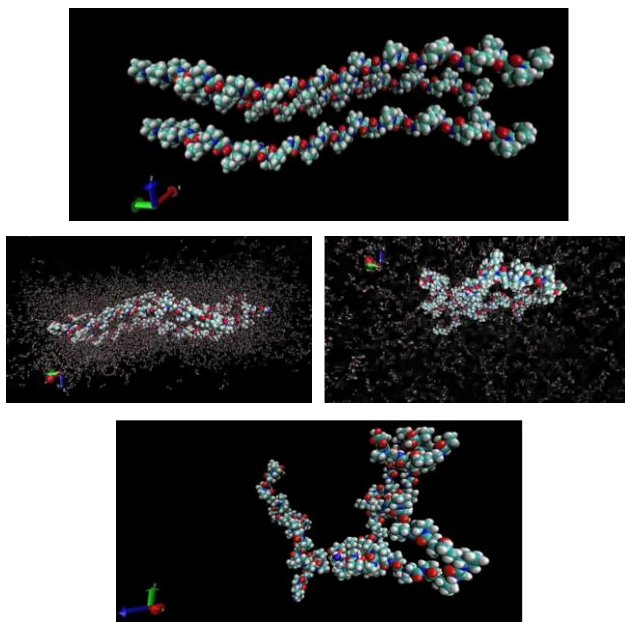


Рис. 1.6. МД комірка з двома асоційованими молекулами тропоколагену й 32 560 молекулами води

¹⁶ Arnott S., Fulmer A., Scott W.E., Dea I.C., Moorhouse R., Rees D.A. (1974), The agarose double helix and its function in agarose gel structure, *J.Mol.Biol.*, 90, pp. 269-284.

Аналогічну динаміку демонструють і молекули тропоколагену й подвійної спіралі агарози, поміщені в модельне водне середовище – вони також утворюють співвісний асоціат протягом досить короткого часу.

Таким чином, за допомогою методу МД моделювання показано, що найважливішим проміжним етапом гелеутворення за участю колагену й агарози є утворення співвісних асоціатів (агрегатів) спіральних молекул.

Аналіз динамічної структури молекул тропоколагену, що складаються із трьох α -ланцюгів колагену (позначених як А-В-С і D-Е-F) відповідно, у водному розчині показує особливу роль сітки водневих зв'язків між амінокислотними залишками α -ланцюгів¹⁷ (рис. 1.7, 1.8).

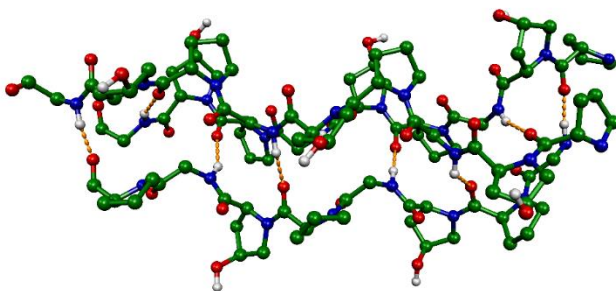


Рис. 1.7 – Ділянка молекули тропоколагену А-В-С. Внутрішньомолекулярні водневі зв'язки показані пунктиром.

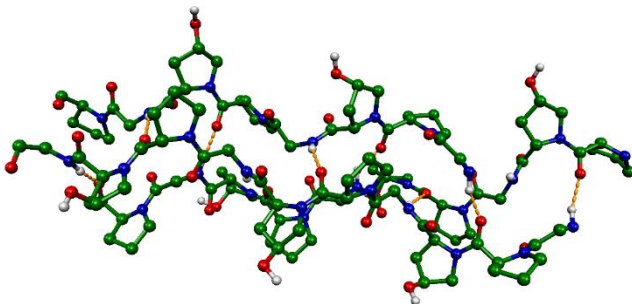


Рис. 1.8. Ділянка молекули тропоколагену D-E-F.

¹⁷ Grabowski S.J. What Is the Hydrogen Bonding? Chem. Rev. 2011, 111, 2597– 2625.

Внутрішньомолекулярні водневі зв'язки показані пунктиром.

Слід відзначити, що стабільність молекул тропоколагену (потрійних спіралей колагену) у водному середовищі забезпечується головним чином водневими зв'язками між -NH групами гліцину одного з α -ланцюгів колагену й атомами кисню проліна іншого α -ланцюгу. Проведений аналіз уздовж фазової траєкторії протягом 15 нс показав, що в середньому на приблизно 9 нм довжини в молекулі тропоколагену реалізується від 15 до 20 сильних водневих зв'язків (табл. 1.1, 1.2).

Таблиця 1.1

Статистика утворення Н-зв'язків (на 20 нс МД моделювання) між α -ланцюгами всередині молекули топоколагену А-В-С

Interaction	Donor	Hydrogen	Acceptor
A-B	GLY7N	GLY7H	PRO5O
A-B	GLY10N	GLY10H	PRO8O
A-B	GLY13N	GLY13H	PRO11O
A-B	GLY19N	GLY19H	PRO17O
A-B	GLY22N	GLY22H	PRO20O
A-C	GLY4N	GLY4H	HYP3O
A-C	GLY16N	GLY16H	PRO14O
A-C	GLY19N	GLY19H	PRO17O
A-C	GLY22N	GLY22H	PRO20O
A-C	GLY25N	GLY25H	PRO23O
B-C	GLY4N	GLY4H	PRO5O
B-C	GLY7N	GLY7H	PRO8O
B-C	GLY10N	GLY10H	PRO11O
B-C	GLY13N	GLY13H	PRO14O
B-C	GLY16N	GLY16H	HYP18O
B-C	GLY19N	GLY19H	PRO20O
B-C	GLY25N	GLY25H	PRO26O

Таблиця 1.2

**Статистика утворення Н-зв'язків (на 20 нс МД моделювання)
між α -ланцюгами всередині молекули топоколагену D-E-F**

Interaction	Donor	Hydrogen	Acceptor
D-E	GLY7N	GLY7H	PRO5O
D-E	GLY10N	GLY10H	PRO8O
D-E	GLY13N	GLY13H	PRO11O
D-E	GLY19N	GLY19H	PRO17O
D-E	GLY22N	GLY22H	PRO20O
D-E	GLY25N	GLY25H	GLY25O
D-F	GLY4N	GLY4H	PRO2O
D-F	GLY7N	GLY7H	PRO5O
D-F	GLY10N	GLY10H	PRO8O
D-F	GLY13N	GLY13H	PRO11O
D-F	GLY22N	GLY22H	PRO20O
D-F	GLY25N	GLY25H	PRO23O
E-F	GLY4N	GLY4H	PRO5O
E-F	GLY7N	GLY7H	PRO8O
E-F	GLY10N	GLY10H	PRO11O
E-F	GLY16N	GLY16H	PRO17O
E-F	GLY19N	GLY19H	PRO20O
E-F	GLY25N	GLY25H	PRO26O

В той же час, міжмолекулярна асоціація молекул тропоколагену здійснюється в основному за рахунок водневих зв'язків між гідроксіпроліновими залишками амінокислот, що належать різним молекулам тропоколагену (табл. 1.3).

Аналогічний результат отриманий за результатами аналізу асоціатів тропоколагенових молекул з молекулами агарози.

Із цього можна сформулювати важливий практичний висновок: для поліпшення гелеутворюючих властивостей колагену або подвійних систем на основі агароза+колаген (желатин) бажано використовувати колаген, збагачений гідроксіпроліновими залишками.

Для кількісної оцінки водневих зв'язків, що утворюються між тропоколагеновими молекулами був проведений їхній квантово-хімічний аналіз у рамках квантової теорії Бейдера «Атоми в молекулах» (QTAİM)¹⁸.

Таблиця 1.3

**Статистика утворення Н-зв'язків (на 20 нс МД моделювання)
молекулами топоколагену А-В-С и D-E-F**

Interaction	Donor	Hydrogen	Acceptor
ABC-DEF	HYP18OD1	HYP18HD1	HYP18O
ABC-DEF	HYP24OD1	HYP24HD1	HYP24OD1
ABC-DEF	GLY1N	GLY1H1	HYP3OD1
ABC-DEF	HYP6OD1	HYP6HD1	HYP6OD1
ABC-DEF	HYP24OD1	HYP24HD1	HYP24OD1

З використанням описаного підходу був проведений вибірковий аналіз двох типів Н-зв'язків, що утворюються між різними амінокислотними залишками двох тропоколагенових молекул, гліцин – гідроксипролін (рис. 1.9) і гідроксипролін – гідроксипролін (рис. 1.10).

Кількісні характеристики відповідних водневих зв'язків в термінах квантової теорії наведено в табл. 1.4. За результатами квантово-хімічного аналізу відповідних водневих зв'язків встановлено, що донорні атоми кисню гідроксипроліна однієї з α -ланцюгів колагену однієї молекули утворюють крім класичних (сильних) Н-зв'язків з NH (гліцин) або OH (гідроксипролін) групами α -ланцюгів колагену іншої молекули також і слабкі водневі зв'язки зі СН групами відповідних молекул, що пояснює високу динамічну стійкість співвісних тропоколагенових асоціатів (агрегатів) у водних розчинах (рис. 1.11).

¹⁸ Бейдер Р. (2001), Атоми в молекулах. Квантовая теория. Мир, Москва.

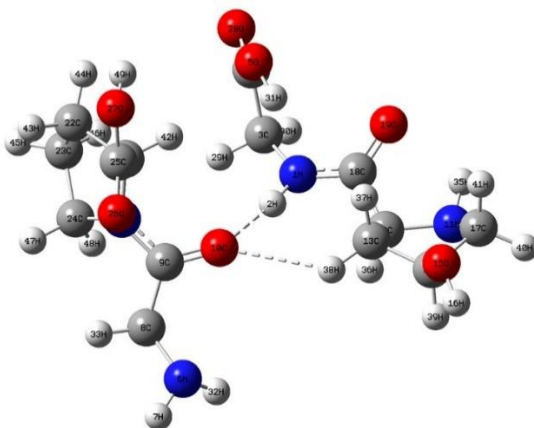


Рис. 1.9. Приклад водневих зв'язків між амінокислотними залишками гліцин – гідроксипролін двох тропоколагенових молекул

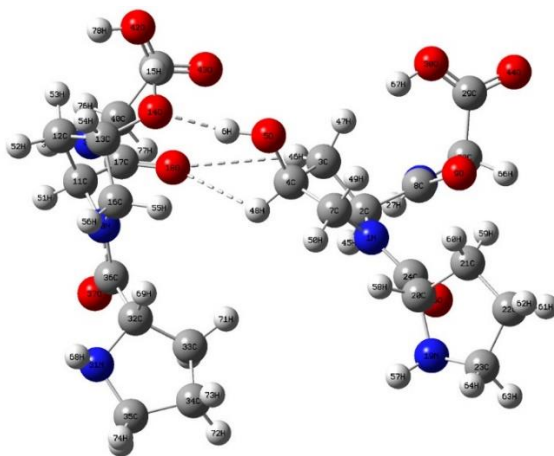


Рис. 1.10. Приклад водневих зв'язків між амінокислотними залишками гідроксипролін – гідроксипролін двох тропоколагенових молекул

Кількісні характеристики водневих зв'язків, зображених на рис. 1.9 та 1.10, між амінокислотними залишками двох тропоколагенових молекул в термінах квантової теорії «Атома в молекулах»

Gly-Hyp				
Атоми	ρ	$\Delta\rho$	Δq	l , нм
O10-H38	+0.003122	+0.022680	0.031077	0.271228
O10-H2	+0.034679	+0.144467	0.111862	0.175968
Hyp-Hyp				
Атоми	ρ	$\Delta\rho$	Δq	l , нм
O18-H48	+0.002721	+0.020243	0.004607	0.277263
O18-H46	+0.002549	+0.012544	0.021958	0.295039
H6-O14	+0.033367	+0.143695	0.082228	0.179223

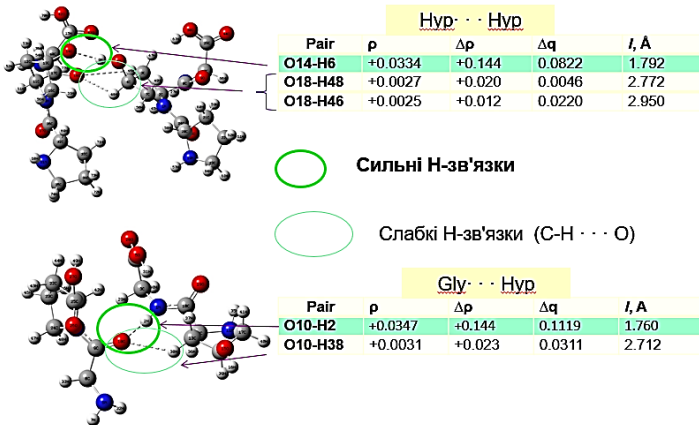


Рис. 1.11. Схема утворення сильних і слабких водневих зв'язків

Таким чином, проведене динамічне моделювання підтвердило, що в основі процесів гелеутворення у водних розчинах колагену та агарози лежить утворення міжмолекулярної (міжспіральної) асоціації молекул тропоколагену між собою, та молекулами тропоколагену й подвійних спіралей агарози. Встановлено, що внутрішньспіральна стійкість молекул тропоколагену у водному середовищі обумовлена переважно утворенням міжланцюгових водневих зв'язків гліцин-пролін. Міжмолекулярна асоціація молекул тропоколагену між собою, а також молекули тропоколагену й подвійної спіралі агарози забезпечується головним чином водневими

зв'язками за участю гідроксипроліну колагену. На підставі цього результату рекомендовано для гелеутворення використовувати желатин, збагачений гідроксипроліном. На підставі квантово-хімічних розрахунків і використання теорії «Атоми в молекулах» показано, що додаткова стабілізація міжмолекулярних асоціатів тропоколагену й агарози забезпечується утворенням слабких водневих зв'язків С-Н ··· О.

2. Емпіричне моделювання функціонально-технологічних властивостей структуроутворювачів різної природи

2.1. Дослідження впливу зовнішнього силового поля на функціонально-технологічні властивості драглів

Побудова просторової сітки драглів відбувається при участі ван-дер-ваальсових або молекулярних сил різного походження: водневого зв'язку, електростатичної та гідрофобної взаємодії. На ці сили можуть впливати певні фізичні поля та змінювати властивості драглів¹⁹.

Досліджено вплив поля надвисокої частоти (НВЧ) різної потужності на міцність драглів агару, фуцеларану та агароїду, одержаних з 1, 2 та 3%-вих розчинів, відповідно.

Методика експерименту полягає у наступному. Після попереднього набухання і наступного розчинення при нагріванні на водяній бані одержували розчини відповідних концентрації. Після цього їх охолоджували до 35...45°C і обробляли у полі НВЧ з частотою 2450 МГц при різній потужності протягом такого проміжку часу, щоб розчин не нагрівався понад 80°C (1...10 хв). Час витримки розчинів полісахаридів у полі НВЧ підбирається експериментально згідно з температурою розчину. Він залежить як від потужності поля, так і від об'єму розчину (рис.2.1.1).

Після застигання міцність драглів вимірювали за приладом Валента²⁰. Необроблені зразки приймалися за контрольні. Вплив поля НВЧ на міцність драглів представлено на рисунках 2.1.2 та 2.1.3.

¹⁹ Фощан А. Л. Деякі аспекти процесу структуроутворення у розчинах драглеутворювачів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць ХДУХТ. Харків, 2005. Вип. 1. С. 343–348.

²⁰ Лурье И. С. Технохимический и микробиологический контроль в кондитерском производстве: Справочник. / И. С. Лурье, Л. Е. Скокан, А. П. Цитович – М. : Колос, 2003. – 416 с.

Видно, що обробка розчинів полісахаридів полем НВЧ приводить до значного (в 1,4...2,2 рази) зміцнення драгтів, які вони утворюють.

Більш детально, цей спосіб підвищення міцності драгтів сульфатованих полісахаридів червоних морських водоростей описано в патенті²¹.

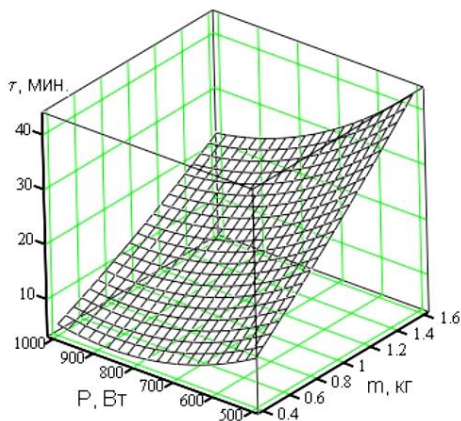


Рис. 2.1.1. Графік поверхні залежності часу обробки від маси розчину та потужності нагріву

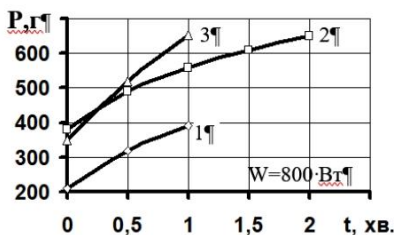


Рис. 2.1.2. Залежність міцності драгтів агару (1), фуцеларану (2) та агароїду (3) від часу нагріву при потужності нагріву $W=800$ Вт

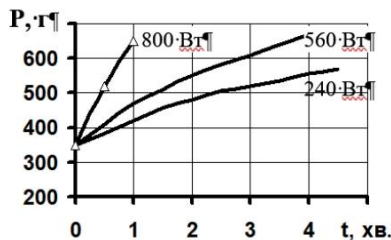


Рис. 2.1.3. Залежність міцності драгтів агароїду від потужності і часу нагріву

²¹ Спосіб підвищення міцності драгтів сульфатованих полісахаридів: Деклараційний патент на винахід № 33283 А Україна: А23L1/05 / Холод Т. В., Фоцан А. Л., Перцевий Ф. В., Савгіра Ю. О.; заявл. 08.02.99; опубл. 15.02.01. Бюл. № 1.

Для розуміння дії поля НВЧ на розчини полісахаридів червоних морських водоростей, ми скористувалися методом аналізу спектру каламутності. Цей метод розроблений В. І. Кленіним із співробітниками²². Суть його полягає в тому, що за допомогою фотоколориметра при різних довжинах хвиль λ (різні світлофільтри) вимірюється оптична густина D розчинів структуроутворювача. Каламутність розчину τ пов'язана з D залежністю $\tau = 2,3 D/l$, де l – товщина кювети. Каламутність є функцією λ при даній концентрації розчину C і температурі T . При невеликих інтервалах λ $\tau \sim \lambda^{-n}$, де n – хвильова експонента, яка може бути подана у явному виді як $n = -\partial \ln \tau / \partial \ln \lambda$. n є функцією відносного розміру часток надмолекулярної структури (НМС) – α і відносного показника заломлення m . ($\alpha = 2\pi r \mu_0 / \lambda_{cp}$; $m = \mu / \mu_0$, де r – радіус часток НМС; μ і μ_0 – показники заломлення часток і води відповідно; λ_{cp} – середнє значення довжин хвиль на ділянці лінійної залежності $\ln \tau$ від $\ln \lambda$). Знаючи n і m , по таблицям характеристичних функцій світлорозсіяння знаходять α і коефіцієнт розсіяння k . Радіус часток r та їх концентрацію N розраховують за формулами:

$$r = \frac{\alpha \cdot \lambda_{cp}}{2 \cdot \pi \cdot \mu_0} \text{ нм} \quad (2.1.1) \quad N = 1.26 \cdot 10^{17} \frac{\tau_{cp}}{(\lambda')^2 \cdot k \cdot \alpha^2}, \text{ см}^{-3} \quad (2.1.2),$$

де τ_{cp} – середнє значення τ на прямолінійній ділянці залежності $\ln \tau - \ln \lambda$; $\lambda' = \lambda_{cp} / \mu_0$.

Ми досліджували водні розчини агару з концентрацією 0,2; 0,4; 0,7; 1,0%. Для приготування розчину полісахарид замочували у воді при кімнатній температурі на протязі доби, потім при $t = 85 \dots 100^\circ\text{C}$ розчиняли. Отримані розчини фільтрували, доводили до необхідної температури, витримували кювету з розчином протягом 30 хвилин для встановлення рівноваги і вимірювали D при різних λ в фотоелектроколориметрі КФК-1. Частину розчину до термостатування витримували у полі НВЧ потужністю 400 Вт протягом 3 хвилин. За результатами вимірювання D і розрахунку τ будували залежність $\ln \tau - \ln \lambda$. Розрахунок r і N проводимо за формулами (2.1.1) і (2.1.2).

Рис. 2.1.4 показує вплив концентрації агару на r і N НМС. Пунктиром показаний цей вплив після обробки розчинів полем НВЧ. З рисунка видно, що із зростанням концентрації розчину

²² Кленин В.И., Щеглов С.Ю., Лаврушин В.И. Характеристические функции рассеяния дисперсных систем. Саратов: изд. СГУ, 1977, 176 с.

збільшуються як N так і r . Поле ж НВЧ впливає на міжфазовий розподіл макромолекул агару. Розмір вузлів – частинок НМС зменшується, а їх кількість зростає.

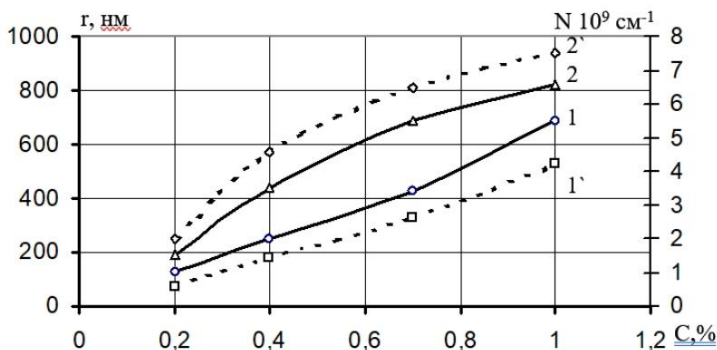


Рис. 2.1.4. Залежність НМС від концентрації структуроутворювача при 20°C 1 – $r=f(C)$; 1' – $r=f(C)$ після НВЧ; 2 – $N=f(C)$; 2' – $N=f(C)$ після НВЧ

Відповідно до теорії структуроутворення²³ при високих температурах молекули полісахаридів знаходяться в розчині у вигляді глобул. По мірі охолодження молекули розправляються, скручуються у спіралі, подвійні спіралі, які групуючись, утворюють частки. Усі фрагменти розчиненої речовини: спіралі, подвійні спіралі і частки беруть участь в побудові структури драглу. Як показано раніше, обробка розчинів агару полем НВЧ зміцнює структуру драглу. Зіставляючи дані дослідження впливу поля НВЧ на міцність, можна зробити висновок про те, що чим більше концентрація часток НМС і менше їх розмір при даній концентрації структуроутворювача, тим більш міцні драгли утворюються.

Нагрівання розчинів у змінному електромагнітному полі зумовлено наявністю полярних молекул, груп атомів, іонів. Змушені коливання цих часток трансформують енергію поля в тепло. У розчинах полісахаридів гідратовані полярні групи атомів, які знаходяться як у іонізованому, так і у неіонізованому станах, можуть частково втрачати свої гідратні оболонки, що значно

²³ Rees D.A. Conformational analysis of polysaccharides // V.I. Chem. Soc. B / 1970. 5. p. 877.

полегшує внутрішньо- та міжмолекулярні взаємодії і конформаційні перетворення макромолекул. Все це повинно збільшити число подвійних спіралей та укріпити фрагменти сітки драглів, що і спостерігається на практиці.

В процесі виготовлення желейних виробів важливим технологічним параметром, який впливає на якість готової продукції, є температура застигання желейної маси та температура плавлення драглів. Для того, щоб желейні вироби зберігали свою форму і мали гарний товарний вигляд, необхідно, щоб температура плавлення желейної маси була якомога вище. Цього можна досягнути збільшивши концентрацію структуроутворювача, що призведе до підвищеного видатку цієї дорогої і дефіцитної сировини.

Оскільки обробка розчинів полісахаридів червоних морських водоростей полем НВЧ призводить до підвищення міцності драглів, то було б доцільним припустити, що така обробка може також змінювати і температури плавлення та застигання. Тому дослідження цих показників представляє практичний інтерес.

На рисунку 2.1.5 (а) наведено результати дослідження температур плавлення драглів агару необроблених, та оброблених у полі НВЧ залежно від концентрації структуроутворювача. Видно, що обробка розчинів агару полем НВЧ призводить до підвищення температури плавлення драглів у порівнянні з необробленим зразком при тій же концентрації структуроутворювача.

Важливою характеристикою стану структури драглів є середня енергія одиничного вузла зв'язку драглевої сітки, або ентальпія плавлення гелю, що характеризує енергію розпаду вузлів сітки драглів. Взаємозв'язок цієї величини з температурою плавлення драглів описується рівнянням Елдріджа-Феррі:

$$\Delta H = -R \frac{\Delta \ln C}{\Delta T_{пл}^{-1}} \quad (2.1.3)$$

де ΔH – енергія розпаду вузла зв'язку, R – універсальна газова стала, C – концентрація структуроутворювача, $T_{пл}$ – температура плавлення драглів даної концентрації.

На рис. 2.1.5 (б) наведені криві залежності $\ln C$ від $1000/T_{пл}$, розраховані за даним, наведеним на рис. 2.1.5 (а).

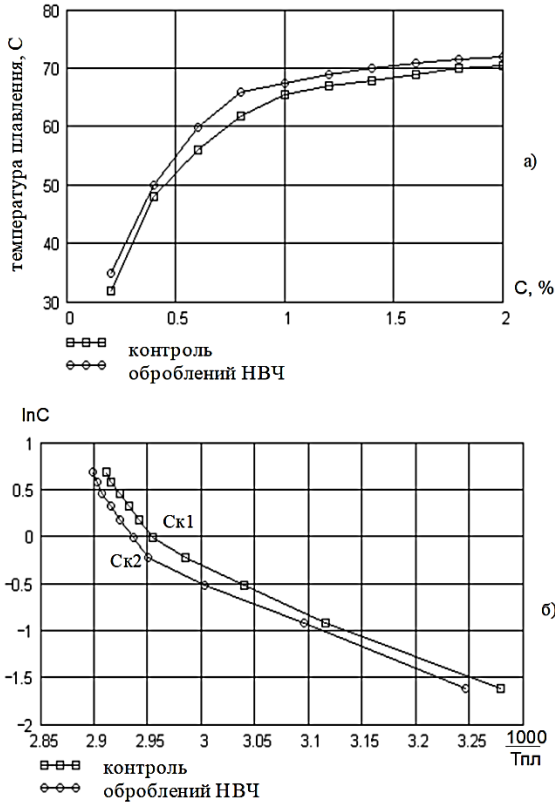


Рис. 2.1.5 Залежність температури плавлення драглів агару від концентрації структуроутворювача (а) і залежність $\ln C$ від зворотної температури плавлення $T_{пл}$ (б)

Ці залежності являють собою криві з характерним зломом. Концентрація, при якій спостерігається злам на цих кривих, називається критичною, C_k , і характеризує, перехід молекулярної структури в понадмолекулярну. Молекулярна структура драглів характеризується неміцними зв'язками. Зв'язки між окремими одиницями такої структури виникають внаслідок взаємодії молекул або подвійних спіралей шляхом водневих зв'язків або при участі води. При концентрації структуроутворювача в розчині вище C_k в утворенні структури драглів, поряд з окремими подвійними спіралями, беруть участь і їхні агрегати. Структура драглів стає понадмолекулярною і в

утворенні одиничного вузла студневої сітки бере участь вже більше число зв'язків. Видно, що обробка розчинів агару у полі НВЧ призводить до пониження критичної концентрації переходу молекулярної структури гелю у понадмолекулярну ($C_{K1} > C_{K2}$).

За нахилом кривих $\ln C$ від $1000/T_{пл}$, згідно з рівнянням Елдріджа-Феррі (2.1.3), можна розрахувати величину енергії одиничного вузла зв'язку драглевої сітки ΔH . Значення ΔH занесені в таблицю 2.1.1.

Таблиця 2.1.1

Дані розрахунку енергії одиничного вузлу зв'язку сітки драглів

Агар	ΔH_1 , кДж/моль	ΔH_2 , кДж/моль
Контрольний зразок	38	130
Зразок, оброблений у НВЧ полі	40	150

Молекулярна структура драглів характеризується неміцними зв'язками і, як слідство, невеликою величиною ентальпії плавлення гелю (ΔH_1). При концентрації структуроутворювача в розчині вище C_K , в утворенні структури драглів, поряд з окремими подвійними спіралями, бере участь вже більше число зв'язків, що характеризується більшою величиною ентальпії плавлення (ΔH_2). Видно, що величина ΔH_1 приблизно однакова як для обробленого розчину так і для необробленого. Однак величина ΔH_2 для обробленого у НВЧ полі зразка більше, що говорить про утворення більш міцних зв'язків між макромолекулами полісахариду.

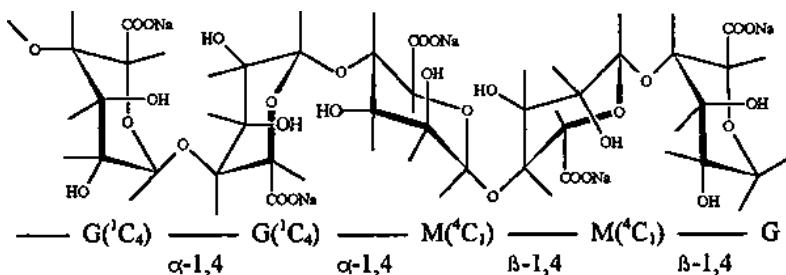
Таким чином, обробка розчинів структуроутворювачів полем НВЧ призводить до зміцнення структури драглів, а завдяки цьому дає можливість зниження видатку структуроутворювача при виробництві желейних виробів і веде до зниження собівартості готових желейних виробів.

2.2. Вивчення впливу додавання альгінату натрію і хлористого кальцію на властивості драглів сульфатованих полісахаридів червоних морських водоростей

Одним із способів зниження витрат структуроутворювачів при виробництві желейної продукції, є введення в рецептурну суміш різних добавок, що призводять до підвищення структуроутворюючої

здатності полісахаридів червоних морських водоростей^{24,25,26}. Це дозволяє заощадити деяку кількість желуючої сировини без погіршення якості готового продукту.

Альгінова кислота та її солі широко використовуються у народному господарстві. З її солей найбільш часто застосовують альгінат натрію. Альгінат натрію є сіллю альгінової кислоти, що у виді змішаних солей кальцію, магнію та інших металів складає основну частину стінок клітин бурих морських водоростей сімейства ламінарієвих. Хімічна структура альгінату натрію, як і хімічні структури багатьох інших водоростевих полісахаридів, непостійна і залежить від виду водоростей та інших факторів. Структурна формула альгінату натрію має наступний вид:



Макромолекули побудовані з двох компонентів – залишків L-гулуранової і D-мануранової кислот, що мають лінійну структуру і зв'язаних (1→4) зв'язками, що з'єднують окремі моносахариди. Молекули води, що зв'язують молекули альгінату не показані в даній структурній формулі.

Чисельні токсикологічні дослідження, проведені у світі, підтвердили нешкідливість альгінату натрію і можливість

²⁴ Перцевой Ф. В., Савгира Ю. А., Фощан А. Л., Гринченко О. А., Пивоваров П. П., Гарнцарек Б. Ч. Технология переработки продуктов питания с использованием модификаторов: монография. Харьков: ХГТУСХ, 1998. 178 с.

²⁵ Перцевой Ф. В., Фощан А. Л., Савгира Ю. А., Гринченко О. А., Пивоваров П. П. Производство желейной и взбивной продукции с использованием модификаторов: монография. Днепропетровск: Пороги, 2003. 201 с.

²⁶ Pertsevoy F., Savgira Yu., Foshchan A., Ukrainets A., Garncarek B., Miskiewicz T. Modifying additives in jelly products (Модифікуючі добавки в желейній продукції): монографія (англ. мовою). Київ: Бізнесполіграф, 2005. 260 с.

використання альгінатів як харчової добавки²⁷. При цьому були встановлені припустимі для людини дози альгінату натрію, що склали до 50 мг/кг ваги тіла у добу.

Альгінати є ефективними сорбентами. Їх можна використовувати як харчову лікувально-профілактичну добавку²⁸ для виведення з організму важких металів, радіонуклідів, шлаків і токсинів. Крім того, їх використовують при лікуванні шлунково-кишкових захворювань: хронічних колітів, гастриту, виразкової хвороби дванадцятипалої кишки, хронічного гепатиту; при захворюваннях печінки, підшлункової залози та серцево-судинної системи.

При виготовленні харчових продуктів альгінати застосовуються для зберігання консистенції продукту під час заморожування і відтавання, забезпечують одержання в'язких середовищ, що швидко утворюють гелі, стабілізують систему, додають твердість, зменшують виділення вологи, служать для загущення і стабілізації²⁹.

На підставі вищесказаного ми припустили, що введення цього препарату у рецептурну суміш желейних виробів дозволить суттєво змінити структурно-механічні властивості драглів, зміцнити їхню структуру, що призведе до зменшення видатку та економії коштовних драглеутворювачів. Для цього нами було вивчено вплив альгінату натрію та хлористого кальцію на структурно-механічні властивості драглів полісахаридів червоних морських водоростей агару, агароїду, фуццеларану.

Підвищення міцності драглів рівносильне можливості зменшення витрат драглеутворювачів. З органолептичною оцінкою готового продукту пов'язані такі структурно-механічні показники як міцність, пружність, пластичність, еластичність. Характеристика структурно-механічних властивостей продуктів в пружно-пластично-міцнісних показниках дає можливість вирішувати ряд важливих практичних

²⁷ Хотимченко Ю.С., Ковалев В.В., Савченко О.В. Физико-химические свойства, физиологическая активность и применение альгинатов – полисахаридов бурых водорослей // *БИОЛОГИЯ МОРЯ*, 2001, том 27, № 3, с. 151-162

²⁸ Тутельян, В. А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека: справочное руководство по витаминам и минеральным веществам / В. А. Тутельян, В. Б. Спиричев, Б. П. Суханов – М. : Колос, 2002. – 423 с.

²⁹ Фоцан А.Л., Овсяникова Л.Г., Перцевий Ф.В. Використання альгінату натрію для удосконалення технології кулінарної продукції // *Зб. наук. праць «Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування та економічні проблеми торгівлі» ХДУХТ. Харків, 2003. – С. 456-462.*

завдань: вони з успіхом можуть бути використані для спрямованого керування технологічним процесом отримання виробів із заданими властивостями. Крім того, відомо, що міцність і структура одержаних драглів в значній мірі визначаються природою зв'язків, які об'єднують макромолекули в структурову сітку, а також всілякими конформаційними перетвореннями, здатними надавати студням більш-менш виражені пружно-еластичні або пластично-в'язкі властивості. З цієї точки зору, вивчення впливу добавок, що вводяться, на структурно-механічні властивості драглів має великий теоретичний інтерес.

Нами був обраний такий шлях досліджень, згідно з яким спочатку необхідно було знайти оптимальні концентрації пропонованих добавок і їх співвідношення, що призводять до підвищення структуроутворюючої здатності полісахаридів. За критерій була прийнята механічна міцність драглів. Потім досліджувати вплив добавок у встановлених концентраціях на структурно-механічні властивості драглів, а тим самим на характер зв'язків елементів просторової структури гелю.

Відповідно до прийнятої послідовності вивчення структурно-механічних властивостей сульфатованих полісахаридів, першим етапом дослідження було вивчення міцності драглів агару, фуцеларану і агароїду у присутності альгінату натрію і хлористого кальцію. Концентрація драглеутворювачів була обрана експериментально: агар – 1%, фуцеларан – 2%, агароїд – 4%. При більш низьких концентраціях драглі мали недостатню механічну міцність, і було потрібно тривалий час для структуроутворення, при більш високих концентраціях розчинність полісахаридів погіршувалася, і утворювалися неоднорідні драглі.

Допустимі концентрації добавок, що вводяться: не більше 1% для альгінату натрію і не більше 3% для хлористого кальцію CaCl_2 ³⁰.

Приготування розчинів і драглів здійснювалося наступним чином. Певну кількість драглеутворювача заливали необхідною кількістю дистильованої води з температурою 20°C і залишали для набухання на 1,5...2 години. Потім драглеутворювач розчиняли при кип'ятінні на водяній бані в колбах зі зворотним холодильником. Після цього гарячі водні розчини полісахаридів розливали в чашки для застигання, які поміщали в ексікатор над водою, щоб уникнути утворення на поверхні драглу кірки.

³⁰ Нечаев, А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – М. : Колос, 2001. – 295 с.

Альгінат натрію вводили на стадії набрякання драглеутворювача у вигляді 5%-го розчину, а іони кальцію (у вигляді 2,8%-го розчину CaCl_2) в охолоджений до 70°C розчин полісахариду, тому що при більш високих температурах спостерігається деструкція молекул і міцність зразків різко падає.

Процес структуроутворення у водних розчинах полісахаридів при 20°C на 75...85% відбувається в перші 24 години. Тому, з метою отримання порівнянних результатів, драглеутворення зразків проводили в однакових і постійних умовах при температурі 20°C протягом 24 годин.

Експериментальні дані про вплив добавок альгінату натрію і хлористого кальцію на зміну міцності драглів 1% розчину агару, 2% розчину фуцеларану і 4% розчину агароїду наведені на рис. 2.2.1-2.2.3.

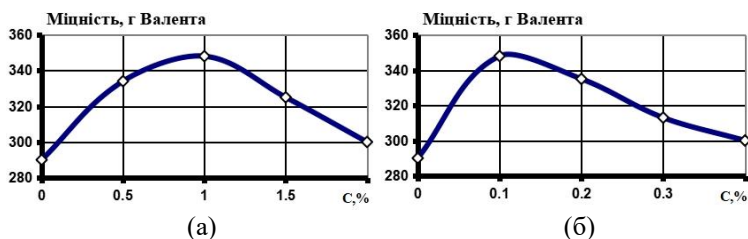


Рис. 2.2.1. Залежність міцності драглів 1% розчину агару від концентрації альгінату натрію (а) та хлористого кальцію (б)

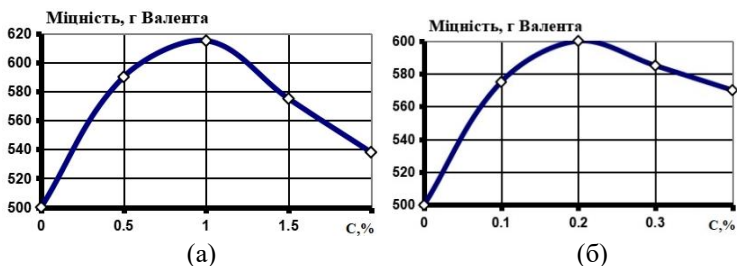


Рис. 2.2.2. Залежність міцності драглів 2% розчину фуцеларану від концентрації альгінату натрію (а) та хлористого кальцію (б)

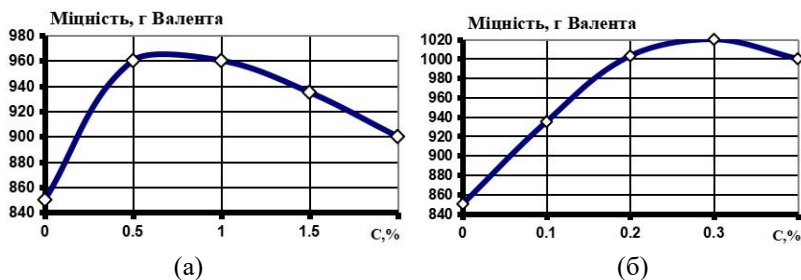


Рис. 2.2.3. Залежність міцності драглів 4% розчину агароїду від концентрації альгінату натрію (а) та хлористого кальцію (б)

З графіків видно, що дія добавок на міцність драглів сульфатованих полісахаридів залежить від концентрації добавки і природи драглеутворювача. Концентрацією, при якій спостерігається максимальне зміцнення системи, є 0,5...1% альгінату натрію. При цьому міцність системи збільшується на 15% для агару, 17% для фуцеларану і 18% для агароїду у порівнянні з контрольним зразком. При введенні хлористого кальцію концентрацією 0,08...0,1%, (що відповідає 0,03...0,04% іонів Ca^{2+}) для агару, 0,18...0,20% (або 0,06...0,07% Ca^{2+}) для фуцеларану і 0,2...0,22% (або 0,07...0,08% Ca^{2+}) для агароїду, міцність драглів цих полісахаридів збільшується на 17, 20 і 25 %, відповідно.

Збільшення міцності при введенні в систему альгінату натрію пов'язано, ймовірно, з тим, що незначні кількості альгінату натрію в розчинах полісахаридів призводять до конформаційних змін макромолекул драглеутворювача, в результаті яких утворюється більш міцна тривимірна сітка драглу.

Відомі три основних типи структур, які виникають в результаті структуроутворення двох високомолекулярних компонентів³¹. Аналіз цих типів структур показав, що драгли які утворюють сульфатовані полісахариди спільно з альгінатом натрію відносяться до типу систем, в яких структури полімерів різних інгредієнтів не перемішуються. Це призводить до скупчення молекул альгінату натрію в сітці структуроутворювача. Наслідком цього може служити

³¹ Перцевой Ф. В. Технология желейной продукции перерабатывающей отрасли с модифицирующими добавками: монография / Ф. В. Перцевой, Б. Ч. Гарнцарек, В. А. Кузнецов, Ю. А. Савгира; АО «Экспересс-агро», ХГАТОП, ХТУСХ. – Х., 1996.

посилення міжмолекулярної взаємодії драглеутворювача при певних концентраціях другого компонента з відповідним зростанням міцності драглу. Подальше збільшення концентрації солі альгінової кислоти викликає часткове висолювання драглеутворювача. В результаті знижується величина заряду молекул полісахариду. Зниження заряду молекул нижче оптимального значення призводить до переважання сил молекулярного тяжіння над силами електростатичного відштовхування. В результаті утворюються пухкі, і як наслідок, неміцні драгли.

З рис. 2.2.1-2.2.3 (б) видно, що підвищення міцності драглів спостерігається вже при введенні невеликої кількості хлористого кальцію. Максимальна міцність спостерігалася для 1% драглів агару при 0,08...0,1% CaCl_2 , (що відповідає 0,03...0,04% іонів Ca^{2+}), для 2% драглів фуццеларану при 0,18...0,20% CaCl_2 (0,06...0,07% Ca^{2+}), для 4% драглів агароїду при 0,2...0,22% CaCl_2 (0,07...0,08% Ca^{2+}). Подальше підвищення концентрації хлорного заліза призводить до поступового зниження міцності драглів.

Концентрація іонів кальцію, при якій спостерігається максимальна міцність драглів, збільшується від агару до фуццеларану, а від нього до агароїду. Аналогічним чином змінюється зміст в полісахаридах сульфатних груп SO_3M (M-іон металу), здатних дисоціювати у воді з утворенням високомолекулярних поліаніонів. Іони кальцію, додані до розчинів полісахаридів, зменшують заряд їх молекул, екрануючи заряд аніонів, і тим самим зменшують сили відштовхування між молекулами. Що призводить до утворення більш міцних драглів. Видно, що добавки хлористого кальцію найбільш ефективно діють на полісахариди які мають меншу структуроутворюючу здатність.

Драгли розглянутих полісахаридів, що містять в якості добавки хлористий кальцій, мають більшу міцність у порівнянні з драглями, що містять альгінат натрію. Пояснюється це, ймовірно, тим, що іони кальцію Ca^{2+} поряд з простим екрануванням заряду сульфатних груп здатні утворювати мостичні зв'язки іонного типу, що зв'язують полімерні ланцюги полісахариду.

При спільному введенні у розчини полісахаридів розглянутих добавок міцність отриманих драглів значно вище, ніж міцність зразків, що мають тільки одну добавку. Так, міцність 1%-го розчину агару на 25% вище міцності контрольного зразку, міцність 2% -го розчину фуццеларану на 30%, міцність 4%-го розчину агароїду на 44% відповідно (рис. 2.2.5).

На рис. 2.2.4 наведені графіки кривих рівних значень міцності драглів агару, фуццеларану та агароїду в залежності від концентрації добавок, що вводяться. Ці криві побудовані шляхом математичної обробки експериментальних даних, отриманих за приладом Валента (табл. 2.2.1), за допомогою ЕОМ.

Механічні властивості драглів грають важливу роль не тільки при їх виробництві, а й при споживанні. Продукт піддається різним типам деформацій і руйнувань (стиснення, розтягнення, зріз), які діють у комбінації або окремо. Тому, становить практичний інтерес вивчення впливу добавок що вводяться на такі характеристики драглів як пружність, пластичність, еластичність. Драглі полісахаридів червоних морських водоростей агару, агароїду, фуццеларану, містять у своїй структурі значну кількість агрегатів молекулярних спіралей, та у більшій мірі проявляють пружно-еластичні властивості (табл. 2.2.2). Пластичні властивості розвинені слабше, при перевищенні граничної напруги зсуву система руйнується.

Таблиця 2.2.1

**Міцність драглів полісахаридів (г по Валента)
від концентрації добавок**

Концентрація хлористого кальцію, %	Концентрація альгінату натрію, %			
	0	0,5	1,0	1,5
	1% агар			
0	290	334	348	320
0,1	348	360	363	325
0,2	333	336	330	313
0,3	313	307	300	260
	2% фуццеларан			
0	500	590	615	570
0,1	575	625	650	600
0,2	600	650	660	555
0,3	585	600	610	530
	4% агароїд			
0	850	960	960	935
0,1	935	1088	1012	945
0,2	1003	1224	1063	940
0,3	1020	1037	1020	918

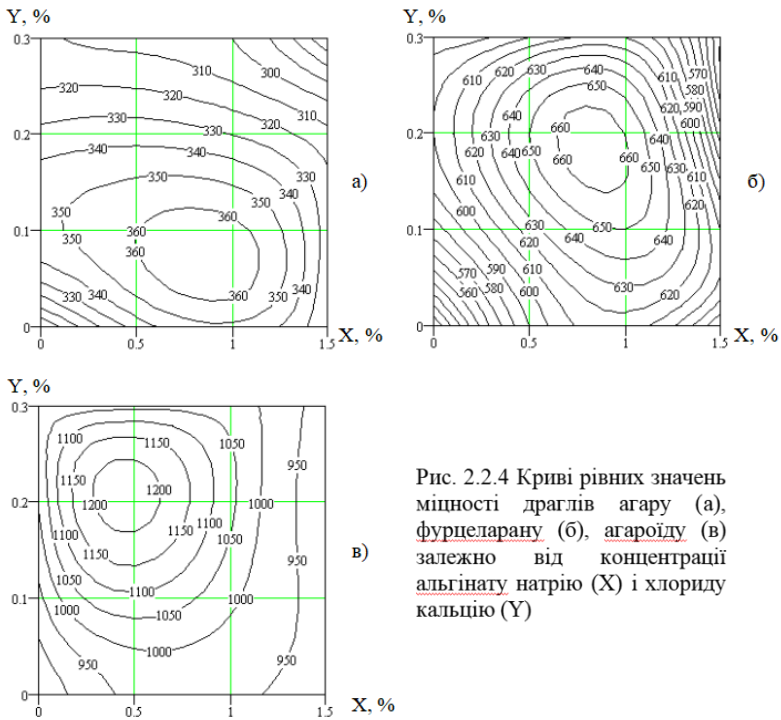


Рис. 2.2.4 Криві рівних значень міцності драглів агару (а), фурцеларану (б), агароїду (в) залежно від концентрації альгінату натрію (X) і хлориду кальцію (Y)

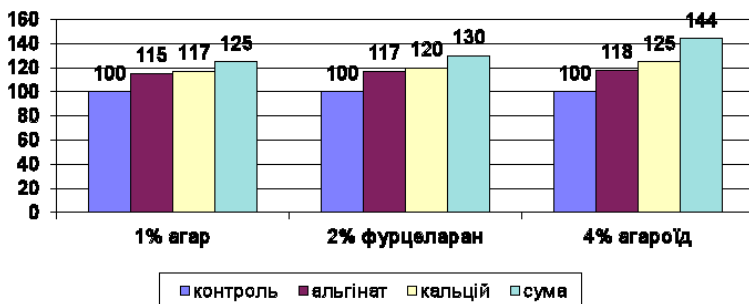


Рис. 2.2.5. Відносна міцність драглів (%) залежно від добавки що вводиться

Таблиця 2.2.2

**Реологічні характеристики драглів полісахаридів
червоних морських водоростей у присутності добавок
альгінату натрію (АН) і хлористого кальцію (ХК)**

Найменування драглеутворювача і концентрація добавок	Деформація, 10^{-2}			Пластичність	Пружність	Еластичність
	ϵ_0	ϵ_m	$\epsilon_{ост}$			
				Пл, %	Пр, %	Ел, %
1% агар	3,80	4,75	1,86	39,2	80,0	20,0
-//- + 0,5% АН	3,77	4,92	2,33	47,4	76,6	23,4
-//- + 0,1% ХК	4,05	4,79	1,72	35,9	84,6	15,4
-//-+0,5% АН+0,1% ХК	4,12	4,85	2,15	44,3	85,0	15,0
2% фуцеларан	9,22	13,20	5,22	39,6	69,9	30,1
-//- + 0,5% АН	9,56	14,90	6,82	45,8	64,2	35,8
-//- + 0,2% ХК	10,05	13,00	4,77	36,7	77,3	22,7
-//- +0,5% АН+ 0,2% ХК	9,88	12,90	5,51	42,7	76,6	23,4
4% агароїд	2,86	4,32	1,98	45,8	66,2	33,8
-//- + 0,5% АН	2,78	4,66	2,31	49,6	59,7	40,3
-//- + 0,22% ХК	2,98	4,23	1,79	42,3	70,5	29,5
-//-+0,5% АН+0,22% ХК	2,95	4,21	2,05	48,7	70,1	29,9

Введення хлористого кальцію у розчини полісахаридів призводить до збільшення пружності і зниження еластичності їх драглів. Це, ймовірно, викликано тим, що іони кальцію здатні утворювати міжмолекулярні зв'язки іонного типу, що зв'язують полімерні ланцюги. Утворення таких зв'язків збільшує жорсткість полімерних ланцюгів, що виражається у зниженні еластичності і збільшенні пружності драглів. Пластичність системи дещо знижується (рис. 2.2.6).

Добавка альгінату натрію призводить до значного збільшення пластичності драглів полісахаридів.

Спільне введення альгінату натрію і CaCl_2 збільшує як пружність, так і пластичність системи, але при цьому знижується еластичність. Таким чином, драглі розглянутих полісахаридів, в які було введено альгінат натрію і хлористий кальцій, поряд з пружно-еластичними володіють і пластичними властивостями, а значить і здатність до відновлення.

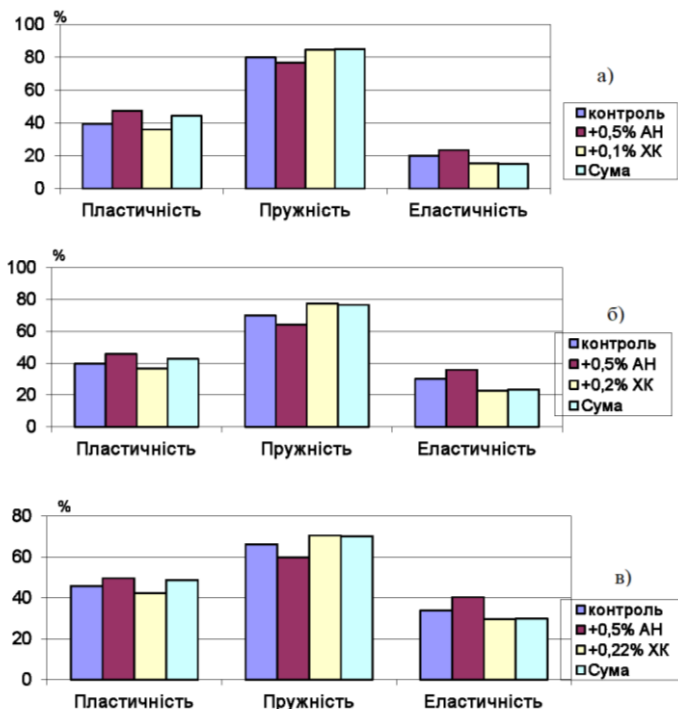


Рис. 2.2.6. Реологічні характеристики драглів полісахаридів червоних морських водоростей: а) 1% агару, б) 2% фуццеларану, в) 4% агароїду у присутності добавок альгінату натрію (АН) і хлористого кальцію (ХК)

Таким чином, проведені нами дослідження дозволили встановити залежності міцності драглів агару, фуццеларану, агароїду за різних масових концентрацій альгінату натрію та хлористого кальцію. Визначено, що комбінуючи масові частки цих компонентів, можна змінювати пружно-пластично-еластичні властивості драглів, а також варіювати їх міцність у межах 360-1020 г, що надасть можливість отримувати драглі із заздалегідь відомими структурно-механічними характеристиками³².

³² Управление процессом студнеобразования при производстве желейной продукции / Фошан А.Л. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, № 2 (8), 2004.– с. 38-42.

3. Технології желевної продукції із зниженим вмістом структуроутворюючої сировини

На підставі одержаних нами результатів реалізації наукової концепції, що шляхом додавання різноманітних низькомолекулярних домішок, комбінуванням структуроутворювачів різної природи та впливом зовнішнього електромагнітного поля можна керувати процесами драглеутворення і, таким чином, забезпечити належну якість желевної продукції, при зниженні витрат структуроутворюючої сировини, було розроблено, апробовано та впроваджено у виробництво технології жележних виробів, таких як: торти «Шоколадно-зефірний», «Шоколадно-желейний».

3.1. Технологія виробництва торта «Шоколадно-желейний» із застосуванням поля НВЧ

За прототип було взято традиційну рецептуру торта «Шоколадно-желейний»³³, який представляє собою глазурований шоколадною глазур'ю корпус, що складається з двох зовнішніх жележних шарів і внутрішнього шару зі збивної маси.

Основною сировиною для виготовлення торта є цукор білий, агар харчовий, пюре яблучне; білки яєчні, барвники, ароматизатори харчові, кислоти лимонна харчова, ванілін, шоколадна глазур, патока крохмальна, есенції.

Згідно з традиційною рецептурою і з урахуванням отриманих результатів нами розроблено рецептуру на торт «Шоколадно-желейний» зі зменшеною кількістю драглеутворювача, яка наведена у таблиці 3.1. Відмінність нової рецептури від традиційної полягає у скороченні витрат агару на 40%.

На підставі проведених досліджень із відпрацювання нової рецептури було удосконалено технологію і розроблено технологічну схему виробництва торта «Шоколадно-желейний» (рис. 3.1). Технологія виробництва торта «Шоколадно-желейний» складається з наступних операцій: підготовка сировини; приготування агаро-цукрово-патокового сиропу для нижнього і верхнього шарів; приготування збивної маси для середнього шару; розливання сиропу в форми і його драглеутворення; сушка корпусів; глазурування шоколадною глазур'ю і охолодження тортів; упаковка; маркування; транспортування і зберігання.

Корпус торта «Шоколадно-желейний» на агарі складається з трьох шарів: нижній і верхній – жележні, що мають різне забарвлення, а середній – збивний шар – білий. Жележні шари

³³ Павлов А.В. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. – СПб: Гидрометеоздат, 1998., 286 с.

залежно від смаку і забарвлення ароматизують різними есенціями: малиною або полуничною (червоний колір), апельсиною або мандариною (помаранчевий колір), лимонною або абрикосовою (жовтий колір), грушевою або ананасовою (зелений колір), чорносмородиновою або вишневою (ліловий колір), яблучною або ванільною (білий колір).

Таблиця 3.1

**Рецептура торта «Шоколадно-желейний»
зі зменшеною кількістю драглетуворювача**

Найменування сировини	Масова частка сухих речовин, %	Витрати сировини, кг			
		на 1000 кг напівфабрикату		на 1000 кг готової продукції	
		у натурі	у сухих речовинах	у натурі	у сухих речовинах
Шоколадна глазур	99,10	302,75	300,03	306,40	303,60
Цукор-пісок	99,85	440,20	439,54	445,48	444,81
Патока	78,00	142,58	111,21	144,30	112,55
Пюре яблучне	10,00	26,01	2,60	26,17	2,62
Агар	85,00	6,12	5,20	5,22	4,44
Кислота лимонна	91,20	6,89	6,28	6,29	5,74
Есенція ванільна	0,00	0,30	0,00	0,30	0,00
Есенції різні	0,00	0,23	0,00	0,23	0,00
Барвники різні	0,00	0,74	0,00	0,74	0,00
Всього:	□	952,82	864,86	935,13	873,76
Вихід:	81,60	1000,00	816,00	1000,00	816,00

Технологія виготовлення торта полягає у наступному. Агар замочують у воді в мішечках з тканини і промивають в проточній воді. Після цього додають розрахункову кількість води і розігрівають в НВЧ-полі. До розчину агару додають цукор-пісок. Нагрівають і постійно перемішують до розчинення цукру. Потім додають патоку, не припиняючи прогрівання і перемішування. Одержаний агаро-цукрово-патоковий сироп охолоджують до 60...65 °С і частину його відбирають для одержання збивного (середнього) шару корпусу торта. У частину, що залишилася, додають барвник, лимонну кислоту, есенцію і розливають у форми (нижній шар). На нього після застигання розливають білий збивний шар. Після

структурування середнього шару розливають желейний верхній шар і форми з корпусами витримують за температури 18...21°C протягом 6–8 годин для зміцнення пластів корпусів.

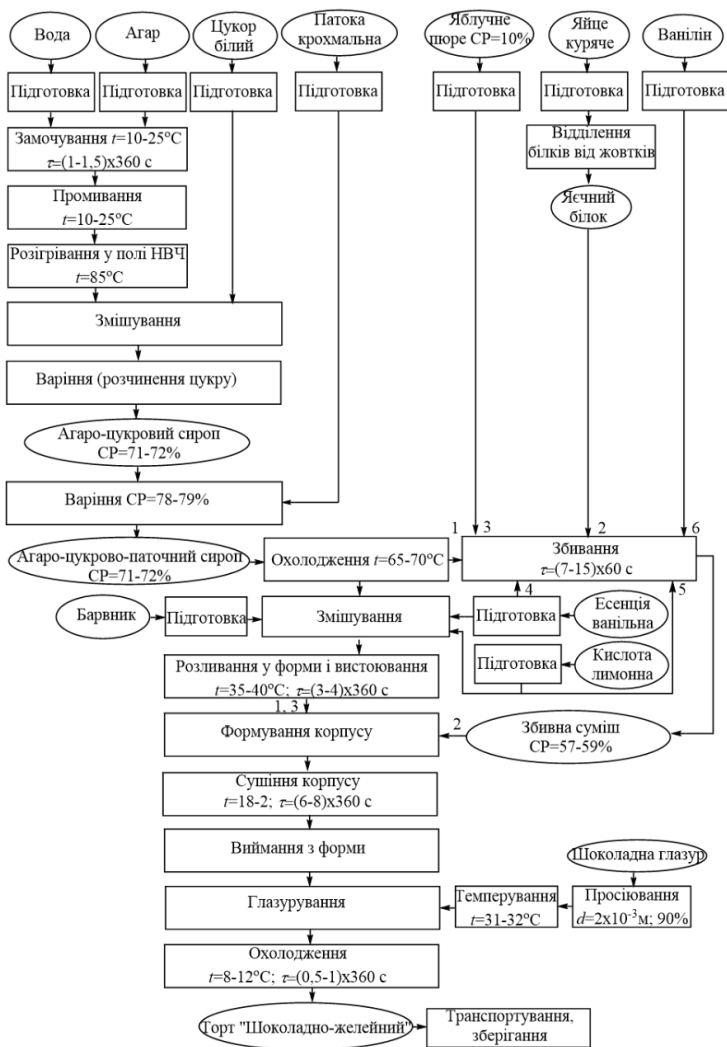


Рис. 3.1. Технологічна схема виробництва торта «Шоколадно-желейний» зі зменшеною кількістю драглеутворювача

Просушені корпуси глазурують шоколадною глазур'ю. Останню темперують за температури 31...32°C. Після глазурування торт охолоджують до 8...12°C протягом 30–60 хвилин. Готові вироби упаковують і маркують.

Відмінність запропонованої технології полягає у застосуванні поля-НВЧ під час приготування агаро-цукрово-патокового сиропу для розчинення набряклого агару, що дозволяє зменшити рецептурну кількість драглеутворювача і знизити собівартість продукту.

Застосування поля НВЧ передбачає незначні зміни у апаратурному оформленні технологічного процесу. Параметри технологічного процесу не відрізняються від традиційних, тому нова технологія може бути впроваджена у виробництво без ускладнень.

Проведена органолептична оцінка зразків торта «Шоколадно-желейний» показала їх повну відповідність вимогам нормативної документації на даний вид продукції.

Таким чином, використання поля НВЧ під час приготування агаро-цукро-патокового сиропу для розчинення агару в технології торта «Шоколадно-желейний» дозволяє зменшити рецептурну кількість агару на 40% та одержати вироби з високими показниками якості.

3.2 Технологія виробництва торта «Шоколадно-зефірний» із застосуванням альгінату натрію і хлористого кальцію

Процес виробництва торта «Шоколадно-зефірний» складається з наступних операцій: підготовка сировини; замочування і промивання агару; приготування агаро-патокового сиропу; приготування яблучно-цукрової суміші; приготування зефірної маси; розливання зефірної маси в форми і вистоювання; глазурування шоколадною глазур'ю і охолодження; пакування; маркування; транспортування і зберігання.

Для приготування торта «Шоколадно-зефірний» основною сировиною є: цукор білий, шоколадна глазур, пюре яблучне, патока крохмальна, білок яєчний, агар, лимонна кислота, есенція ванільна.

У рецептурі торта дозування драглеутворювача агару становить 6 кг/1000 кг готових виробів. Для зменшення витрати драглеутворювача в рецептурному складі нами запропоновано частково замінити агар на натрій альгінат. Під час проведення комплексу експериментальних досліджень було встановлено, що використання модельної системи: «вода – агар – натрій альгінат – кальцій хлорид» призводить до зміцнення структури драглів.

Із урахуванням отриманих результатів нами розроблено рецептуру торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача, яка наведена у таблиці 3.2.

Відмінність нової рецептури полягає у скороченні витрат агару до 50%, використанні комплексного драглеутворювача агар – натрій альгінат – кальцій хлорид, що дозволяє одержати вироби високої якості належної міцності. Технологічну схему виробництва нових виробів наведено на рисунку 3.2.

Приготування торта за даною технологією передбачає підготовку натрій альгіанату реалізацією операції замочування. Відмінність запропонованої технології полягає у додаванні набряклого натрій альгіанату на стадії приготування агаро-цукрово-патокового сиропу. Послідовність операцій технологічного процесу приготування торта залишили без змін. Це надасть можливість досить швидко впровадити запропоновану технологію на будь-якому кондитерському виробництві.

Проведена органолептична оцінка зразків торта «Шоколадно-зефірний» показала їх повну відповідність вимогам нормативної документації на даний вид продукції.

Таблиця 3.2

Рецептура торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача

Найменування компонентів	Масова частка сухих речовин, %	Витрати сировини, кг			
		на 1000 кг напівфабрикату		на 1000 кг готової продукції	
		у натурі	у сухих	у натурі	у сухих
Шоколадна глазур	99,10	353,48	353,30	358,30	355,10
Цукор-білий	99,85	432,40	431,75	438,37	437,71
Патока крохмальна	78,00	90,59	70,66	91,84	71,64
Поре яблучне	10,00	236,36	23,64	239,86	23,99
Блок яечний	12,00	42,18	5,06	42,50	5,10
Агар	85,00	3,00	2,55	3,02	2,57
Натрій альгінат	85,00	3,00	2,55	3,02	2,57
Кальцій хлорид	96,00	0,29	0,28	0,30	0,30
Кислота лимонна	91,20	5,00	4,56	5,01	4,57
Есенція ванільна	0,00	0,65	0,00	0,65	0,00
Взагалі	□	1166,95	894,35	1182,87	903,55
Вихід	86,68	1000,00	866,80	1000,00	866,80

Таким чином, використання комплексного драглеутворювача агар – натрій альгінат – кальцій хлорид у технології торта «Шоколадно-зефірний» дозволяє зменшити рецептурну кількість агару на 50% та одержати вироби з високими показниками якості. Крім того, використання комплексного драглеутворювача дозволяє

знизити собівартість продукції за рахунок зниження вартості драглеутворювача.

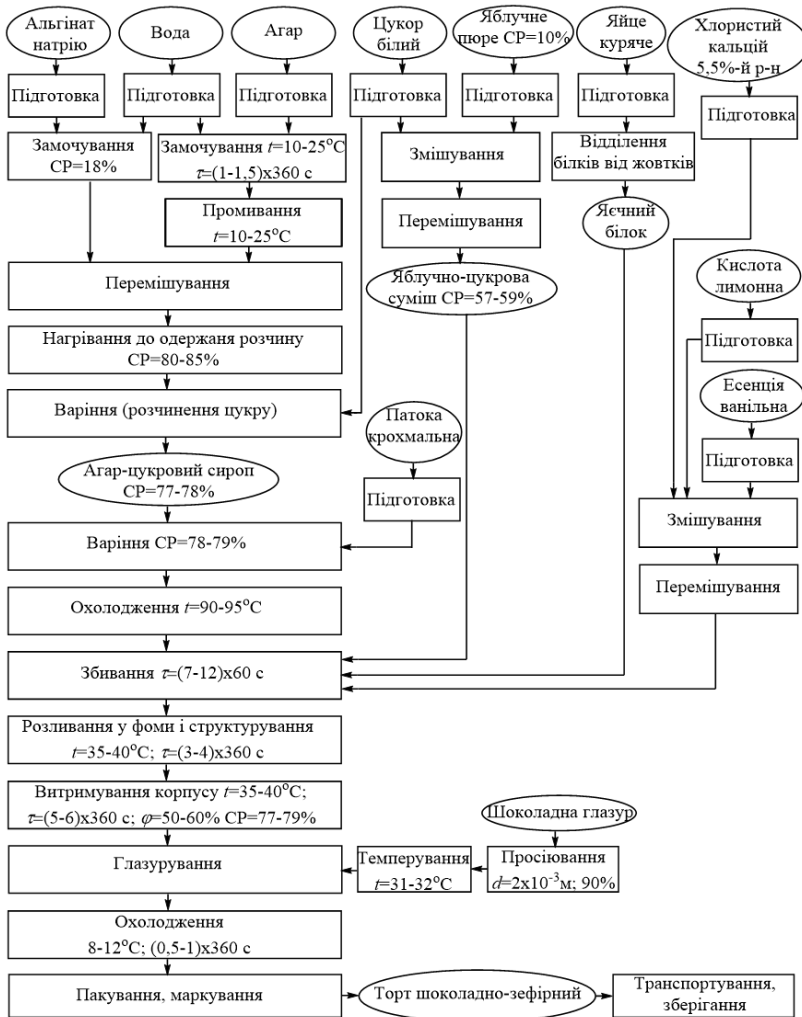


Рис. 3.2. Технологічна схема виробництва торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача

ВИСНОВКИ

Доведено, що наукове обґрунтування, розробка та впровадження науково-прикладного напряму корегування процесом драглеутворення шляхом впливу різноманітними низькомолекулярними домішками, комбінуванням драглеутворювачів та дією зовнішніх електромагнітних полів, дозволяє ефективно використовувати ресурсний та технологічний потенціал структуроутворювачів різного походження, створювати нові інноваційні та конкурентоспроможні технології желейних виробів, збагачених фізіологічно-функціональними інгредієнтами, покращеної якості з високими споживними властивостями та подовженими термінами зберігання.

Теоретичним моделюванням водневих зв'язків усередині спіралей структуроутворювача, та між макромолекулами різних структуроутворювачів, визначено механізм стабілізації молекул у водному середовищі, який полягає в утворенні стійких водневих зв'язків між -NH групами ланцюгів одної молекули та атомами кисню іншої. Квантово-хімічними розрахунками виявлено утворення двох видів водневих зв'язків: сильних (H...NH, OH...H), та слабких (CH-OH), що дає основний внесок у високу динамічну стійкість агрегатів у водних розчинах.

Обґрунтовано молекулярно-динамічне моделювання процесу утворення структур у водних розчинах желатину та полісахаридів. Обрано потенціали активних груп макромолекул, які дозволили повністю відтворити структуру силових взаємодій у розчинах. Доведено, що стабільність молекул у відповідному розчині досягається через утворення до 20 сильних та 20...30 слабких водневих зв'язків на кожні 9 нм довжини макромолекули.

Виявлено, що обробка розчинів структуроутворювачів полем надвисоких частот призводить до зміцнення структури драглів полісахаридів червоних морських водоростей. Визначені режими обробки, що призводять до найкращого ефекту структурування. Розроблено спосіб підвищення міцності драглів сульфатованих полісахаридів і спосіб виробництва желейного торта із зменшеною на 40% витратою структуроутворювача.

Встановлено залежності міцності драглів агару, фурцеларану, агароїду за різних масових концентрацій альгінату натрію та хлористого кальцію. Визначено, що комбінацією масових долей цих компонентів можна варіювати міцністю драглів у межах 360...1020 г, в залежності від мети. Для практичного використання складено

номограми міцності драглів із полісахаридів червоних морських водоростей, які виступають у якості підґрунтя при розробці технологій желевної продукції.

АНОТАЦІЯ

Метою наших досліджень було наукове обґрунтування ресурсозберігаючих технологій желевної продукції, шляхом розроблення та аналізу теоретичних та емпіричних моделей процесів драглеутворення структуроутворювачами різного природного походження, під впливом домішок та зовнішніх силових полів.

Для досягнення поставленої мети нами були вирішені такі завдання:

- вивчено властивості розчинів та драглів полісахаридів червоних морських водоростей, а також вплив різних хімічних домішок і фізичних полів на зміну цих властивостей;

- за допомогою методів молекулярно-динамічного моделювання отримано теоретичну модель процесу утворення структур у водних розчинах структуроутворювачів різного природного походження;

- вивчено вплив дії поля надвисокої частоти на розчини структуроутворювачів з метою подальшого цілеспрямованого впливання на функціональні властивості желейних виробів (таких, як підвищення швидкості структуроутворення, збільшення міцності і температури плавлення, зміна в'язкості та ін.);

- обґрунтовано та експериментально підтверджено технологічні умови використання комплексних структуроутворювачів з метою отримання желейних виробів із задалегідь відомими властивостями;

- розроблені і науково обґрунтувати нові технології виробництва желевної продукції, що дозволяють зменшити витрати структуроутворювачів різного природного походження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tolstoguzov V. B. Ingredient interactions in complex foods: aggregation and phase separation. In Understanding and controlling the microstructure of complex foods / McClements, D. J. (ed.). Woodhead Publishing, Cambridge. 2007. P. 185–206.

2. Дорохович, А. М. Використання гідроколоїдів у кондитерському виробництві / А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Кохан, С. Г. Кияниця // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України.– 2005. – № 2. – С. 9-11.

3. Пивоваров П.П., Пивоваров Е.П., Кондратюк Н.В. Перспективы использования агаро-пектиновой смеси в технологии желе // Новое в технике и технологии пищевых производств. – 2013. – № 2. – С. 142-148.

4. Pertsevoy F., Foshchan A., Garncarek B., Miskiewicz T. *Modifying additives in jelly products*, Publishing house of National University of Food Technologies, Kiev, 2005, 260 pp.

5. Юргачова К.Г., Банова С.І. Удосконалення технології збивних кондитерських мас // Наукові праці ОДАХТ. – 2001. – № 22. – С. 8 – 11.

6. Євлаш В. В., Кузнецова Т. О., Артамонова М. В., та інші. Розробка науково обґрунтованих технологій продукції підвищеної харчової цінності з використанням структуроутворювачів різного походження // Наукові праці Національного університету харчових технологій. Київ, 2017. Т. 23, № 5. С. 115–123.

7. Rees D.A., Welsh E.J. (1977), Secondary and tertiary structure of polysaccharides in solution and gels, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 15, pp. 214-224.

8. Fiber, E. G., Franks, F., Phillips, M. C. & Suggest, A., Gel formation from solutions of single chain gelatin. *Biopolymers*, 14(10), (1975) 1995-2005

9. Phillips G.O., Williams P.A. (2009), *Handbook of Hydrocolloids*, 2nd edition, Woodhead Publishing, Cambridge.

10. Bhattacharjee A., Bansal M. (2005), Collagen Structure: The Madras Triple Helix and the Current Scenario, *IUBMB Life*, 57, pp. 161-172.

11. Haile J.M. (1992), *Molecular dynamics simulation. Elementary methods*, New York, Wiley.

12. Балеску Р. (1978), *Равновесная и неравновесная статистическая механика, в 2-х т.*, М., Мир.

13. Калугин О. Н., Вовчинский И. С., Фощан А. Л., Губский С.М., Евлаш В.В. Методы молекулярного моделирования как инструмент для исследования пищевых гелей // Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія. Харків: ХДУХТ, 2015. С. 50–101.

14. Lyssenko K.A., et all (2006), Water Clusters in Crystal: Beyond the “Hydrogen-Bonding Graphs”, *ChemPhysChem*, 7, pp. 2453-2455.

15. <http://www.gromacs.org/>

16. Arnott S., Fulmer A., Scott W.E., Dea I.C., Moorhouse R., Rees D.A. (1974), The agarose double helix and its function in agarose gel structure, *J.Mol.Biol.*, 90, pp. 269-284.

17. Grabowski S.J. What Is the Hydrogen Bonding? *Chem. Rev.* 2011, 111, 2597– 2625.

18. Бейдер Р. (2001), Атомы в молекулах. Квантовая теория. Мир, Москва.

19. Фощан А. Л. Деякі аспекти процесу структуроутворення у розчинах драглеутворювачів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць ХДУХТ. Харків, 2005. Вип. 1. С. 343–348.

20. Лурье И. С. Технохимический и микробиологический контроль в кондитерском производстве: Справочник. / И. С. Лурье, Л. Е. Скокан, А. П. Цитович – М. : Колос, 2003. – 416 с.

21. Спосіб підвищення міцності драглів сульфатованих полісахаридів: Деклараційний патент на винахід № 33283 А Україна: А23L1/05 / Холод Т. В., Фощан А. Л., Перцевий Ф. В., Савгіра Ю. О.; заявл. 08.02.99; опубл. 15.02.01. Бюл. № 1.

22. Кленин В.И., Щеглов С.Ю., Лаврушин В.И. Характеристические функции рассеяния дисперсных систем. Саратов: изд. СГУ, 1977, 176 с.

23. Rees D.A. Conformational analysis of polysaccharides // *V.I. Chem. Soc. B/* 1970. 5. p. 877.

24. Перцевой Ф. В., Савгіра Ю. А., Фощан А. Л., Гринченко О. А., Пивоваров П. П., Гарнцарек Б. Ч. Технология переработки продуктов питания с использованием модификаторов: монография. Харьков: ХГТУСХ, 1998. 178 с.

25. Перцевой Ф. В., Фощан А. Л., Савгіра Ю. А., Гринченко О. А., Пивоваров П. П. Производство желейной и взбивной продукции с использованием модификаторов: монография. Днепропетровск: Пороги, 2003. 201 с.

26. Pertsevov F., Savgira Yu., Foshchan A., Ukrainets A., Garncarek B., Miskiewicz T. Modifying additives in jelly products (Модифікуючі добавки в желейній продукції): монографія (англ. мовою). Київ: Бізнесполіграф, 2005. 260 с.

27. Хотимченко Ю.С., Ковалев В.В., Савченко О.В. Физико-химические свойства, физиологическая активность и применение альгинатов – полисахаридов бурых водорослей // *БИОЛОГИЯ МОРЯ*, 2001, том 27, № 3, с. 151-162

28.Тутельян, В. А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека: справочное руководство по витаминам и минеральным веществам / В. А. Тутельян, В. Б. Спиричев, Б. П. Суханов – М. : Колос, 2002. – 423 с.

29.Фощан А.Л., Овсяникова Л.Г., Перцевий Ф.В. Використання альгінату натрію для удосконалення технології кулінарної продукції // Зб. наук. праць «Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування та економічні проблеми торгівлі» ХДУХТ. Харків, 2003. – С.456-462.

30.Нечаев, А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – М.: Колос, 2001. – 295 с.

31.Перцевой Ф. В. Технология желейной продукции перерабатывающей отрасли с модифицирующими добавками: монография / Ф. В. Перцевой, Б. Ч. Гарнцарек, В. А. Кузнецов, Ю. А. Савгира; АО «Экспересс-агро», ХГАТОП, ХТУСХ. – Х., 1996.

32.Управление процессом студнеобразования при производстве желейной продукции / Фощан А.Л. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, №2 (8), 2004.– с. 38-42.

33.Павлов А.В. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. – СПб: Гидрометеиздат, 1998., 286с.

Information about the author:

Foshchan Andriy Leontiiovich,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor at the Department of Food Technologies
in the Restaurant Industry
State Biotechnological University
44, Alchevskykh str., Kharkiv, 61002, Ukraine

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ФАРШЕВИХ МАС НА ОСНОВІ КОНЦЕНТРАТУ СКОЛОТИН

Юдіна Т. І., Дейниченко Г. В., Назаренко І. А.

ВСТУП

Завдяки високій харчовій і біологічній цінності молочно-білкових концентратів, функціональним властивостям їх основного компонента – білка, що має гарну розчинність, піноутворювальну і емульгувальну здатності, можливість виступати в ролі стабілізатора, гелеутворювача, вони знаходять широке застосування у технології харчових продуктів¹.

Одним із перспективних напрямів у створенні якісно нових харчових продуктів є комбінування молочної сировини з рослинною, що забезпечує потенційну можливість взаємного збагачення отриманих продуктів есенціальними інгредієнтами, дозволяє підвищити їх харчову і біологічну цінність, а також регулювати склад отриманих продуктів у відповідності з основними принципами раціонального харчування².

Слід також зазначити, що рослинні білки в поєднанні з тваринними створюють активні в біологічному відношенні амінокислотні комплекси, що забезпечують фізіологічну повноцінність і високу засвоюваність амінокислот³, а використання пектинвмісної рослинної сировини здатне надавати молочно-рослинній системі нових властивостей стабілізуючого характеру.

У зв'язку з цим, виробництво комбінованих харчових продуктів на молочній основі з використанням натуральної рослинної

¹ Інноваційні технології харчової продукції: колективна монографія / за заг. ред. Г.В. Дейниченка. – Харків: Факт, 2019. 248 с.

² T. Yudina. Biological value study for milk-plant minced masses from buttermilk concentrate / T. Yudina, I. Nazarenko // The advanced science journal. – United States, 2014. – P. 70–73.

³ Липатов Н. Н. Совокупное качество технологических процессов молочной промышленности и количественные критерии его оценки / Н. Н. Липатов, С. Ю. Сажинов, О. И. Башкиров // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 4. – С. 33–34.

сировини, що здатне запобігти дефіциту життєво необхідних харчових речовин та одержати продукцію із заданими функціональними властивостями, набуває сьогодні у контексті державної політики щодо ресурсозбереження, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва, посилення орієнтації вітчизняних підприємств на розвиток виробництва імпортозаміщуючих продуктів особливої актуальності.

1. Визначення передумов та формулювання проблеми дослідження

Створення комбінованих харчових продуктів – актуальне завдання сучасного етапу розвитку харчової промисловості у вирішенні якого важливу роль відіграють дослідження, спрямовані на подальше впровадження прогресивних способів виробництва комбінованих продуктів харчування, вдосконалення та інтенсифікацію технологічних процесів, підвищення ефективності виробництва та поліпшення якості продукції, що випускається⁴.

Комбінування полягає в додаванні до основного продукту сировини тваринного або рослинного походження з метою регулювання білкового, амінокислотного, ліпідного, жирнокислотного, вуглеводного, мінерального і вітамінного складу кінцевого продукту. Сировина, що використовується для отримання комбінованих продуктів повинна гарантувати гігієнічну безпеку одержуваного продукту, не надавати продуктам сторонніх смаків і запахів, забезпечувати отримання продукту з високими органолептичними показниками, збагачувати продукт біологічно активними речовинами.

Останнім часом використанню рослинної сировини при виробництві комбінованих продуктів на молочній основі приділяється багато уваги.

У роботі⁵ стверджується, що комбінованим в поєднанні з рослинною або тваринною сировиною є такий молочний продукт, в

⁴ Ткаченко Н. А. Математичне моделювання компонентного складу комбінованих йогуртових напоїв / Н. А. Ткаченко, П. О. Некрасов, А. В. Копійко // Зернові продукти і комбікорми. – 2016. – № 1. – С. 20–25.

⁵ Щебукова А.С. Разработка и товароведная характеристика гелеобразных продуктов на основе молочной сыворотки и растительного сырья : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Щебукова Анна Сергеевна. – КемТИПП. – Кемерово, 2005. – 134 с.

якому на частку молочної основи приходить не менше 50%. Комбінації інгредієнтів, що входять до складу харчового продукту повинні здійснюватися з урахуванням їх сумісності між собою, а також з іншими інгредієнтами, виключати погіршення органолептичних властивостей або ймовірність небажаних взаємодій, що здатні перешкоджати проявам біологічної, фізіологічної активності або біозасвоюваності введених інгредієнтів. Визначено, що масова доля рослинного компоненту у складі комбінованого продукту не повинна перевищувати 30%.

У роботі⁶ розглянуто можливість використання рослинної сировини багатой пектиновими речовинами, як структуроутворювачів у технології молочних гелеподібних продуктів. Виявлено раціональні параметри обробки рослинної сировини (моркви, гарбуза, кабачків) для забезпечення високої якості готової продукції.

Кафедрою технології молока і молочних продуктів Кемеровського технологічного інституту харчової промисловості розроблено широкий асортимент м'яких сирів з продуктами переробки сої, люпину і картоплі⁷. Вивчено спільну дію технологічних факторів на формування структури м'яких сирів, досліджено вплив теплової обробки та кількості рослинної сировини на органолептичні, фізико-хімічні і мікробіологічні показники сирів.

Відома технологія виробництва комбінованого м'якого сиру з коров'ячого та козячого молока з ферментованою рослинною сировиною⁸. Обґрунтовано доцільність внесення рослинної сировини у кількості 15%. Встановлено, що за рахунок внесення до рецептури ферментованих овочів в розробленому продукті збільшився вміст вітамінів: β-каротину – в 20 разів, С – в 4,5 рази, Е – в 1,5 рази та мікроелементів Na, K, Mg і Fe на 10...20%.

Розроблено молочно-рослинні продукти з радіопротекторними властивостями: морозиво «Артишок» (молоко – 67,0...72,0%; пюре з

⁶ Шур Е.А. Разработка технологии и комплексная оценка качества взбитых десертов на основе молочного и растительного сырья : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15/ Шур Елена Александровна. – Кемерово, 2003. – 145 с.

⁷ Неповинных Н.В. Исследование и разработка технологии продуктов на молочной основе с использованием полисахаридных добавок : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Неповинных Наталия Владимировна. – Кемерово, 2008. – 146 с.

⁸ Нурсейтова З.Т. Разработка технологии комбинированных мягких сыров из коровьего и козьего молока с ферментированными овощами: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / З.Т. Нурсейтова. – Республика Казахстан, Семей, 2010. – 23 с.

топінамбура – 15,0...22,0%; цукор – 11,0...13,0%), сирна маса «Ширай» (сир кисломолочний – 87,9...98,6%, пюре зі столового буряка – 1,0...11,0%)⁹.

Вченими Алатинського технологічного університету (Казахстан) розроблено технологію приготування національного овочево-молочного продукту «Curt plus Stevia». Як рецептурні компоненти використовували стевію місцевого походження, борошно грубого помелу з пророщеної пшениці, насіння льону, порошок із сушених ягід малини та ін.¹⁰

Італійськими вченими розроблена технологія функціональних напоїв, які отримували шляхом змішування сироватки (побічного продукту виробництва сиру рікотта) з фруктовими соками (яблучним, грушевим, полуничним, та суміші яблуко:чорниця (50:50))¹¹.

Індійськими вченими розроблено технологію кулфі (індійський заморожений молочний десерт) на основі манго з додаванням пробіотиків¹², десерту на молочній основі з використанням пляшкового гарбуза (лагенарії) і рисового порошку¹³.

Також відома технологія індійського молочного десерту rasogolla, збагаченого картопляним порошком, який виступає стабілізатором структури десерту¹⁴.

⁹ Жарыкбасова К.С. Теоретические и практические основы производства функциональных молочных продуктов с учетом техногенной загрузки региона : автореф. дис. ... д-ра. техн. наук : 05.18.04 / К.С. Жарыкбасова. – Республика Казахстан, Семей, 2010. – 42 с.

¹⁰ Asrandina S., Vitavskaya A., Kenzhebaeva Sh., Ayazbaeva G., Atabaeva S., Kenzhebaeva S. (2015), Technology of preparation of national vegetable dairy product “Curt plus stevia”, *7th World Convention on Stevia, Stevia Testeful 2015 Science, Formulation and Extraction: The Subtle Balance*, P. 23.

¹¹ Rizzolo A., Cortellino G. (2018), Beverages based on ricotta cheese whey and fruit juices, *Ital. J. Food Sci.*, 30, pp. 289–302.

¹² Sambhaji D. Nalkar, Ami R. Patel, Chandraprakashv Bhambure, Shrikant D. Kalyankar (2018), Studies on suitability of incorporating probiotics in mango-based kulfi-a popular indian frozen dessert, *Food Science and Technology*, 19(4), pp. 714-721.

¹³ Priyanka Bakshi, Akanksha Yadav, Ramesh Chandra and Bhuvnesh Yadav (2019), Development of a process to prepare milk based dessert using bottle gourd and rice powder, *Asian Journal Of Dairy and Food Research*, 38(1), pp. 1-6.

¹⁴ Chakraborty C., Bandyopadhyay K. (2017), Textural Analysis of Spongy Indian Milk Dessert (Rasogolla) Fortified with Potato Powder, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), pp. 2414-2420.

В ІТТФ НАН України освоєна технологія та налагоджено випуск фруктово-овочевих порошоків з високим вмістом пектинових речовин – від 5,0 до 12,0 % на суху речовину. Обґрунтовано доцільність використання пектиновмісних порошоків при виробництві кисло-молочних продуктів. Додавання пектиновмісних порошоків обумовлено їх желуючою та вологоутримуючою здатністю і спрямовано на підсилення міцнісних властивостей молочно-білкового згустку, внаслідок взаємодії пектинових речовин з кальцієм молока¹⁵. Розроблено технологію сирників, збагачених харчовими волокнами за рахунок додаванням гарбузового порошку в кількості 7%. Встановлено, що додавання гарбузового порошку покращує консистенцію та смак готового продукту, а також сприяє зниженню калорійності та підвищенню харчової цінності продукту.

Розроблено технологію нового виду молочно-рослинного ферментованого десертного продукту – пудингу рисового з фруктовим наповнювачем «полуниця», кукурудзяного з фруктовим наповнювачем «абрикос», вівсяного з фруктовим наповнювачем «персик»¹⁶.

Досліджено можливість застосування овочевих наповнювачів в технології десертних продуктів: мусів, пудингів, соусів, желе. Як молочну основу при виробництві комбінованих молочно-рослинних продуктів застосовували ультрафільтраційний концентрат сирної сироватки. Як рослинний компонент запропоновано використовувати коренеплоди моркви, топінамбура, дайкона, гарбуза. Овочеві пюре додавали у кількості 10...30%¹⁷.

Науковою школою професора Павлюк Р.Ю. протягом більше ніж 30 років було розроблено технології функціональних оздоровчих напоїв на основі молочної сироватки, збагачених наноструктурованими плодово-овочевими добавками та натуральними

¹⁵ Снежкін Ю.Ф. Використання натуральних порошоків з рослинної сировини у виробництві молочних продуктів / Ю.Ф. Снежкін, Р.О. Шапар // Наукові праці УДУХТ. – К., 2001. – № 10, ч. 1 – С. 68-69.

¹⁶ Назаренко Т.А. Исследование влияния растительных компонентов на биотехнологические параметры производства молочно-растительного ферментированного десертного продукта / Т.А. Назаренко, Н.Б. Гаврилова // Вестник Инновационного Евразийского университета. – Павлодар, 2007. – № 2. – С. 193-200.

¹⁷ Голубева Л.В. Овощные наполнители в комбинированных молочно-растительных системах / Л.В. Голубева, Е.И. Мельникова, Е.Б. Терешкова // Сборник научных трудов «Естествознание и гуманизм». – Томск, 2006. – С. 57.

прянощами, функціональних оздоровчих плавлених сирних виробів на основі кисломолочного сиру із каротинвмісними овочами та добавками із цитрусових, нових видів збагачених молочно-рослинних продуктів, комбінованих плавлених сирково-рослинних кремів з наноструктурованими замороженими добавками із плодово-ягідної сировини, нанотехнології гомогенізованих оздоровчих сиркових продуктів, збагачених каротиноїдними біологічно активними речовинами та ін.^{18,19}.

У Донецькому національному університеті економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського розроблено технологію білково-рослинного напівфабрикату на основі молочної сироватки. Встановлено, що для отримання композиції з підвищеними піноутворювальними властивостями масова частка рослинних інгредієнтів у харчовій системі повинна складати 5...10%²⁰. У роботі обґрунтовано режими активування поверхнево-активних властивостей білкових речовин білково-вуглеводного згустку та встановлено раціональне співвідношення рецептурних компонентів напівфабрикату для збитої десертної продукції. Як рослинну складову в технології одержання напівфабрикату використано пюре кизилу та терену.

З огляду на теоретичні положення утворення комбінованих продуктів, зокрема фаршевих мас, рослинна сировина повинна розглядатися з позиції стабілізаційних властивостей, що зумовлено хімічним складом, а саме – високим вмістом пектинових речовин²¹.

Серед овочевої сировини, найбільш високим вмістом пектинових речовин відрізняються коренеплоди (буряк цукровий, кормовий, столовий, морква столова, селера, петрушка, ріпа, бруква, редиска) – від 6,4% до 30,0% пектинових речовин на суху речовину та гарбузові (гарбузи, кабачки, патисони, дині, огірки) – від 1,7% до 23,6%. Слід

¹⁸ Активация рослинних біологічно активних речовин фізичними методами : монографія / Р.Ю. Павлюк, Н.В. Дібрівська, В.А. Павлюк, В.В. Яницький, Т.В. Крячко – Х.: ХДУХТ, 2010. – 152 с.

¹⁹ Павлюк Р.Ю. Нанотехнології гомогенізованих оздоровчих сиркових продуктів, збагачених наноструктурованими БАД із продуктів бджільництва / Р.Ю. Павлюк [та ін.] // Молокопереробка. – 2010. – № 3 (54). – С. 16-22.

²⁰ Никифоров Р. П. Технологія напівфабрикатів для збитої десертної продукції на основі нежирної молочної сировини : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Никифоров Радіон Петрович. – Донецьк, 2000. – 136 с.

²¹ Горальчук А. Б. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Горальчук Андрій Богданович. – Х. , 2008. – 298 с.

зазначити, що коренеплоди, за виключенням моркви столової, поряд з пектиновими речовинами містять значну кількість ефірних олій та глікозидів або цукрів (цукровий буряк), що обмежує їх використання в технології продуктів харчування через специфічний смак та запах. Морква столова, що широко використовується в технології продуктів харчування, містить 6,4...20,0% пектинових речовин на суху речовину зі ступенем етерифікації 55...58%. Із гарбузових максимальним вмістом пектинових речовин характеризуються кабачки (16,5...17,6%), дещо нижчим вмістом – патисони (15,5...16,9%), гарбузи – 13,5...14,4%, ступінь етерифікації пектинових речовин гарбузів складає близько 53...58%.²²

Таким чином, приведені вище дані свідчать, що у технології молочно-рослинних фаршів доцільно використовувати моркву столову, кабачки та гарбуз які не тільки проявляють стабілізуючий ефект, але й є джерелом пектинових речовин та інших функціональних інгредієнтів. Використання моркви, гарбуза та кабачків у технології комбінованих фаршевих мас обумовлено також економічною доцільністю внаслідок доступності та простоти отримання означеної сировини. До того ж використання місцевих сировинних ресурсів регіонів сприятиме підвищенню економічної ефективності харчових виробництв та зниженню собівартості продукції. Доведено, що овочеву сировину в молочно-рослинних композиціях раціонально використовувати у вигляді пюре, що забезпечує можливість надання фаршевим виробам необхідної консистенції та регулювання їх структурно-механічних характеристик.

Запропоновано технологію молочно-рослинних фаршів (МРФ). Передбачається використання молочно-білкового концентрату (МБК) зі сколотин як основного компоненту²³, а також пюре з моркви, гарбуза та кабачків, меланжу, борошна пшеничного, цукру (кухонної солі) – як додаткових²⁴.

²² Юдіна Т.І. Обґрунтування вибору рослинної сировини для виробництва комбінованих фаршів / Т.І. Юдіна, І.А. Назаренко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. – Д.: ДонНУЕТ. – 2012. – Вип. 29. – Том 2. – С. 322–328.

²³ Юдіна Т.І. Розробка молочно-білкового концентрату зі сколотин та його використання в технологіях продуктів харчування: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Юдіна Тетяна Іллівна. – Х., 2001. – 158 с.

²⁴ Yudina T.I., Nazarenko I.A., Nykyforov R.P. (2015), *Doslidzhennia yakosti molochno-roslynnykh farshiv na osnovi kontsentratu zi skoloty, Skhidno-Evropeiskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii*, 3, 10 (75), pp. 10-14. doi: 10.15587/1729-4061.2015.43407.

Фарш представляє собою неоднорідну дисперсну систему, у якій дисперсійним середовищем виступає водний (частіше колоїдний) розчин білків, кислот, цукрів, а дисперсною фазою – шматочки і частинки подрібнених продуктів. За допомогою міжмолекулярних зв'язків з тонкими прошарками дисперсійного середовища вони утворюють просторовий «каркас» фаршу, міцність якого в основному визначає головну технологічну характеристику фаршів – їх консистенцію.

Дослідженнями з реології²⁵ встановлено, що структурно-механічні характеристики фаршів залежать від рецептурних компонентів та можуть виступати об'єктивними показниками для контролю за дотриманням рецептури при їх виробництві.

Таким чином, проектування рецептур МРФ повинно відбуватись з позиції формування не лише органолептичних властивостей за рахунок введення до складу МРФ означених рецептурних компонентів, а й з огляду реалізації їх технологічних властивостей. Важливими характеристиками МРФ при використанні у виробництві кулінарної продукції є граничне напруження зсуву (ГНЗ), пластичність та вологоутримуюча здатність (ВУЗ). Загалом, формування цих функціонально-технологічних властивостей відбувається за рахунок введення до рецептурного складу пюре з овочів, борошна пшеничного, меланжу, цукру (кухонної солі) у певній концентрації.

У зв'язку з вищесказаним, дослідження впливу окремих рецептурних компонентів (пюре з овочів, меланжу, борошна пшеничного, цукру (кухонної солі) на функціонально-технологічні властивості багатокомпонентних систем (БС) фаршевих мас на основі концентрату зі сколотин є актуальним завданням.

Метою роботи є дослідження функціонально-технологічних властивостей багатокомпонентних систем фаршевих мас на основі концентрату зі сколотин.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання:

– дослідити вплив концентрації цукру та пшеничного борошна на вміст білка, жиру, сухих речовин, пластичність, ГНЗ та ВУЗ багатокомпонентної системи МРФ

²⁵ Липатов Н.Н. Влияние влаги на изменение структурно механических показателей сырых и термообработанных фаршевых систем / Н.Н. Липатов, А.А. Щербинин, Е.И. Сизых, [и др.] // Тезисы докладов 2-й Всесоюзной научной конф. – Харьков, 1989. С. 566-567.

– дослідити вплив концентрації меланжу та пюре моркви на вміст білка, жиру, сухих речовин, пластичність, ГНЗ та ВУЗ багатоконпонентної системи МРФ;

– визначити раціональний вміст рецептурних компонентів у складі молочно-морквяного фаршу.

2. Дослідження функціонально-технологічних властивостей багатоконпонентних фаршевих мас на основі концентрату сколотин

Для створення технології молочно-рослинних фаршів передбачено використання молочно-білкового концентрату зі сколотин як основного компоненту, а також пюре з моркви, гарбуза та кабачків, меланжу, борошна пшеничного, цукру (кухонної солі) – як додаткових.

З метою прогнозування харчової цінності і функціонально-технологічних властивостей фаршевих мас визначали вплив окремих рецептурних компонентів (пюре з овочів, меланжу, борошна пшеничного, цукру (кухонної солі) на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості багатоконпонентних систем фаршевих мас на основі концентрату зі сколотин.

Як контроль було обрано фарш із кислого сиру, що найбільш часто використовується в рецептурах страв і кулінарних виробів закладів ресторанного господарства. Основним компонентом в складі фаршу із кислого сиру є нежирний кислий сир, додатковими – пшеничне борошно, цукор, меланж. Згідно Збірника рецептур національних страв та кулінарних виробів²⁶ кількість кожного з додаткових компонентів фаршу із кислого сиру складає до 10 г на 100 г фаршу, тому дані компоненти в рецептурі МРФ варіювали в межах 0...10%. Кількість рослинного компоненту в складі МРФ не повинна перевищувати 30%.

Технологічний процес і параметри підготовки МБК зі сколотин перед його введенням до складу багатоконпонентних систем фаршів

²⁶ Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів : для підприємств громад. харчування всіх форм власності // О.В. Шалимінов [та ін.]. – К. : А.С.К., 2003. – 848 с.

здійснювали відповідно до рекомендацій дослідників^{27,28}. Для первинної обробки інших рецептурних компонентів фаршевих мас використовували традиційні методики: пшеничн борошно просіювали крізь сита з діаметром отворів $1,4 \cdot 10^{-3}$ м; цукор-пісок та сіль кухонну – крізь сита з діаметром отворів $(2 \dots 3) \cdot 10^{-3}$ м; меланж проціджували крізь сита з діаметром отворів $(0,2 \dots 0,3) \cdot 10^{-3}$ м.

Для проведення експериментів МБК зі сколотин перемішували з рецептурними компонентами МРФ за різних співвідношень та визначали їх вплив на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості багатокомпонентних систем фаршевих мас.

Планування експерименту виконували за ортогональним симетричним планом Бокса-Бенкина. Всі фактори експерименту варіювали на верхньому («+») та нижньому («-») рівнях, значення котрих були обрані по результатах попередніх експериментів. Було використано повний трифакторний експеримент з рівнями варіювання -1; 0; +1. За результатами експериментів було отримано математичні залежності, що описують вплив концентрації рецептурних компонентів МРФ на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості фаршевих мас. Адекватність розроблених математичних моделей перевіряли за допомогою критерію Фішера при 5%-вому рівні значущості, а значущість коефіцієнтів перевірялась за допомогою t-критерію Ст'юдента.

Як приклад, у роботі наведено результати дослідження впливу концентрації цукру та борошна пшеничного, пюре з моркви та меланжу на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості молочно-морквяного фаршу. У табл. 1 наведено умови проведення повного трифакторного експерименту.

Поверхні відклику вмісту білка, жиру, сухих речовин, пластичності, ГНЗ та ВУЗ від вмісту рецептурних компонентів наведено на рисунках 1 – 12. Дані наведені з урахуванням похибки експерименту.

²⁷ Крамаренко Д.П. Технологія молочно-білкових фаршів з використанням йодовмісної водоростевої добавки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Крамаренко Дмитро Павлович. – Х., 2007. – 233 с.

²⁸ Івашина Л.Л. Технологія молочно-білкових запіканок з йодвміщуючими добавками : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Івашина Лілія Леонідівна. – Х., 2011. – 240 с.

Таблиця 1

Рівні та інтервали факторів варіювання

Рівні	Фактори		
	x ₁	x ₂ , x ₃	x ₃ , x ₄
Основний (x _{i0})	10	5	5
Інтервал варіювання (Δx _i)	10	5	5
Верхній (x _{i max})	20	10	10
Нижній (x _{i min})	0	0	0

Зміна основних характеристик при введенні до БС цукру та борошна пшеничного представлена на рис. 1 – 3. Аналіз даних рисунків свідчить, що при збільшенні концентрації цукру та борошна пшеничного в БС вміст білка і жиру зменшується, а вміст сухих речовин збільшується за рахунок збільшення кількості вуглеводів, і насамперед крохмалю. Підвищення концентрації цукру та борошна пшеничного у системі, згідно встановлених обмежень, призводить до зниження вмісту білка на 25,18...26,13%, жиру – на 17,49...18,14%, підвищення вмісту сухих речовин – в 1,4...1,5 рази.

Встановлено (рис. 4 – 6), що при збільшенні концентрації цукру гранична напруга зсуву БС знижується, а пластичність збільшується, що можна пояснити підвищенням вологості та розрідженням системи при додаванні цукру. Підвищення вмісту пшеничного борошна, навпаки, призводить до росту ГНЗ та зменшенню пластичності, що відбувається внаслідок гідратації білків борошна та зв'язування води крохмалем. Підвищення вмісту пшеничного борошна в системі призводить до збільшення значень ВУЗ за рахунок зв'язування води білками та крохмалем пшеничного борошна. Підвищення концентрації цукру та борошна пшеничного у системі, згідно встановлених обмежень, призводить до підвищення ГНЗ системи на 33,74...34,96%, пластичності – на 5,81...6,17% та ВУЗ – на 28,51...29,86%.

Дані рис. 7 доводять, що вплив підвищення концентрації пюре з моркви, як і концентрації меланжу зменшує кількість білків в БС. При збільшенні концентрації пюре з моркви спостерігається збільшення кількості сухих речовин в системі та незначне зменшення кількості жиру.

Підвищення концентрації меланжу, навпаки, призводить до зменшення вмісту сухих речовин та збільшення кількості жиру в БС (рис. 8-9). При підвищенні концентрації обох компонентів в системі

кількість білка знижується на 35,59...36,63%, жиру на 16,02...17,69%, а кількість сухих речовин зростає на 10,06...11,34% рази.

Аналіз отриманих даних (рис. 10–12) свідчить, що підвищення вмісту меланжу в БС фаршу призводить до зниження значень ГНЗ та підвищення пластичності і майже не впливає на ВУЗ системи, що можна пояснити обмеженою здатністю білків системи до гідратації та розрідженням системи. Підвищення вмісту пюре з моркви, навпаки, підвищує ГНЗ та ВУЗ системи та знижує пластичність, що обумовлено наявністю стабілізуючих властивостей пектину, що міститься в складі пюре. Загальне підвищення концентрації меланжу та пюре з моркви призводить до зниження ГНЗ системи на 3,28...4,89%, зростанню пластичності на 5,88...7,24 % та ВУЗ на 42,94...43,82%.

На підставі отриманих даних визначено раціональний вміст рецептурних компонентів у складі МРФ (табл. 2).

Таблиця 2

Раціональний рецептурний склад МРФ, кг

Назва рецептурних інгредієнтів	Масова частка компонентів, кг		
	молочно-морквяний фарш	молочно-гарбузовий фарш	молочно-кабачковий фарш
Молочно-білковий концентрат зі сколотин	64,0...73,0	65,0...74,0	69,0...77,0
Пюре з моркви	16,0...19,0	-	-
Пюре з гарбуза	-	15,0...18,0	-
Пюре з кабачків	-	-	15,0...18,0
Меланж	6,0...8,0	6,0...8,0	6,0...8,0
Цукор білий кристалічний	4,0...6,0	4,0...6,0	-
Сіль кухонна	-	-	1,0...2,0
Борошно пшеничне	1,0...3,0	1,0...3,0	1,0...3,0
Всього	100	100	100

Особливості технології, специфічність рецептурних складових та перспективи подальшого використання розроблених молочно-рослинних фаршів в технологіях кулінарної продукції визначили необхідність дослідження їх якості.

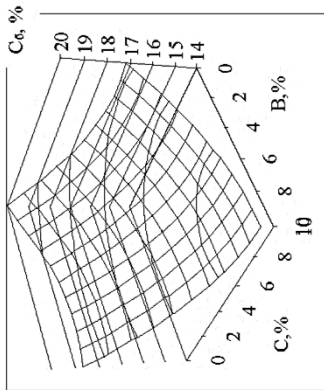


Рис. 1. Вплив концентрації цукру (С) та борошна пшеничного (В) на вміст вологи в БС молочино-морквяного фаршу (ММФ)

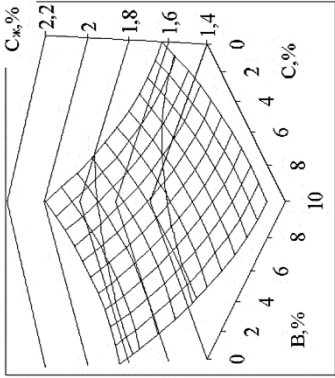


Рис. 2. Вплив концентрації цукру (С) та борошна пшеничного (В) на вміст жиру в БС молочино-морквяного фаршу

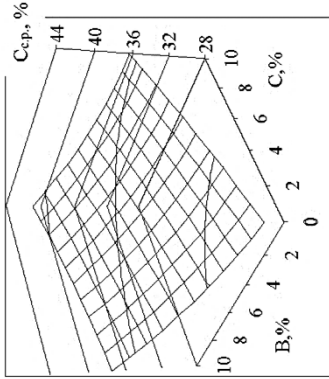


Рис. 3. Вплив концентрації цукру (С) та борошна пшеничного (В) на вміст сухих речовин в БС молочино-морквяного фаршу

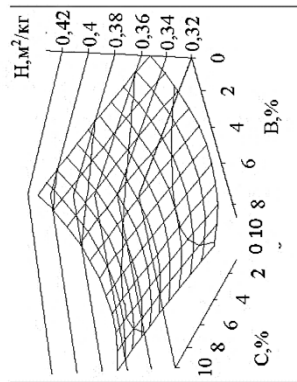


Рис. 4. Вплив концентрації цукру (С) та борошна пшеничного (В) на густиність БС молочино-морквяного фаршу

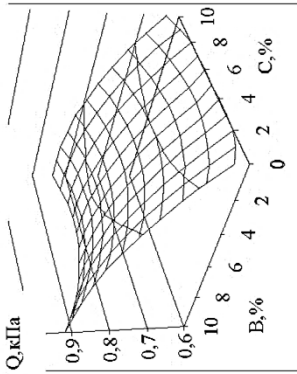


Рис. 5. Вплив концентрації цукру (С) та борошна пшеничного (В) на ГВЗ БС молочино-морквяного фаршу

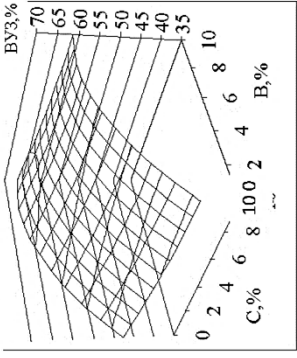


Рис. 6. Вплив концентрації цукру (С) та борошна пшеничного (В) на ВУЗ БС молочино-морквяного фаршу

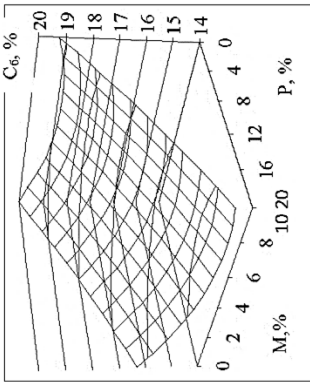


Рис. 7. Вплив концентрації меланжу (М) та поре з моркви (Р) на вміст білка в БС молочного-морквяного фаршу

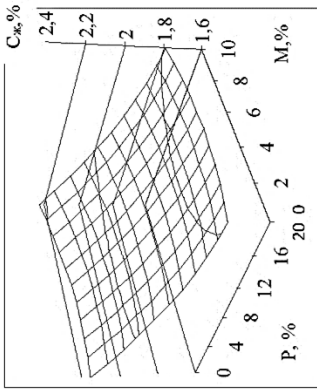


Рис. 8. Вплив концентрації меланжу (М) та поре з моркви (Р) на вміст жиру в БС молочного-морквяного фаршу

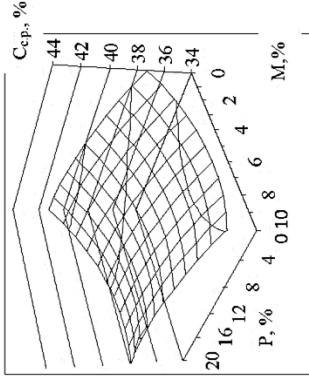


Рис. 9. Вплив концентрації меланжу (М) та поре з моркви (Р) на вміст сухих речовин в БС молочного-морквяного фаршу

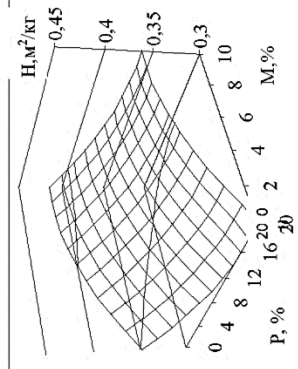


Рис. 10. Вплив концентрації меланжу (М) та поре з моркви (Р) на пластичність БС молочного-морквяного фаршу

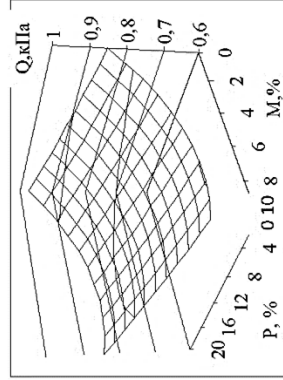


Рис. 11. Вплив концентрації меланжу (М) та поре з моркви (Р) на ГТЗ БС молочного-морквяного фаршу

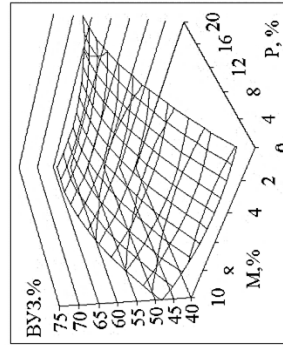


Рис. 12. Вплив концентрації меланжу (М) та поре з моркви (Р) на ВУЗ БС молочного-морквяного фаршу

ВИСНОВКИ

Встановлено, що підвищення концентрації цукру та борошна пшеничного в БС, згідно встановлених обмежень, призводить до зниження вмісту білка на 25,18...26,13%, жиру – на 17,49...18,14%, підвищення вмісту сухих речовин – в 1,4...1,5 рази, зростанню ГНЗ системи на 33,74...34,96%, пластичності – на 5,81...6,17% та ВУЗ – на 28,51...29,86%.

Доведено, що при підвищенні концентрації пюре з моркви та меланжу в БС, згідно встановлених обмежень, вміст білка знижується на 35,59...36,63%, жиру на 16,02...17,69%, а вміст сухих речовин підвищується на 10,06...11,34% рази, ГНЗ системи знижується на 3,28...4,89%, пластичність та ВУЗ системи зростають на 5,88...7,24 % та 42,94...43,82% відповідно.

Встановлено, що раціональний вміст в молочно-рослинних фаршах пюре з моркви становить 16-19%, пюре з гарбуза – 15-18%, пюре з кабачків – 15-18%. Отримані результати будуть враховані при оптимізації рецептурного складу МРФ, що є перспективою подальших досліджень.

АНОТАЦІЯ

У роботі досліджено функціонально-технологічні властивості багатокомпонентних систем фаршевих мас на основі концентрату сколотин, визначено раціональний вміст рецептурних компонентів у складі молочно-рослинних фаршів.

Запропоновано умови проведення повного трифакторного експерименту. Встановлено, що підвищення концентрації цукру та борошна пшеничного в БС, згідно встановлених обмежень, призводить до зниження вмісту білка на 25,18...26,13%, жиру – на 17,49...18,14%, підвищення вмісту сухих речовин – в 1,4...1,5 рази, зростанню ГНЗ системи на 33,74...34,96%, пластичності – на 5,81...6,17% та ВУЗ – на 28,51...29,86%.

Доведено, що при підвищенні концентрації пюре з моркви та меланжу в БС, згідно встановлених обмежень, вміст білка знижується на 35,59...36,63%, жиру на 16,02...17,69%, а вміст сухих речовин підвищується на 10,06...11,34% рази, ГНЗ системи знижується на 3,28...4,89%, пластичність та ВУЗ системи зростають на 5,88...7,24 % та 42,94...43,82% відповідно.

На підставі отриманих математичних залежностей, що описують вплив концентрації рецептурних компонентів на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості БС фаршевих мас встановлено, що раціональний вміст в молочно-рослинних фаршах пюре з моркви становить 16-19%, пюре з гарбуза – 15-18%, пюре з кабачків – 15-18%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інноваційні технології харчової продукції: колективна монографія / за заг. ред. Г.В. Дейниченка. – Харків: Факт, 2019. 248 с.

2. Т. Yudina. Biological value study for milk-plant minced masses from buttermilk concentrate / Т. Yudina, I. Nazarenko // The advanced science journal. – United States, 2014. – P. 70–73.

3. Липатов Н. Н. Совокупное качество технологических процессов молочной промышленности и количественные критерии его оценки / Н. Н. Липатов, С. Ю. Сажин, О. И. Башкиров // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 4. – С. 33–34.

4. Ткаченко Н. А. Математичне моделювання компонентного складу комбінованих йогуртових напоїв / Н. А. Ткаченко, П. О. Некрасов, А. В. Копійко // Зернові продукти і комбікорми. – 2016. – № 1. – С. 20–25.

5. Щебукова А.С. Разработка и товароведная характеристика гелеобразных продуктов на основе молочной сыворотки и растительного сырья : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Щебукова Анна Сергеевна. – КемТИПП. – Кемерово, 2005. – 134 с.

6. Шур Е.А. Разработка технологии и комплексная оценка качества взбитых десертов на основе молочного и растительного сырья : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15/ Шур Елена Александровна. – Кемерово, 2003. – 145 с.

7. Неповинных Н.В. Исследование и разработка технологии продуктов на молочной основе с использованием полисахаридных добавок : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Неповинных Наталия Владимировна. – Кемерово, 2008. – 146 с.

8. Нурсеитова З.Т. Разработка технологии комбинированных мягких сыров из коровьего и козьего молока с ферментированными овощами: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / З.Т. Нурсеитова. – Республика Казахстан, Семей, 2010. – 23 с.

9. Жарыкбасова К.С. Теоретические и практические основы производства функциональных молочных продуктов с учетом техногенной загрузки региона : автореф. дис. ... д-ра. техн. Наук : 05.18.04 / К.С. Жарыкбасова. – Республика Казахстан, Семей, 2010. – 42 с.

10. Asrandina S., Vitavskaya A., Kenzhebaeva Sh., Ayazbaeva G., Atabaeva S., Kenzhebaeva S. (2015), Technology of preparation of national vegetable dairy product “Curt plus stevia”, *7th World Convention on Stevia, Stevia Testeful 2015 Science, Formulation and Extraction: The Subtle Balance*, P. 23.

11. Rizzolo A., Cortellino G. (2018), Beverages based on ricotta cheese whey and fruit juices, *Ital. J. Food Sci.*, 30, pp. 289–302.

12. Sambhaji D. Nalkar, Ami R. Patel, Chandraprakashv Bhambure, Shrikant D. Kalyankar (2018), Studies on suitability of incorporating probiotics in mango-based kulfi-a popular indian frozen dessert, *Food Science and Technology*, 19(4), pp. 714-721.

13. Priyanka Bakshi, Akanksha Yadav, Ramesh Chandra and Bhuvnesh Yadav (2019), Development of a process to prepare milk based dessert using bottle gourd and rice powder, *Asian Journal Of Dairy and Food Research*, 38(1), pp. 1-6.

14. Chakraborty C., Bandyopadhyay K. (2017), Textural Analysis of Sponge Indian Milk Dessert (Rasogolla) Fortified with Potato Powder, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), pp. 2414-2420.

15. Снежкін Ю.Ф. Використання натуральних порошків з рослинної сировини у виробництві молочних продуктів / Ю.Ф. Снежкін, Р.О. Шапар // Наукові праці УДУХТ. – К., 2001. – № 10, ч. 1 – С. 68-69.

16. Назаренко Т.А. Исследование влияния растительных компонентов на биотехнологические параметры производства молочно-растительного ферментированного десертного продукта / Т.А. Назаренко, Н.Б. Гаврилова // Вестник Инновационного Евразийского университета. – Павлодар, 2007. – №2. – С. 193-200.

17. Голубева Л.В. Овощные наполнители в комбинированных молочно-растительных системах / Л.В. Голубева, Е.И. Мельникова, Е.Б. Терешкова // Сборник научных трудов «Естествознание и гуманизм». – Томск, 2006. – С. 57.

18. Активация растительных биологически активных веществ физическими методами : монография / Р.Ю. Павлюк, Н.В. Дібрівська, В.А. Павлюк, В.В. Яницький, Т.В. Крячко – Х.: ХДУХТ, 2010. – 152 с.

19. Павлюк Р.Ю. Нанотехнології гомогенізованих оздоровчих сировинних продуктів, збагачених наноструктурованими БАД із продуктів бджільництва / Р.Ю. Павлюк [та ін.] // Молокопереробка. – 2010. – № 3 (54). – С. 16-22.

20. Никифоров Р. П. Технологія напівфабрикатів для збитої десертної продукції на основі нежирної молочної сировини : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Никифоров Радіон Петрович. – Донецьк, 2000. – 136 с.

21. Горальчук А. Б. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Горальчук Андрій Богданович. – Х., 2008. – 298 с.

22. Юдіна Т.І. Обґрунтування вибору рослинної сировини для виробництва комбінованих фаршів / Т.І. Юдіна, І.А. Назаренко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. – Д.: ДонНУЕТ. – 2012. – Вип.29. – Том 2. – С. 322–328.

23. Юдіна Т.І. Розробка молочно-білкового концентрату зі сколотин та його використання в технологіях продуктів харчування: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Юдіна Тетяна Іллівна. – Х., 2001. – 158 с.

24. Yudina T.I., Nazarenko I.A., Nykyforov R.P. (2015), Doslidzhennia yakosti molochno-roslynnykh farshiv na osnovi kontsentratu zi skolyoty, *Skhidno-Evropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii*, 3, 10 (75), pp. 10-14. doi: 10.15587/1729-4061.2015.43407

25. Липатов Н.Н. Влияние влаги на изменение структурно механических показателей сырых и термообработанных фаршевых систем / Н.Н. Липатов, А.А. Щербинин, Е.И. Сизых, [и др.] // Тезисы докладов 2-й Всесоюзной научной конф. – Харьков, 1989. – с. 566-567.

26. Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів : для підприємств громад. харчування всіх форм власності // О.В. Шалимінов [та ін.]. – К. : А.С.К., 2003. – 848 с.

27. Крамаренко Д.П. Технологія молочно-білкових фаршів з використанням йодовмісної водоростевої добавки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Крамаренко Дмитро Павлович. – Х., 2007. – 233 с.

28. Івашина Л.Л. Технологія молочно-білкових запіканок з йодвміщуючими добавками : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Івашина Лілія Леонідівна. – Х., 2011. – 240 с.

Information about the authors:

Yudina Tetiana Illivna,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of technology and organization of restaurant
business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Deinychenko Hryhoriy Viktorovych,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Food Technologies in the Restaurant
Industry of the State Biotechnological University
44, Alchevskykh str., Kharkiv, 61002, Ukraine

Nazarenko Iryna Anatoliivna,

Candidate of Technical Science,
Department of technology in a restaurant economy that hotel and
restaurant business
Donetsk National University of Economics and Trade named after
Mykhailo Tugan-Baranovsky
16, Tramvaina str., Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region, 50005, Ukraine

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ СОУСІВ ТЕРМОСТАБІЛЬНИХ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

Янушкевич О. І.

ВСТУП

Пандемія COVID-19, яка продовжує поширюватися по всьому світу з кінця 2019 року, суттєво вплинула на становище продовольчої безпеки та харчування.¹ Кризові явища призвели до спаду світової економіки, системних збоїв у товарних ланцюгах продовольства внаслідок запровадження країнами карантинного режиму. Зниження доходів населення, підвищення цін на харчові продукти, обмеження (інфраструктурні, економічні) доступу до продовольства, високий ступінь невизначеності розвитку подій ставлять перед виробниками харчової продукції нові виклики. Проте за необхідності розроблення та упровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій, раціонального використання сировини, імпортозаміщення, розширення ринків збуту питання забезпечення її безпеки є пріоритетним.

Сучасні умови функціонування закладів ресторанної індустрії та харчової промисловості апріорі передбачають виробництво та реалізацію безпечної харчової продукції. Сьогодні фактично не існує альтернативи запровадженню міжнародно визнаних вимог до організації виробництва та введення в обіг харчових продуктів на всіх етапах харчового ланцюга (НАССР) – від вирощування та первинної переробки сировини до реалізації готової продукції, включаючи оптову та роздрібну торгівлю. Тож основні принципи забезпечення безпеки харчової продукції повинні бути реалізовані не тільки під час виробництва та дистрибуції продукції, а й на етапі її розроблення.

В умовах сьогодення виробництво соусів давно й успішно здійснюється не тільки підприємствами ресторанної індустрії, а й

¹ Влияние COVID-19 на продовольственную безопасность и питание: разработка эффективных политических мер по борьбе с пандемией голода и неполноценного питания. Рим. доклад: ФАО ВОЗ. 2020 <https://doi.org/10.4060/cb1000ru>

харчової промисловості. Запозичуючи досвід один одного, має місце «дифузія» смаків, концептів, моделей виробництва, каналів збуту. Основні критерії, яким повинен відповідати новий продукт, – смачно, корисно, безпечно, зручно та швидко.

З урахуванням зазначеного науково обґрунтовано та розроблено технологію соусів термостабільних на основі молочної сировини. Розроблені соуси являють собою багатофазні дисперсні системи переважно емульсійного типу. Шляхом обґрунтованого вибору харчових інгредієнтів (емульгаторів), введення вологозв'язуючих інгредієнтів (білкової та полісахаридної природи) з метою регулювання технологічних властивостей рецептурних сумішей та готової продукції забезпечено стабільність емульсійних систем в технологічному потоці – на етапі їх виробництва, зберігання та безпосереднього споживання.

Разом з тим відсутні дані щодо органолептичних та фізико-хімічних показників нової продукції, її харчової цінності, умов та терміну придатності. Тож метою даних досліджень є визначення показників якості та безпечності соусів термостабільних на основі молочної сировини, обґрунтування умов та терміну її придатності.

1. Інновації в технології виробництва соусів на основі молочної сировини

Аналіз інформаційних джерел дозволяє стверджувати, що науковцями та практиками накопичено достатній досвід в технології виробництва холодних соусів. Розроблення та/ чи удосконалення технологій, рецептурного складу, асортименту соусів гарячих висвітлено значно менше. Узагальнення літературних джерел показує, що в останні роки в технології соусів гарячих розроблено та запроваджено низку новацій, які більшою мірою лежать в площині раціонального використання сировини (вторинні молочні продукти), розширення асортименту. Так, авторами² науково обґрунтовано доцільність комплексного використання овочевої та молочної сировини як джерел функціональних компонентів у технології термостабільних емульсійних соусів. Доведено можливість сумісного використання модифікованих термічною обробкою в присутності фосфатів натрію овочевої пектинвміщуючої та молочної казеїнатвміщуючої сировини для отримання стійких прямих емульсій. Встановлено умови та визначено параметри стабілізації

² Горальчук А.Б., Пивоваров П.П. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини: Монографія. Харків: ХДУХТ. 2010. 76 с.

прямих емульсій шляхом утворення білок-пектинових комплексів у дисперсійному середовищі емульсій.

У роботі³ висвітлено спосіб виробництва соусу томатного з грибним порошком із міцеліальної біомаси грибів гливи, що містить бульйон м'ясний, томатну пасту, грибний порошок, а також часник, крохмаль кукурудзяний, молочні продукти. Запропонований соус має високі органолептичні показники якості, насичений грибний смак. Доведено, що грибні порошки підвищують харчову цінність соусної продукції. Розвиток даного напрямку реалізовано в роботі⁴, в межах якої обґрунтовано рецептурний склад, технологію виробництва соусів з грибними порошками печериці, шийтаке, рейші.

Науковцями НУХТ⁵ теоретично та експериментально обґрунтовано технологію молоковмісних продуктів шляхом використання агрегативно стійких харчових емульсій прямого типу. Визначено доцільність використання емульгатору Т-2 (суміш ефірів полігліцерину і вищих жирних кислот) та казеїнату натрію, обґрунтовано синергетичний ефект у разі комплексного їх використання.

У роботі⁶ здійснено кількісну оцінку відмінностей в структурі, текстурі та флейворі (дисперсність жирової та повітряної фази, вміст ароматичних речовин, оцінка кольору поверхні соусу, сенсорні дескриптори) масляних соусів залежно від виду механічного оброблення, послідовності введення та стану інгредієнтів, температури процесу. Обґрунтовано раціональні параметри їх виробництва з урахування автентичності, розвитку національних традицій, вимог споживача.

2. Об'єкт, предмети та методи дослідження

Об'єкт дослідження – показники якості та безпечності соусів термостабільних на основі молочної сировини.

³ Кравченко М.Ф., Кублінська І.А. Обґрунтування технології соусу з композиційною сумішшю грибних порошків. Наукові праці НУХТ. 2019. № 1. С. 189–199.

⁴ Кравченко М.Ф., Кублінська І.А. Розробка технології та комплексна оцінка якості емульсійного соусу грибного. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. 2018. 5. С. 26–32.

⁵ Устименко І. М. Удосконалення технологій молоковмісних продуктів шляхом використання харчових емульсій. (Автореф. канд. техн. наук). 2019. Національний університет харчових технологій, Київ. 16 с.

⁶ Guro H. R., Morten R., Morten T. P., Mikael A. P., Dagmar A. B., Morten S., Jens R. Preparation methods influence gastronomical outcome of hollandaise sauce. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2014. № 2. P. 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2014.05.003>

Предмети дослідження – соуси термостабільні на основі молочної сировини; соус вершковий з м'ясом курки та грибами.

Відбір проб та підготовку зразків для дослідження здійснювали за ДСТУ 4834⁷. Масову частку вологи у зразках визначали за ГОСТ 3626⁸, вміст загального білка – методом К'ельдаля⁹, масову частку жиру – кислотним методом¹⁰, вуглеводів – за загальноприйнятими методами. Масову частку загальних мінеральних речовин та мінеральний склад визначали на рентгено-флуоресцентному аналізаторі ElvaX Light SDD, детекторі Oxford X-max 80. Вміст золи визначали спалюванням наважки досліджуваного зразка з пропіканням мінерального залишку в муфельній печі за температури 750...800°C.

Стійкість емульсій визначали, фіксуючи об'єми фаз, які відділилися після центрифугування зі швидкістю обертання ротора 25с⁻¹ протягом 5×60 с. Після зразок поміщали на водяну баню за температури 80...85°C, витримували 3×60 с та знову центрифугували протягом 5×60 с¹¹. Загальну стійкість емульсій визначали як відношення незруйнованої емульсії, яка зберіглася після центрифугування, до загального її об'єму за формулою:

$$C_{заг.} = \frac{V_{н.ем.}}{V_{ем.}} \cdot 100, \quad (1)$$

де $C_{заг.}$ – загальна стійкість емульсії, %;
 $V_{н.ем.}$ – об'єм незруйнованої емульсії після центрифугування, см³;
 $V_{ем.}$ – об'єм незруйнованої емульсії до центрифугування, см³.

Мікробіологічні показники продукції (КМАФАМ, *Staphylococcus aureus*, бактерії роду *Salmonella*, дріжджі та плісняві гриби, БГКП),

⁷ ДСТУ 4834:2007. Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролю. Взамін ГОСТ 26809–86; Чинний від 10.10.07. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 18 с.

⁸ ГОСТ 3626–73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. Взамен ГОСТ 3626–47; Введ. 01.06.75. М. Изд-во стандартов, 1973. 19 с.

⁹ ГОСТ 23327–98. Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Къельдалю и определение массовой доли белка. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. 7 с.

¹⁰ Меркулова Н. Г., Меркулов М. Ю., Меркулов И. О. Производственный контроль в молочной промышленности. Практическое руководство. СПб.: Издательство «Профессия», 2009. 656 с.

¹¹ Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навчальний посібник. Х.: ХДУХТ, 2006. 63 с.

токсичні елементи та солі важких металів у складі соусів визначали за діючими в галузі методиками.

Органолептичну оцінку якості готової продукції здійснювали аналітичними методами та методом профільного аналізу¹². Профільний метод аналізу полягає у використанні набору описових термінів (дескрипторів) для оцінювання окремих органолептичних показників продукту (запаху, консистенції, смаку тощо) за схемою: визначення характерних ознак показників, ступеня їх інтенсивності, порядку виявлення. Шляхом кількісної оцінки величини обраних дескрипторів за заданою шкалою будували профілі органолептичних показників у вигляді діаграми.

Надійність одержаних результатів визначали шляхом розрахунку коефіцієнтів Стьюдента (t_{ST}) для прийнятого рівня залежності $P = 0,05$ і відповідного $(n - 1)$ числа ступенів свободи.

Під час обґрунтування умов та строку зберігання соусів термостабільних застосовували технології пакування MAPAX в модифікованих газових середовищах (BIOGON NC 20), які вироблено компанією LINDE-GAS, м. Дніпро.

Теоретичні та експериментальні дослідження виконано у науково-дослідній лабораторії Food Research and Development Lab (R&D) кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету.

3. Дослідження показників якості та безпечності соусів термостабільних на основі молочної сировини та їх змін під час зберігання

Розроблені соуси є новими продуктами на споживчому ринку України і потребують оцінки основних показників якості (органолептичних, фізико-хімічних, хімічного складу) та безпечності (мікробіологічних, токсикологічних). Науково обґрунтовано та розроблено технологію соусу вершкового з м'ясом курки та грибами, соусу вершкового зі шпинатом та грибами, соусу карбонара. З урахуванням багатоваріантності рецептурного складу нової продукції, а також враховуючи, що склад соусів містить 80..85% соусної основи, 14..18% наповнювачів рослинного (шпинат, печериці, цибуля) та/чи тваринного (м'ясо курки) походження, 1..2% спецій та прянощів, показники безпечності наведено як

¹² Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови. (ISO 6658:1985, IDT) : ДСТУ ISO 6658:2005. Чинний від 2006-01-07. К.: Держ-споживстандарт України, 2006. 26 с. (Національний стандарт України).

узагальнені дані для всіх соусів, показники харчової цінності – для соусу вершкового з м'ясом курки та печерицями.

Дослідження органолептичних показників здійснювали на основі розробленої шкали органолептичної (табл. 1) та бальної (табл. 2) оцінки соусів, результати якого представлено у табл. 3 та графічно у вигляді профілів зовнішнього вигляду, консистенції, кольору, запаху, смаку (рис. 1).

Таблиця 1

Шкала органолептичної оцінки соусів термостабільних на основі молочної сировини

Найменування показників	Оцінка (Q) за п'ятибальною шкалою			
	відмінно	добре	задовільно	незадовільно
	$5,0 \leq Q < 4,5$	$4,5 \leq Q < 4,0$	$4,0 \leq Q < 3,0$	$3,0 \leq Q \leq 2,0$
Зовнішній вигляд	Однорідна маса з включеннями часточок наповнювачів, без відділення жирової та/чи водної фази	Злегка неоднорідна маса з включеннями часточок наповнювачів, без відділення жирової та/чи водної фази	Неоднорідна маса, часточки наповнювача розподілено нерівномірно, без відділення жирової та/чи водної фази	Неоднорідна маса, часточки наповнювача відсутні, занадто подрібнені, відділилася жирова та/чи водна фаза
Консистенція	Кремоподібна, пластична, маса	Пластична мазка маса	Пластична, наявність незначної крупінчастості	Неоднорідна, з явними ознаками розшарування емульсійної структури соусу
Колір	Рівномірний за всією масою, відповідає кольору наповнювачів, що використовуються	Нерівномірний за всією масою, основа соусу з сірим відтінком	Нерівномірний за всією масою, колір наповнювачів невиражений, основа соусу з сірим відтінком	Нерівномірний, колір наповнювачів блідний, невиражений, основа соусу з сірим відтінком
Запах	Чистий, вершковий, без стороннього запаху	Чистий, вершковий, з легким запахом олії	Слабовиражений, з легким запахом олії	Слабовиражений, з вираженим запахом олії
Смак	Виражений, чистий, вершковий, без сторонніх присмаків, смак відповідає наповнювачам, що використовуються	Виражений, вершковий, смак відповідає наповнювачам, що використовуються, з легким смаком олії	Виражений, вершковий, смак відповідає наповнювачам, що використовуються, з вираженим смаком олії	Наявність стороннього присмаку, окиснений, прогірклий

**Бальна оцінка соусів термостабільних
на основі молочної сировини**

Найменування показника	Коефіцієнт вагомості	Оцінка (Q) в балах			
		відмінно	добре	задовільно	незадовільно
Зовнішній вигляд	0,10	0,45...0,50	0,40...0,44	0,30...0,39	0,20...0,29
Консистенція	0,30	1,35...1,50	1,20...1,34	0,90...1,19	0,60...0,89
Колір	0,15	0,68...0,75	0,60...0,67	0,45...0,59	0,30...0,44
Запах	0,15	0,68...0,75	0,60...0,67	0,45...0,59	0,30...0,44
Смак	0,30	1,35...1,5	1,20...1,34	0,90...1,19	0,60...0,89
Загальна оцінка	1,00	$5,0 \leq Q < 4,5$	$4,5 \leq Q < 4,0$	$4,0 \leq Q < 3,0$	$3,0 \leq Q \leq 2,0$

З огляду на необхідність забезпечити стабільність соусів до розшарування на декількох етапах технологічного процесу (нагрівання рецептурної суміші → пастеризація → охолодження → нагрівання (перед безпосереднім споживанням), найважливішими органолептичними показниками вважаємо консистенцію та смак соусів, у зв'язку з цим ці показники мають найвищі коефіцієнти вагомості (0,3 та 0,3 відповідно).

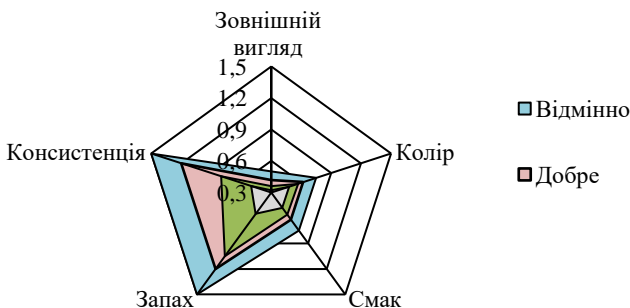


Рис. 1. Профіль органолептичної оцінки соусів термостабільних на основі молочної сировини

Продукт, що має загальну оцінку «відмінно» (4,5...5,0) та добре (4,0...4,5), може бути рекомендовано до реалізації в оптовій та роздрібній мережі. При зниженні загальної оцінки до «задовільно» (4,0...3,0) продукт має деякі недоліки та вади, які з'являються під час виробництва, зберігання або транспортування продукції. До таких

вад віднесено відмінності за показником «зовнішній вигляд», а саме неоднорідна маса з явними ознаками розшарування емульсійної структури соусу. Такий продукт не відповідає вимогам нормативної документації й повинен бути забракований та утилізований.

Здійснено експертну оцінку органолептичних показників соусу вершкового з м'ясом курки та грибами (табл. 3, 4). Встановлено, за загальної оцінки 4,99 балів соуси повною мірою відповідають встановленим вимогам: характеризуються кремоподібною, пластичною консистенцією без відділення жирової та/чи водної фази (бальна оцінка 1,54) з включеннями часточок м'яса курки та грибів (бальна оцінка 0,49). Продукт має виражений смак та запах м'яса курки та грибів (печериць) (бальна оцінка 1,48 та 0,73 бали відповідно) без сторонніх присмаків.

Таблиця 3

Бальна оцінка соусу вершкового з м'ясом курки та грибами

Найменування показника	Оцінка продукції (бали)
Зовнішній вигляд	0,49
Консистенція	1,54
Колір	0,75
Запах	0,73
Смак	1,48
Загальна оцінка	4,99

Органолептичні показники соусу вершкового з м'ясом курки та грибами у табл. 4.

Таблиця 4

Органолептичні показники соусу вершкового з м'ясом курки та грибами

Найменування показників і характеристика		
Зовнішній вигляд і консистенція	Колір	Запах і смак
Кремоподібна, пластична, однорідна маса з включеннями часточок мяса курки та грибів (печериць), без відділення жирової та/чи водної фази	Рівномірний за всією масою, від білого до світло-кремового, шматочки м'яса курки – світло-сірого кольору, печериць – темно-сірого кольору	Виражений м'яса курки та грибів (печериць), чистий, вершковий, без сторонніх присмаків

За результатами органолептичної оцінки визначено, що соус вершковий з м'ясом курки та грибами характеризується високими показниками якості і може бути реалізований через мережу оптової та роздрібною торгівлі.

Досліджено хімічний склад та фізико-хімічні показники соусу вершкового з м'ясом курки та грибами (табл. 5).

Таблиця 5

Хімічний склад соусу вершкового з м'ясом курки та грибами

Найменування показника	Вміст, %
Масова частка сухих речовин, %	30,2±0,3
Масова частка білка, %	6,8±0,1
Масова частка жиру, %	12,0±0,2
Масова частка вуглеводів, %	8,9±0,1
Масова частка мінеральних речовин, %	1,12±0,04

Таблиця 6

Фізико-хімічні показники соусу вершкового з м'ясом курки та грибами

Найменування показника	Вміст, %
Кислотність титрована, °Т	16,2±0,5
Загальна стійкість емульсії, %: до пастеризації рецептурної суміші	96,5±0,1
після введення наповнювачів	94,7±0,1
після пастеризації рецептурної суміші з наповнювачами	97,2±0,1
після охолодження рецептурної суміші	97,0±0,1
після зберігання продукції протягом 45 діб	96,8±0,1
після термооброблення готової продукції (розігрівання перед споживанням)	94,5±0,1

Встановлено, що за загального вмісту сухих речовин 30,2±0,3% масова частка білка складає 6,8±0,1%, жиру – 12,0±0,2%, вуглеводів загальних – 8,9±0,1%, мінеральних речовин – 1,12±0,04%. Загальна стійкість емульсії (соусної основи) коливається в межах 94,5...97,2% залежно від етапу технологічного процесу і є достатньою для забезпечення сталої текстури продукту.

Безпечність розроблених соусів оцінювали шляхом визначення мікробіологічних (табл. 7) та токсикологічних (табл. 8) показників, вмісту радіонуклідів.

Таблиця 7

**Мікробіологічні показники соусу вершкового
з м'ясом курки та грибами**

Найменування показника	Допустимі рівні	Фактичне значення
Загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту, не більше	1×10^6	1×10^5
Бактерії групи кишкової палички (коліформи), в 0,01 г	не допускається	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду <i>Sallmonella</i> , в 25 г	не допускається	не виявлено
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1г	не допускається	не виявлено
Дріжджі, КУО в 1 г, не більше	100	20
Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше	50	не виявлено
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г	не допускається	не виявлено

За результатами дослідження мікробіологічних показників (табл. 7) встановлено, що бактерії групи кишкової палички, плісняві гриби, патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми у соусах не виявлено.

Таблиця 8

**Вміст токсичних елементів соусу вершкового
з м'ясом курки та грибами**

Найменування показника	Допустимі рівні, мг/кг не більше	Фактичне значення, мг/кг
Свинець	0,2	0,1
Ртуть	0,01	не виявлено
Кадмій	0,2	не виявлено
Миш'як	0,2	не виявлено
Мідь	5,0	1,0
Цинк	50	10

На підставі одержаних даних встановлено, що вміст токсичних елементів у соусах не перевищує допустимих рівнів, встановлених МБТ і СН 5061.

Вміст радіонуклідів у соусі вершковому з м'ясом курки та грибами не перевищував допустимі рівні, що встановлені ДГН 6.6.1.1.-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137, стронцію-90 в продуктах харчування і питній воді»: ^{137}Cs – 100 Бк/кг, ^{90}Sr – 20 Бк/кг, та складає 80 Бк/кг для цезію та 10 Бк/кг для стронцію. Одержані дані під час визначення мікробіологічних та

токсикологічних показників соусів відповідають вимогам чинного законодавства та ДГН 6.6.1.1.-130-2006¹³.

Одержані результати дослідження загального хімічного складу, показників якості та безпечності соусу вершкового з м'ясом курки та грибами підтверджують відповідність даної продукції вимогам державної системи контролю харчових продуктів, їх покладено в основу технічних умов та технологічної інструкції з їх виробництва.

При розробці нового продукту важливим є обґрунтування умов зберігання та терміну придатності, а також визначення закономірностей зміни органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників під час зберігання. Слід зазначити, що обґрунтування умов зберігання та терміну придатності соусу проводили з урахуванням коефіцієнта резерву та агрованих температур. Зокрема, зразки соусів зберігали у споживчому пакованні з поліетилену масою 0,2 кг відповідно вимог МУ 4.2.727-99¹⁴ в модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20, при цьому температура зберігання становила 0...6 °С та 8...10 °С (принцип агрованих температур), строк зберігання – 40 діб, вологість – 75,0±0,5%.

Таблиця 9

Органолептичні показники соусу вершкового з м'ясом курки та грибами (t = 0...6°C)

Найменування показника	Значення показника протягом зберігання, діб	
	Свіжовиготовлений	40
Зовнішній вигляд і консистенція	Кремоподібна, пластична, однорідна маса з включеннями часточок м'яса курки та грибів (печериць), жирова та водна фаза не відділяється	
Колір	Рівномірний за всією масою, світло-кремовий, шматочки м'яса курки – світло-сірого кольору, печериць – темно сірого кольору	
Запах і смак	Виражений м'яса курки та грибів (печериць), чистий, вершковий, без сторонніх присмаків та запахів	

¹³ ДГН 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr в продуктах харчування та питній воді. Державні гігієнічні нормативи. Затв. наказом МОЗ України від 03.05.2006 р. № 256. Зареєстр. Мінюст України 17.07.2006 р. за № 845/12719.

¹⁴ Методические указания МУ 4.2.727–2007. Гигиеническая оценка сроков годности пищевых продуктов. М., 2007. 23 с.

Аналіз даних результатів органолептичної соусу вершкового з м'ясом курки та грибами (табл. 9) дозволяє стверджувати, що під час зберігання протягом 40 діб органолептичні показники не погіршуються.

Поряд з дослідженням органолептичних властивостей проводили дослідження фізико-хімічних показників соусу вершкового з м'ясом курки та грибами, результати якого наведено у табл. 10.

Таблиця 10

Результати дослідження фізико-хімічних показників соусу вершкового з м'ясом курки та грибами протягом зберігання (t = 0...6°C)

Найменування показника	Значення показника протягом зберігання, діб	
	Свіжовиготовлений	40
Масова частка сухих речовин, %	30,2±0,3	31,2±0,3
Масова частка білка, %	6,8±0,1	6,9±0,1
Масова частка жиру, %	12,0±0,2	12,7±0,2
Масова частка вуглеводів, %	8,9±0,1	9,2±0,1
Масова частка мінеральних речовин, %	1,12±0,04	1,15±0,04
Кислотність титрована, °Т	16,2±0,5	18,8±0,5

Аналіз даних, наведених у табл. 10, дозволяє стверджувати, що масова частка вологи, білка, жиру та мінеральних речовин соусу вершкового з м'ясом курки та грибами під час зберігання протягом 40 діб практично не змінюється (варіювання показників в межах похибки вимірювання). Експериментальні дослідження з визначення інших фізико-хімічних показників вказує на незначне підвищення кислотності.

Досліджено мікробіологічні показники соусів термостабільних на основі молочної сировини протягом зберігання. Аналіз одержаних даних дозволяє стверджувати, що під час зберігання соусу вершкового з м'ясом курки та грибами протягом 40 діб бактерії групи кишкової палички, плісняві гриби, дріжджі й патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми не виявлено. Таким чином, на підставі дослідження органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних та мікробіологічних показників обґрунтовано умови зберігання та термін придатності соусів – 35 діб за температури

0...6°C та відносної вологості повітря 75 % в модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20.

ВИСНОВКИ

1. Визначено, що під час розроблення та упровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій забезпечення безпечності харчової продукції є пріоритетним завданням підприємств харчової промисловості та ресторанної індустрії.

2. Науково обґрунтовано та розроблено технологію соусів термостабільних на основі молочної сировини. За багатоваріантності рецептурного складу нової продукції склад соусів містить 80..85% соусної основи, 14...18% наповнювачів рослинного (шпінат, печериці, цибуля) та/чи тваринного (м'ясо курки) походження, 1...2% спецій та прянощів.

3. Розроблено шкалу органолептичної та бальної оцінки соусів, профілограму зовнішнього вигляду, консистенції, кольору, запаху, смаку як інструментарій для експертної оцінки нової продукції. Доведено, що за реалізації розробленої технології соуси характеризуються високими органолептичними показниками й оцінюються в 4,99 балів.

4. Встановлено, що за загального вмісту сухих речовин $30,2 \pm 0,3\%$ у складі соусів масова частка білка складає $6,8 \pm 0,1\%$, жиру – $12,0 \pm 0,2\%$, вуглеводів загальних – $8,9 \pm 0,1\%$, мінеральних речовин – $1,12 \pm 0,04\%$. Загальна стійкість емульсії (соусної основи) коливається в межах 94,5...97,2% залежно від етапу технологічного процесу і є достатньою для забезпечення сталої текстури продукту.

5. З урахуванням коефіцієнта резерву та аггравованих температур обґрунтовано умови зберігання та терміну придатності нової продукції. На підставі дослідження органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників обґрунтовано умови зберігання та термін придатності соусів – 35 діб за температури 0...6°C та відносної вологості повітря 75 % в модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20.

АНОТАЦІЯ

Пандемія COVID-19, яка продовжує поширюватися по всьому світу з кінця 2019 року, суттєво вплинула на становище продовольчої безпечності та харчування. Під час розроблення та упровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій забезпечення

безпе́чності харчової продукції є пріоритетним завданням підприємств харчової промисловості та ресторанної індустрії.

Науково обґрунтовано та розроблено технологію соусів термостабільних на основі молочної сировини. Розроблено шкалу органолептичної та бальної оцінки соусів, профілограму зовнішнього вигляду, консистенції, кольору, запаху, смаку. Доведено, що за реалізації розробленої технології соуси характеризуються високими органолептичними показниками й оцінюються в 4,99 балів.

Встановлено, що соуси характеризуються високою харчовою цінністю. З урахуванням коефіцієнта резерву та агграваних температур обґрунтовано умови зберігання та термін придатності нової продукції. На підставі дослідження органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників обґрунтовано умови зберігання та термін придатності соусів – 35 діб за температури 0...6°C та відносної вологості повітря 75% в модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20.

ЛІТЕРАТУРА

1. Влияние COVID-19 на продовольственную безопасность и питание: разработка эффективных политических мер по борьбе с пандемией голода и неполноценного питания. Рим. доклад: ФАО ВОЗ. 2020 <https://doi.org/10.4060/cb1000ru>

2. Горальчук А.Б., Пивоваров П.П. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини: Монографія. Харків: ХДУХТ. 2010. 125 с

3. Кравченко М.Ф., Кублінська І.А. Обґрунтування технології соусу з композиційною сумішшю грибних порошоків. Наукові праці НУХТ. 2019. №1. С. 189–199. DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-19

4. Кравченко М.Ф., Кублінська І.А. Розробка технології та комплексна оцінка якості емульсійного соусу грибного. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. 2018. 5. С. 26–32.

5. Устименко І. М. Удосконалення технологій молоковомісних продуктів шляхом використання харчових емульсій. (Автореф. канд. техн. наук). 2019. Національний університет харчових технологій, Київ. 16 с.

6. Guro H. R., Morten R., Morten T. P., Mikael A. P., Dagmar A. B., Morten S., Jens R. Preparation methods influence gastronomical outcome of hollandaise sauce. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2014. № 2. P. 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2014.05.003>

7. ДСТУ 4834:2007. Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролю. Взамін ГОСТ 26809–86; Чинний від 10.10.07. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 18 с.

8. ГОСТ 3626–73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. Взамен ГОСТ 3626–47; Введ. 01.06.75. М. Изд-во стандартов, 1973. 19 с.

9. ГОСТ 23327–98. Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. 7 с.

10. Меркулова Н. Г., Меркулов М. Ю., Меркулов И. О. Производственный контроль в молочной промышленности. Практическое руководство. СПб.: Издательство «Профессия», 2009. 656 с.

11. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навчальний посібник. Х.: ХДУХТ, 2006. 63 с.

12. Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови. (ISO 6658:1985, IDT) : ДСТУ ISO 6658:2005. Чинний від 2006-01-07. К.: Держ-споживстандарт України, 2006. 26 с. (Національний стандарт України).

13. ДГН 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування та питній воді. Державні гігієнічні нормативи. Затв. наказом МОЗ України від 03.05.2006 р. № 256. Зареєстр. Мінюст України 17.07.2006 р. за № 845/12719.

14. Методические указания МУ 4.2.727–2007. Гигиеническая оценка сроков годности пищевых продуктов. М., 2007. 23 с.

15. ДГН 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування та питній воді. Державні гігієнічні нормативи. Затв. наказом МОЗ України від 03.05.2006 р. №256. Зареєстр. Мінюст України 17.07.2006 р. за № 845/12719.

16. Методические указания МУ 4.2.727–2007. Гигиеническая оценка сроков годности пищевых продуктов. М., 2007. 23 с.

Information about the author:
Yanushkevich Oleksandr Ivanovych,
Postgraduate Student
State Biotechnological University
44, Alchevskyh str., Kharkiv, 61002, Ukraine

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF YEAST DOUGH MADE IN AN ACCELERATED WAY

Popova S. Yu., Hopkalo L. M.

INTRODUCTION

Studies of modern technologies of yeast products have confirmed that the main problem is the need to reduce the consumption of all types of resources through the use of accelerated dough methods. Accelerated technologies make it possible to set up the production of a wide range of products at small-capacity enterprises, such as: mini-bakeries, flour shops at supermarkets and restaurant enterprises (RE). However, today the reduction of the technological process occurs, as a rule, due to the use of artificial food additives, the negative impact of which on the health of the population is confirmed by many clinical studies¹. One of the ways to solve the problem is to improve the technological process for the production of yeast dough through the development of accelerated technologies using natural plant materials instead of artificial improvers^{2,3,4}.

An analysis of the chemical composition of secondary products of potato processing (SPPP) indicates that they include a complex of substances that make it possible to improve the parameters of the technological process and reduce the consumption of the main raw material. Due to the adjustment of the chemical composition of the SPPP by the methods of low-temperature processing, it is possible to control the processes that occur during the maturation of the yeast dough. The development of technology for additives from SPPP will also partly solve the problem of non-waste processing of potatoes.

¹ Rosell C. M. Nutritionally enhanced wheat flours and breads. *Breadmaking*. Woodhead Publishing Limited, 2012. P. 687–710. doi: 10.1533/9780857095695.4.687

² Cauvain S. P. Bread: Breadmaking Processes. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, 2016. P. 478–483. doi: 10.1016/b978-0-12-384947-2.00087-8

³ Huang S., Miskelly D. Optional Ingredients for Dough. *Steamed Breads*. Elsevier, 2016. P. 47–63. doi: 10.1016/b978-0-08-100715-0.00004-5

⁴ Furlán L. T., Padilla A. P., Campderrós M. E. Improvement of gluten-free bread properties by the incorporation of bovine plasma proteins and different saccharides into the matrix. *Food Chemistry*. 2015. Vol. 170. P. 257–264. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.08.033

The relevance of the work is due to the need to create an accelerated technology for yeast dough by using an additive from SPPP as a source of easily digestible sugars, which makes it possible to speed up the technological process of dough formation due to the preliminary activation of yeast. The use of an additive from SPPP in the technology of products made from yeast dough will make it possible to rationally use raw materials, but also to create an accelerated technology for yeast dough without the use of hazardous substances.

1. Scientific and practical aspects of producing semi-finished products from yeast dough by accelerated method

1.1. Modern ways to improve the technological process for the production of products from yeast dough

In the practice of world bakery production in economically developed countries, the introduction of new intensive technologies focused on small-capacity bakeries and mini-bakeries is gaining increasing development. These technologies are more flexible than traditional ones, allow to quickly respond to market requirements in satisfying the population with fresh products, create bakeries and mini-bakeries with a reduced technological cycle⁵. Consequently, bakeries and mini-bakeries have a number of advantages over large bakeries: production mobility; timely provision of consumers with fresh and even hot products; reduction of transportation, which allows to reduce the cost of production, increase its microbiological safety, etc.; a combination of production and sales of products that increase the popularity of the institution (a bakery with a shop, a restaurant, a cafe)⁶. The most relevant in the technologies of yeast products in small bakeries working in one shift are accelerated dough methods⁷. The essence of accelerated dough preparation methods lies in the intensification of microbiological, biochemical and colloidal processes that occur during dough maturation^{8,9,10}.

⁵ Васильченко А. Состояние и перспективы развития хлебопекарной промышленности в Украине. Пищевая наука и технология. 2009. № 1. С. 5–8.

⁶ Алферов А. Рынок хлеба и хлебобулочных изделий: реали, перспективы, тенденции развития. Хлебопродукты. 2009. № 2. С. 60–61.

⁷ Васюкова А. Т., Пучкова В. Ф. Современные технологии хлебопечения: уч.-практ. пос. Москва: Издательско-торг. корпорация "Дашков и К", 2009. 223 с.

⁸ Пучкова Л. И. Хлебобулочные изделия: учеб.-метод. пос. Москва: МГУПП, 2000. 59 с.

⁹ Новые источники биологически активных компонентов для производства хлеба / Т. Е. Лебеденко и др. // Зернові продукти і комбикорми. 2011. № 3. С. 23–28.

¹⁰ Ефективність використання пектиновмісної дикорослої сировини у хлібопеченні / Т. С. Лебеденко та ін. // Наукові праці ОНАХТ. 2014. Т. 1, № 46. С. 121–127.

The longest process of the entire technological cycle for the production of yeast dough is the ripening process. The ripening process can be accelerated by the use of food additives or various methods of activating baker's yeast.

The main requirements for additives are their low cost and manufacturability (the additive must be easily introduced into the recipe mixture and evenly distributed in the dough). A promising direction in the development of technologies for products made from yeast dough is the use of low-value secondary raw materials of plant and animal origin, which is a source of enrichment of the nutritional and biological value of products, and also contributes to the intensification of yeast fermentation.

1.2. Analysis of ways to activate the yeast environment

The longest process of the entire technological cycle for the production of yeast dough is the ripening process. It is possible to speed up the ripening process of almost all types of dough through the use of food additives^{11,12} or various methods of activating baker's yeast.

Enzymatic systems of energy metabolism of pressed yeast are adapted to the aerobic-sucrose environment and are not very suitable for the anaerobic-maltose environment of wheat dough. To adapt to a floury environment in order to restructure the energy metabolism of yeast from the respiration process to the fermentation process and enhance the synthesis of fermentation enzymes, it is recommended to introduce an additional operation into the technological process - preliminary activation of yeast¹³.

In the technological practice of yeast dough production, there are chemical and physical methods of activating yeast cells.

For example, there is a known method for preparing dough using plasma-chemically activated aqueous solutions¹⁴. Scientific school of Dr. T. Lebedenko has been carried out a number of studies on the

¹¹ Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. Київ: Техніка, 2006. 408 с.

¹² Современные подходы к выбору способа приготовления пшеничного хлеба / Т. Е. Лебеденко и др. // Пищевая наука и технология. 2010. № 1 (10). С. 46–52.

¹³ Gelinas P. Mapping early patents on baker's yeast manufacture. *Comprehensive Reviewing in Food Science and Food Safety*. 2010. Vol. 9, Issue 5. P. 483–497. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00122.x

¹⁴ Півоваров О. А., Миколенко С. Ю., Тищенко Г. П. Мікроструктурні особливості тіста на основі розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1 (18). С. 67–70.

development of new and improvement of existing wheat bread technologies^{15,16}.

V. Drobot et al.¹⁷ proposed a method for activating a yeast suspension by discrete-pulse introduction of energy for (9...11)•60 s. It has been found that this method of yeast pre-treatment improves the dough lifting strength, as well as the zymase and maltase activity of the yeast.

A method is known for activating yeast dough, which involves keeping yeast in an aqueous solution of xampan microbial polysaccharide, taken in an amount of 0.05-0.15% by weight of flour, at a temperature of 35 °C for 40-60 s. Polysaccharides of plant and microbial origin contribute to the improvement of the physicochemical and rheological properties of the dough, an increase in the yield of products and a slowdown in the processes of staleness are observed¹⁸.

E. Safonova et al.¹⁹ proposed a method for producing yeast dough, including the activation of yeast in a water-flour-yeast suspension based on barley flour, which is kept for (30...35)•60 s at a temperature of 18...25°C. The technological effect is to reduce the dough fermentation time by 20-40%, increase the manufacturability of the process and improve the porosity of finished products.

A known method for activating yeast dough involves keeping yeast in an aqueous solution of microbial xampan polysaccharide, taken in an amount of 0.05-0.15% by weight of flour, at a temperature of 35°C for 40-60 s. Polysaccharides of plant and microbial origin contribute to the improvement of the physicochemical and rheological properties of the

¹⁵ Лебеденко Т. Є., Кожевнікова В. О., Соколова Н. Ю. Удосконалення процесу активації дріжджів шляхом використання фіто добавок. Харчова наука і технологія. 2015. Т. 9, № 2 (31). С. 25–33. doi: 10.15673/2073-8684.31/2015.44264

¹⁶ Пат. № 66097 UA. Композиція інгредієнтів для приготування хліба пшеничного. МПК А21D 8/02 (2006.01) / Т. Є. Лебеденко та ін.; заявник та патентовласник Одеська національна академія харчових технологій. № u201106371; заявл. 23.05.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24. 2 с.

¹⁷ Пат. № 54219 UA. Спосіб активації пресованих хлібопекарських дріжджів: Україна, МПК С 12 N 1/18 / В. І. Дробот та ін.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. № 2002064865; заявл. 13.08.2002; опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2. 8 с.

¹⁸ Пат. № 35433 UA. Спосіб виробництва дріжджового тіста. МПК А 21 D 8/00, 8/02 / С. Г. Козлова та ін.; заявник та патентовласник Харківська державна академія технологій та організації харчування. № 99105595; заявл. 13.10.1999; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2. 3 с.

¹⁹ Пат. № 50178 UA. Спосіб одержання дріжджового тіста. МПК А 21 D 8/02 / О. М. Сафонова та ін.; заявник та патентовласник О. М. Сафонова, Т. В. Гавриш, Ф. В. Перцевий, І. А. Панченко. № 2001117630; заявл. 08.11.2001; опубл. 15.10.2002, Бюл. № 10. 2 с.

dough, an increase in the yield of products and a slowdown in the processes of staleness are observed^{20,21,22,23}.

2. Object, materials and methods of research

2.1. Objects and materials of research

During the theoretical and experimental work, the production technology for the production of yeast dough using DPA obtained from SPPP was considered as the main object of research.

Within the framework of this object, the following basic materials were used: wheat flour according to DSTU 46.004-99, baker's yeast pressed according to GOST 171-81, drinking water according to DSanPiN 2.2.4-171-10, white crystalline sugar according to DSTU 4623:2006, aslt according to DSTU 3583-97, cooking fat according to GOST 28414-89, dry egg powder according to GOST 30363-96, Secondary products of potato processing were obtained at potato storage facilities in Kyiv, dry potato additive the laboratory. The objects of research were: dry potato additive, model systems containing dry potato additive in different ratios; yeast semi-finished product is made in an accelerated way. The organizational aspects of the scientific work consisted in conducting a series of studies aimed at studying the characteristics of the initial components, selecting rational ratios of prescription components, organoleptic, physicochemical, structural and mechanical properties, technological indicators of the semi-finished product and products based on it, establishing the possibility of practical use of the developed technology in working conditions

2.2. Research methods

Studies of the organoleptic, physicochemical and microbiological characteristics of model systems, semi-finished products and culinary products were carried out using modern methods according to standard methods using appropriate instruments. The selection of samples and their

²⁰ Козлова С. Г. Разработка ускоренной технологии дрожжевого теста с использованием микробного экзополисахарида ксампана: дис. канд. техн. наук. Харьков, 2001. 168 с.

²¹ Potato peels: A potential food waste for amylase production / Q. Mushtaq et. al. // Journal of Food Process Engineering. 2016. Vol. 40, Issue 4. P. e12512. doi: 10.1111/jfpe.12512

²² Hammond J. Yeast growth and nutrition / ed. by K. Smart // Brewing Yeast Fermentation Performance. Oxford: Oxford Brookes University Press, 2000. P. 77–85.

²³ Попова С. Ю. Дослідження фракційного складу цукрів вторинних продуктів переробки картоплі. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2015. Т. 5, № 6 (77). С. 23–28. doi: 10.15587/1729-4061.2015.51551

preparation for research was carried out according to the standard method. Yeast zymase and maltase activity was determined according to the standard method and expressed in minutes, which was spent to release 10 cm³ of carbon dioxide during fermentation of 5% glucose or maltose solution. Counting the number of yeast cells – using the Goryaev camera. Experimental studies of SPPP drying were carried out by the radiation method in a thin fixed layer on a fluoroplastic surface, which ensures that the product does not stick to the plate surface. The final moisture content of DPA was determined by drying to constant weight using a drying cabinet SNOL 3.5.3.5.3.5/3.5 I2. The study of the fractional composition of sugars in SPPP was carried out by the spectropolarimetric method. Determination of the lifting force of yeast dough samples was carried out by an accelerated method according to the standard method. The quantity and quality of gluten were determined according to GOST 27839-88, the physical properties of gluten were studied on a БДК-1 device. When selecting samples and preparing them for research, let's guide by the requirements of the current DSTU.

2.3. Processing of research results

The results of experimental studies were subjected to statistical processing by the method of minimum squares to determine the error of the data obtained. For the series of each experiment, the average value of the indicator was calculated using the formula:

$$\bar{Y} = \left[\sum_{i=1}^k N_i \times Y_i \right] \div N, \quad (2.1)$$

where \bar{Y} – arithmetic mean of the result; Y_i – value of the result in each experiment; N – the number of parallel experiments.

Next, the dispersions of the arithmetic mean value of the result S^2 were evaluated for each series of experiments according to the formula:

$$S^2 = \left[\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \right] \div (N - 1), \quad (2.2)$$

The research results were processed by the methods of mathematical statistics using a PC.

3. Substantiation of technological parameters obtaining dry potato additive from secondary products of potato raw processing

3.1. Substantiation of technological parameters for the preparation and processing of secondary products of potato processing

The working hypothesis of this work involves the development of an accelerated technology for semi-finished yeast products by adding SPPP into the recipe in order to intensify the technological process of their production. In fig. 3.1, a model of the technological process for obtaining DPA from SPPP is proposed, which determines the strategy for further research.

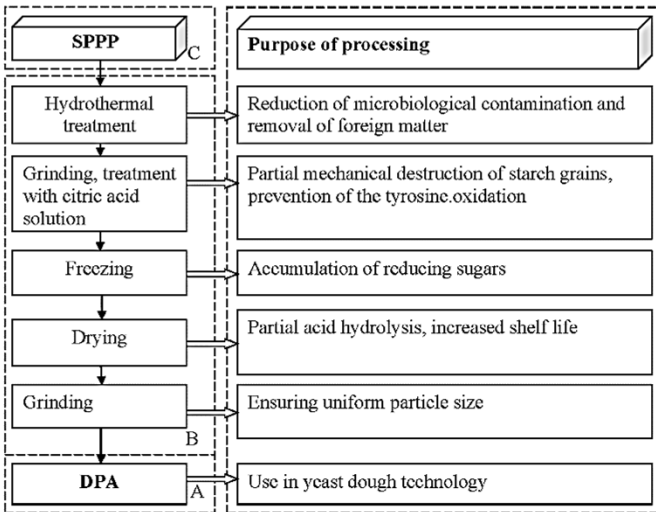


Fig. 3.1 Model of the technological process for obtaining DPA from SPPP

The above model provides for: the use of SPPP (subsystem C), which makes it possible to rationally use secondary raw materials, as well as the development of a fundamentally new technology for obtaining a sweetener from starch-containing raw materials. Subsystem B includes the substantiation and regulation of the course of the technological process for obtaining DPA. Subsystem A determines the possibility of using SHD in the production of yeast dough when extracting part of the sugar from the recipe. After previous studies on the establishment of rational modes for

obtaining DPA from SPPP^{24,25,26}, the technological scheme for obtaining a dry potato additive received the following form (Fig. 3.2)

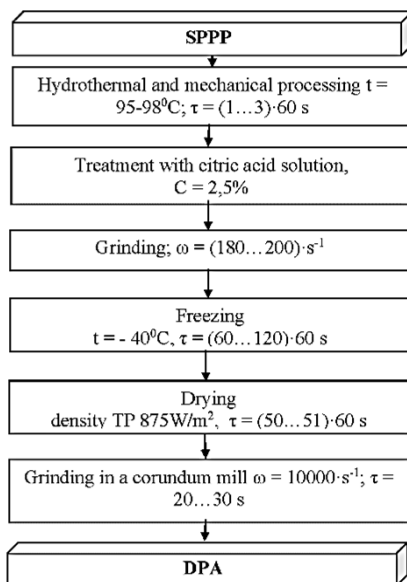


Fig. 3.2 Scheme of the technological process for obtaining DPA from SPPP

Also, on the basis of previous studies²⁷, the DPA effect on the parameters of pre-activation of yeast was substantiated. The analysis of the obtained results showed that the DPA addition into the activation medium makes it possible to reduce the lag phase to 1 hour, that is, the adaptation of yeast cells in the presence of the additive occurs much more intensively. The average

²⁴ Попова С. Ю. Дослідження показників якості та безпеки сухої добавки отриманої із вторинних продуктів переробки картоплі. Наукові праці ОНАХТ. 2015. № 48. С. 68–71.

²⁵ Льдірова С. К., Левіт І. Б., Попова С. Ю. Дослідження впливу вмісту полісахаридів в крохмальовмісній сировині під дією низькотемпературної обробки. Харчова наука і технологія. Науково-виробничий журнал. 2012. № 1(18). С. 65–67.

²⁶ Радіаційне сушіння пюре з картопляних відходів / А. М. Поперечний та ін. // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки. 2011. № 1 (52). С. 135–141.

²⁷ Попова С. Ю., Никифоров Р. П., Слащева А. В. Оптимізація процесу попередньої активації дріжджів. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2015. Т. 4, № 4 (25). С. 29–35. doi: 10.15587/2312-8372.2015.51760

specific yeast growth rate for the “yeast: water: DPA” sample is $0.45...0.46 \cdot 60s^{-1}$, for the “yeast: water: sugar” sample – $0.36...0.37 \cdot 60s^{-1}$, for “yeast: water: flour” sample – $0.24...0.25 \cdot 60s^{-1}$ and for the “yeast: water” sample – $0.16...0.17 \cdot 60s^{-1}$. The stimulating effect of DPA can be explained by the presence of simple sugars in the composition.

3.2. Study of the chemical composition of dry potato additive

The next stage of research was the study of the general chemical composition of DPA. Conducted experimental studies have established the content of moisture, starch, reducing sugars and minerals. Table 3.1 shows the chemical composition of DPA.

Table 3.1

Chemical composition of DPA after drying ($X \pm m$, $m \leq 0,05$)

Name of indicators	The content of the DPA constituent substances after drying
Humidity, %	12,0
Ash, %	1,15
Starch, %	8,0
Dextrins, %	0,1
Reducing sugars (%), including:	5,0
Sucrose	0,04
Glucose	1,52
Fructose	1,47
Maltose	2,04
Protein (%), including:	7,26
Valine	0,24
Isoleucine	0,06
Leucine	0,15
Lysine	0,16
Threonine	0,24
Cystine + glycine	0,36
Phenylalanine + tyrosine	0,27
Arginine	0,54
Minerals (mg/100 g), including:	
Calcium	10,02
Potassium	568,24
Magnesium	23,07
Sodium	28,12
Phosphorus	58,09
Ferum mcg/100 g	887,31
Zinc mcg/100 g	357,31
Manganese, mcg/kg	154,36
Copper, µg/kg	170,24
Cobalt, mcg/kg	5,36

The results of studies of the DPA chemical composition showed that the resulting additive contains sugars in its compound, the most specific weight of which is glucose, fructose and maltose. It is known that proteins significantly improve the vital activity of yeast cells; studies of the DPA amino acid composition indicate that the additive contains amino acids necessary for the metabolism of yeast cells²⁸.

It should be noted that the presence of amino acids in the yeast preactivation medium will promote the process of reproduction and budding of yeast²⁹.

Also, studies of the DPA mineral composition proved that the resulting product contains such biogenic substances as K, Ca, P, which affect the metabolism of yeast cells, as well as Zn, Cu, Co, Fe, Mn, etc., necessary for growth.

4. Influence of dry potato additive on the technological process of yeast dough production and investigation of its quality

4.1. Study of the effect of dry potato additive on the biotechnological properties of baking yeast *Saccharomyces cerevisiae*

An important technological significance in the production of yeast dough is the quality of the used baking yeast *Saccharomyces cerevisiae*. The effectiveness of the DPA influence on the dynamics of growth and reproduction of baker's yeast was carried out by determining the total amount of yeast using the microbiological method. The studies were carried out on four model systems (Figure 4.1): “yeast: water”, “yeast: water: sugar”, “yeast: water: DPA” and “yeast: water: flour”. The concentration of sugar, flour, and DPA in a solution of yeast with water was 1:5 according to³⁰.

The analysis of the obtained results shows that the DPA addition into the activation medium makes it possible to reduce the lag phase to 1×60^2 s, i.e., the adaptation of yeast cells in the presence of the additive occurs more intensively than in samples of the yeast medium with sugar and flour. In addition, the DPA presence makes it possible to increase the rate of cell reproduction compared to other samples during their logarithmic growth. The stimulating effect of DPA can be explained by the presence of simple

²⁸ Aghar A. Effect of modified whey protein concentrates on physical, thermal and rheological properties of frozen dough: doctoral dissertation. Faisalabad, 2009. 204 p.

²⁹ Jooyandeh R. Evaluation of physical and sensory properties of Iranian Lavash flat bread supplemented with precipitated whey protein (PWP). African Journal of Food Science. 2009. Vol. 3, Issue 2. P. 28–34.

³⁰ Шестаков С. Д., Волохова Т. П. Новая эффективная технология активации хлебопекарных дрожжей. Хлебопечение России. 2000. № 6. С. 33–34.

sugars – fructose and glucose, as well as a sufficient amount of maltose. First, the yeast ferments simple sugars, and then changes to maltose fermentation already during the pre-activation period, which has a positive effect on the intensification of the gas formation process when all dough components are combined ³¹.

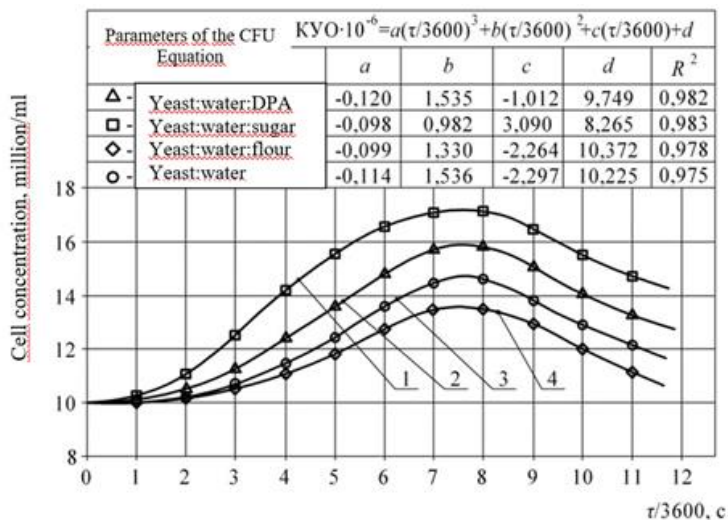


Fig. 4.1 Dynamics of reproduction of yeast cells depending on the type of nutrient medium

Based on the results obtained above, it is also possible to envisage an improvement in the indicators of winter activity. But, along with glucose, yeast dough also contains maltose, which, as it is known, is not directly absorbed by yeast, but is converted into glucose with the help of the fermentation enzyme produced by yeast, maltase (α -glucosidase).

The intensity of the energy metabolism of activated yeast was assessed by the rate of fermentation of hydrogen solutions of glucose and maltose, Fig. 4.2. The DPA concentration was varied as a percentage of the flour mass; yeast with sugar was used as a control sample.

³¹ Exploring the effect of dry protein-carbohydrate semi-finished product on the structural-mechanical properties of yeast dough obtained by the accelerated technique / S. Popova et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 5, Issue 11 (83). P. 39–45. doi: 10.15587/1729-4061.2016.81212

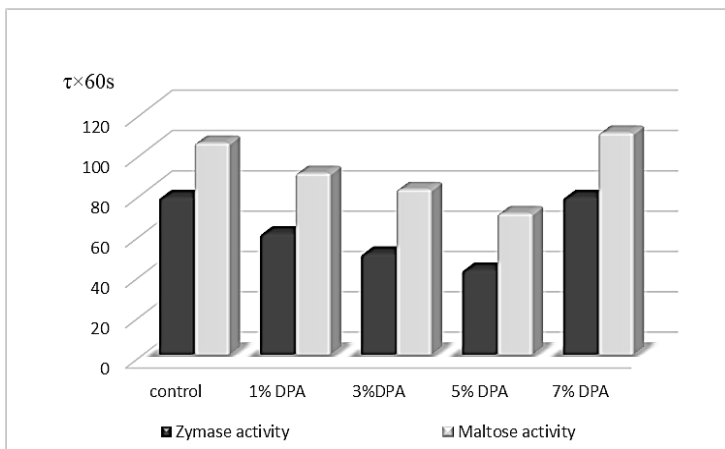


Fig. 4.2. Dynamics of dependence of winter and maltase activity on the DPA concentration

Analysis of the data obtained indicates that the zymase activity of the studied samples with a concentration of DPA 1; 3 and 5% improves by 16; 29 and 35%, respectively, and maltase – by 13; 21 and 32%, respectively, compared to the control sample. It should be noted that an increase in the concentration of DPA to 7% negatively affects the vital activity of yeast cells. This occurs due to an increase in the viscosity of the activation medium, as well as a high concentration of acid contained in the additive, which, in turn, contributes to the inhibition of the process of activation of the yeast enzyme system.

Therefore, the obtained results indicate that the DPA addition at a concentration of 5% to the flour mass improves the lifting power of the dough and accelerates the time of the first rise, in contrast to the control sample. This aspect makes it possible to predict the reduction in the time of the technological process of dough proofing, as well as the extraction from the prescription sugar.

4.2. Study of the functional and technological properties of the semi-finished product

Assessment of the state and properties of gluten dough using dry potato additive.

The leading role in the formation of wheat dough belongs to the protein substances of flour and starch, which can swell in the presence of water. However, these flour components have different water absorption

capacity, which largely depends on the temperature and chemical composition of the liquid phase of the dough, the structure of the protein and the condition of the starch grains. That is why it is important to determine how DPA polysaccharides affect the state of the protein-proteinase complex of flour. The quality and quantity of gluten were determined in the samples after 20 minutes of rest after kneading the dough at a temperature of 30°C, which is optimal for ensuring maximum swelling of gluten proteins.

The dough was kneaded at the same duration and intensity of the process, since redox reactions play a significant role in the formation and preservation of the properties of the structural framework of the dough. Stirring the dough in an air atmosphere causes the oxidation of sulfhydryl groups by oxygen with the formation of disulfide bonds, including transverse ones, which strengthens the structure of the protein.

The research results in Table 4.1 indicate that the DPA addition to the dough leads to an increase in the yield of dry gluten by 2-7%. A direct dependence of the yield of dry gluten on the concentration of the additive was also noted. Elasticity indicators grow by 15%. There is also an increase in the extensibility of gluten by 16%.

Table 4.1

DPA impact on the quality of dough gluten ($\bar{X} \pm m, m \leq 0,05$)

Indicator	Additive concentration in % by weight of flour				
	0%	1%	3%	5%	7%
Physical properties of raw gluten					
Yield of crude gluten, %	32,2	32,9	34,8	35,6	37,0
Elasticity (B/ДК-1) units.	59	60	62	68	70
Extensibility, cm	10	10,2	10,5	10,6	12
Yield of dry gluten, %	12,0	12,3	12,5	12,6	13,0
Moisture content, %	63	64	64	64	62
Organoleptic properties of raw gluten					
Color	Light	Light cream			Cream
Elasticity	Good				Average

It should be noted that the use of the additive contributes to an increase in the amount of raw gluten by 2-13% compared to the control. This phenomenon is most likely associated with the interaction of SH-groups

of proteins with organic acids of the additive and a partial content of polysaccharides in gluten.

4.3. Schematic diagram of the accelerated technology of the yeast semi-finished product

On the basis of a series of previous studies, a basic technological scheme for the production of a yeast semi-finished product with the DPA addition at the stage of yeast activation has been developed. 4.3.

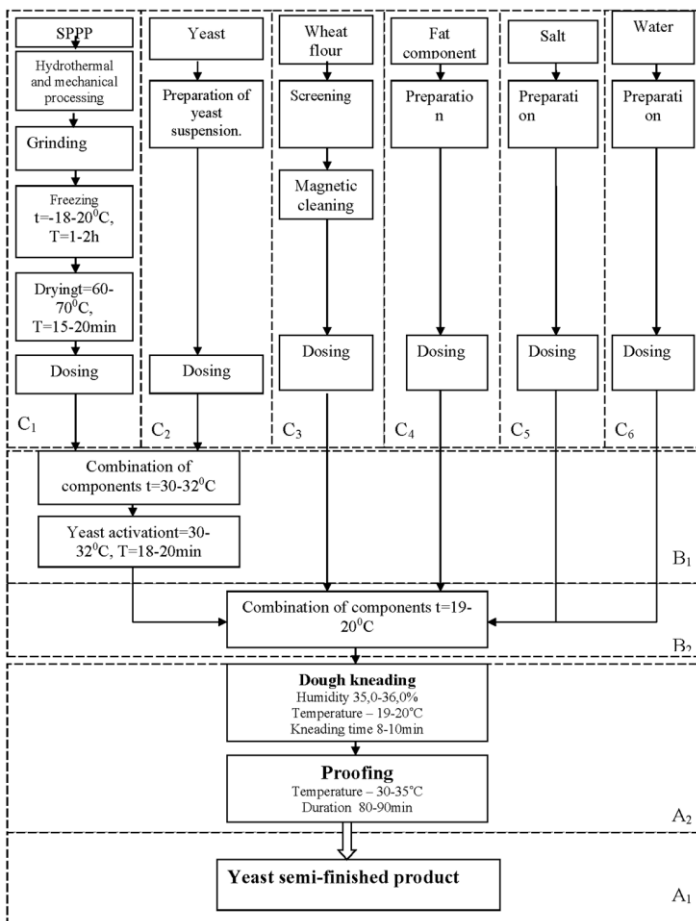


Fig. 4.3. Schematic diagram of the accelerated technology of the yeast semi-finished product

4.4. Consumer properties of yeast products using dry potato additives.

To study the DPA effect of on the main indicators of the quality of bakery products, trial laboratory baking was carried out.

The control samples of the dough were prepared in a non-dough way with sugar, the studied samples - in an accelerated way with the introduction of an additional operation – preliminary activation of yeast in a medium with the DPA addition with a concentration of 1-7% without the sugar provided for in the recipe. The next stage of research was the establishment of physicochemical and organoleptic quality indicators of control and test samples. During laboratory baking, DPA was added to the recipe in the amount of 1; 3; 5 and 7% by weight of flour, the mass of dough pieces was 200 grams.

The study of the quality indicators of products was carried out 4×60^2 s after baking. The research results are presented in Table 4.2.

Table 4.2

Physico-chemical quality indicators and general bakery evaluation of products ($\bar{X} \pm m, m \leq 0,05$)

Indicator	DPA mass fraction %, by weight of flour				
	Control	1%	3%	5%	7%
Physical and chemical indicators of product quality					
Humidity, %	43,1	43,2	43,1	43,1	43,3
Specific volume, cm ³ /g	3,56	3,62	3,74	4,11	3,61
Form stability N/A	0,39	0,41	0,42	0,44	0,40
Porosity, %	68,0	71,0	73,0	74,0	67,0
Acidity, hail	3,0	3,0	3,1	3,3	3,6
The value of baking, %	9,1	9,0	9,0	8,9	9,0
Desiccation value, %	4,4	4,3	4,3	4,2	4,5
Organoleptic indicators of product quality					
Crust color	Light	light yellow			Brown
Appearance of the crust	Convex, without tears and cracks				
The nature of the crumb on the cut	White with good elasticity	Cream with good elasticity			Cream with medium elasticity
Porosity status	Fine, uniform, medium thickness			Fine, fairly uniform, medium thickness	
Taste and aroma of products	Specific to this type of product				Somewhat specific

The research results show that the DPA addition to the formulation of the accelerated technology of flour products leads to a decrease in the baking of finished products by 2-16%, as well as an increase in the moisture content of the crumb of products by 2-3%. When adding DPA in the amount of 1; 3 and 5% by weight of flour, there is an increase in the specific volume of products by 13-16%. Also, the form stability of products is increased by 3–11%, porosity by 4–8% compared with control samples.

Based on the results of technological studies, 4 technologies of flour culinary products were developed using the developed semi-finished product from yeast dough, recommended for widespread implementation in the practice of restaurant enterprises.

Prospects for further research in this direction are to determine the nutritional value of the developed flour culinary products.

CONCLUSIONS

1. An analysis of literary sources shows that the most promising direction for the development of bakery production is the development of new product technologies with a simplified or shortened production cycle.

2. On the basis of the conducted studies, the parameters and modes of the process for obtaining DPA from SPPP have been determined and a technological scheme was developed. It has been established that DPA contains important macro- and microelements, as well as a sufficient amount of protein necessary for the growth of yeast cells.

3. It has been determined that the DPA addition into the activation medium accelerates the adaptation of yeast cells. The DPA addition at a concentration of 5% to the mass of flour improves the lifting force of the dough and accelerates the time of the first rise, in contrast to the control sample.

4. A basic technological scheme of yeast dough made in an accelerated way has been developed, rational parameters of the technological process for its production have been determined. Researches of physicochemical and organoleptic indicators of quality of yeast products have been carried out.

SUMMARY

Analysis of literary sources showed that the most promising direction for the development of bakery production is the development of new product technologies with a simplified or shortened production cycle. After all, the main disadvantage of yeast dough products is the duration of the technological process. Therefore, many Ukrainian and foreign researchers have devoted their scientific research to improving the

technology of yeast dough. The elimination of this disadvantage becomes possible due to the intensification of the technological process, namely: the introduction of accelerated technologies for the preparation of yeast dough and the improvement of the biotechnological properties of yeast, including the preliminary activation of yeast. As a nutrient medium for yeast, the use of an additive obtained from secondary products of potato processing (SPPP) is proposed. It has been proven that the use of this additive in the technology of products from yeast dough will allow rational use of raw materials, but also create an accelerated technology of yeast dough without the use of hazardous substances.

REFERENCES

1. Rosell C. M. Nutritionally enhanced wheat flours and breads. *Breadmaking*. Woodhead Publishing Limited, 2012. P. 687–710. doi: 10.1533/9780857095695.4.687
2. Cauvain S. P. *Bread: Breadmaking Processes*. Encyclopedia of Food and Health. Elsevier, 2016. P. 478–483. doi: 10.1016/b978-0-12-384947-2.00087-8
3. Huang S., Miskelly D. Optional Ingredients for Dough. *Steamed Breads*. Elsevier, 2016. P. 47–63. doi: 10.1016/b978-0-08-100715-0.00004-5
4. Furlán L. T., Padilla A. P., Campderrós M. E. Improvement of gluten-free bread properties by the incorporation of bovine plasma proteins and different saccharides into the matrix. *Food Chemistry*. 2015. Vol. 170. P. 257–264. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.08.033
5. Васильченко А. Состояние и перспективы развития хлебопекарной промышленности в Украине. *Пищевая наука и технология*. 2009. № 1. С. 5–8.
6. Алферов А. Рынок хлеба и хлебобулочных изделий: реали, перспективы, тенденции развития. *Хлебопродукты*. 2009. № 2. С. 60–61.
7. Васюкова А. Т., Пучкова В. Ф. *Современные технологии хлебопечения: уч.-практ. пос. Москва: Издательско-торг. корпорация «Дашков и К°», 2009. 223 с.*
8. Пучкова Л. И. *Хлебобулочные изделия: учеб.-метод. пос. Москва: МГУПП, 2000. 59 с.*
9. Новые источники биологически активных компонентов для производства хлеба / Т. Е. Лебеденко и др. // *Зернові продукти і комбікорми*. 2011. № 3. С. 23–28.

10. Ефективність використання пектиновмісної дикорослої сировини у хлібопеченні / Т. Є. Лебеденко та ін. // Наукові праці ОНАХТ. 2014. Т. 1, № 46. С. 121–127.

11. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. Київ: Техніка, 2006. 408 с.

12. Современные подходы к выбору способа приготовления пшеничного хлеба / Т. Е. Лебеденко и др. // Пищевая наука и технология. 2010. № 1 (10). С. 46–52.

13. Gelinas P. Mapping early patents on baker's yeast manufacture. *Comprehensive Reviewing in Food Science and Food Safety*. 2010. Vol. 9, Issue 5. P. 483–497. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00122.x

14. Півоваров О. А., Миколенко С. Ю., Тищенко Г. П. Мікроструктурні особливості тіста на основі розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1 (18). С. 67–70.

15. Лебеденко Т. Є., Кожевнікова В. О., Соколова Н. Ю. Удосконалення процесу активації дріжджів шляхом використання фіто добавок. *Харчова наука і технологія*. 2015. Т. 9, № 2 (31). С. 25–33. doi: 10.15673/2073-8684.31/2015.44264

16. Пат. № 66097 UA. Композиція інгредієнтів для приготування хліба пшеничного. МПК А21D 8/02 (2006.01) / Т. Є. Лебеденко та ін.; заявник та патентовласник Одеська національна академія харчових технологій. № u201106371; заявл. 23.05.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24. 2 с.

17. Пат. № 54219 UA. Спосіб активації пресованих хлібопекарських дріжджів: Україна, МПК С 12 N 1/18 / В. І. Дробот та ін.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. № 2002064865; заявл. 13.08.2002; опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2. 8 с.

18. Пат. № 35433 UA. Спосіб виробництва дріжджового тіста. МПК А 21 D 8/00, 8/02 / С. Г. Козлова та ін.; заявник та патентовласник Харківська державна академія технологій та організації харчування. № 99105595; заявл. 13.10.1999; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2. 3 с.

19. Пат. № 50178 UA. Спосіб одержання дріжджового тіста. МПК А 21 D 8/02 / О. М. Сафонова та ін.; заявник та патентовласник О. М. Сафонова, Т. В. Гавриш, Ф. В. Перцевий, І. А. Панченко. № 2001117630; заявл. 08.11.2001; опубл. 15.10.2002, Бюл. № 10. 2 с.

20. Козлова С. Г. Разработка ускоренной технологии дрожжевого теста с использованием микробного экзополисахарида ксампана: дис. канд. техн. наук. Харьков, 2001. 168 с

21. Potato peels: A potential food waste for amylase production / Q. Mushtaq et. al. // *Journal of Food Process Engineering*. 2016. Vol. 40, Issue 4. P. e12512. doi: 10.1111/jfpe.12512

22. Hammond J. Yeast growth and nutrition / ed. by K. Smart // *Brewing Yeast Fermentation Performance*. Oxford: Oxford Brookes University Press, 2000. P. 77–85

23. Попова С. Ю. Дослідження фракційного складу цукрів вторинних продуктів переробки картоплі. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2015. Т. 5, № 6 (77). С. 23–28. doi: 10.15587/1729-4061.2015.51551

24. Попова С. Ю. Дослідження показників якості та безпеки сухої добавки отриманої із вторинних продуктів переробки картоплі. Наукові праці ОНАХТ. 2015. № 48. С. 68–71.

25. Ільдірова С. К., Левіт І. Б., Попова С. Ю. Дослідження впливу вмісту полісахаридів в крохмальвмісній сировині під дією низькотемпературної обробки. Харчова наука і технологія. Науково-виробничий журнал. 2012. № 1(18). С. 65–67.

26. Радіаційне сушіння поре з картопляних відходів / А. М. Поперечний та ін. // *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки*. 2011. № 1 (52). С. 135–141.

27. Попова С. Ю., Никифоров Р. П., Слащева А. В. Оптимізація процесу попередньої активації дріжджів. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2015. Т. 4, № 4 (25). С. 29–35. doi: 10.15587/2312-8372.2015.51760

28. Aghar A. Effect of modified whey protein concentrates on physical, thermal and rheological properties of frozen dough: doctoral dissertation. Faisalabad, 2009. 204 p

29. Jooyandeh R. Evaluation of physical and sensory properties of Iranian Lavash flat bread supplemented with precipitated whey protein (PWP). *African Journal of Food Science*. 2009. Vol. 3, Issue 2. P. 28–34.

30. Шестаков С. Д., Волохова Т. П. Новая эффективная технология активации хлебопекарных дрожжей. *Хлебопечение России*. 2000. № 6. С. 33–34.

31. Exploring the effect of dry protein-carbohydrate semi-finished product on the structural-mechanical properties of yeast dough obtained by the accelerated technique / S. Popova et. al. // *Eastern-European Journal*

of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 5, Issue 11 (83). P. 39–45.
doi: 10.15587/1729-4061.2016.81212

Information about the authors:

Popova Svitlana Yuriivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Hospitality and Restaurant

Management and Tourism

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

15, Geroiv Oborony str., Kyiv, 03041, Ukraine

Hopkalo Larysa Mykhailivna,

Candidate of Economic Sciences,

Associate Professor at the Department of Hospitality and Restaurant

Management and Tourism

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

15, Geroiv Oborony str., Kyiv, 03041, Ukraine

The project was implemented with the support of



The Center for Ukrainian and European Scientific Cooperation is a non-governmental organization, which was established in 2010 with a view to ensuring the development of international science and education in Ukraine by organizing different scientific events for Ukrainian academic community.

The priority guidelines of the Center for Ukrainian and European Scientific Cooperation

1. International scientific events in the EU

Assistance to Ukrainian scientists in participating in international scientific events that take place within the territory of the EU countries, in particular, participation in academic conferences and internships, elaboration of collective monographs.

2. Scientific analytical research

Implementation of scientific analytical research aimed at studying best practices of higher education establishments, research institutions, and subjects of public administration in the sphere of education and science of the EU countries towards the organization of educational process and scientific activities, as well as the state certification of academic staff.

3. International institutions study visits

The organisation of institutional visits for domestic students, postgraduates, young lecturers and scientists to international and European institutes, government authorities of the European Union countries.

4. International scientific events in Ukraine with the involvement of EU speakers

The organisation of academic conferences, trainings, workshops, and round tables in picturesque Ukrainian cities for domestic scholars with the involvement of leading scholars, coaches, government leaders of domestic and neighbouring EU countries as main speakers.

Contacts:

Head Office of the Center for Ukrainian and European Scientific Cooperation:
88000, Uzhhorod, 25, Mytraka str.
+38 (099) 733 42 54
info@cuesc.org.ua

www.cuesc.org.ua

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT:
DEVELOPMENT PROSPECTS
OF THE FOOD AND RESTAURANT INDUSTRIES**

Scientific monograph

Izdevniecība “Baltija Publishing”
Valdeķu iela 62 – 156, Rīga, LV-1058
E-mail: office@baltijapublishing.lv

Iespiests tipogrāfijā SIA “Izdevniecība “Baltija Publishing”
Parakstīts iespiešanai: 2022. gada 30. marts
Tirāža 120 eks.