
ТЕХНОЛОГІЯ СИРНОГО ПРОДУКТУ, ЗАМОРОЖЕНОГО З ДОДАВАННЯМ КОНЦЕНТРАТУ ЯДРА АРАХІСУ

М о н о г р а ф і я

За ред. П. В. Гурського, Ф. В. Перцевого

м. Суми-Харків
Україна

м. Вроцлав
Польща

м. Брашов
Румунія



Суми
Університетська книга
2016

УДК 637.3:634.58
ББК 36.95
Т 38

Рецензенти:

Сирохман І.В., д.т.н., професор, завідувач кафедри товарознавства продтоварів Львівської комерційної академії;

Кравченко М.Ф., д.т.н., професор, завідувач кафедри технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету;

Оболкіна В.І., д.т.н., професор, професор кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій

Автори: **Обозна М.В.**, к.т.н., доцент, СНАУ, Україна (підрозділи 2.2, 3.1, 3.6, 4.1); **Бідюк Д. О.**, к.т.н., доцент, СНАУ, Україна (підрозділи 3.3, 4.2); **Перцевой М. Ф.**, к.т.н., Україна (2.1, 3.4); **Гурський П. В.**, к.т.н., професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Україна (2.4, 3.5); **Шильман Л. З.**, к.т.н., професор, СНАУ, Україна (2.5, 3.2); **Гарнцарек Б. Ч.**, к.т.н., старший викладач, Економічний університет у Вроцлаві, Польща (1.1, 1.2); **Гарнцарек З. Е.**, д.с.-г.н., професор, Економічний університет у Вроцлаві, Польща (1.3, 1.5); **Бірка Адріана**, к.т.н., професор, Університет «Георге Баріциу» в Брашові, Румунія (1.4, 2.3); **Перцевой Ф. В.**, д.т.н., професор, завідувач кафедри технології харчування, СНАУ, Україна (вступ і головна редакція розділів)

Технологія сирного продукту, замороженого з додаванням концентрату ядра арахісу : монографія / **Обозна М. В., Бідюк Д. О., Перцевой М. Ф.** та ін. ; за ред. **П. В. Гурського, Ф. В. Перцевого.** — Суми : Університетська книга, 2016. — 158 с.

ISBN 978-966-680-780-2

У монографії висвітлено новий спосіб отримання комбінованого молочно-рослинного виробу – м'якого сичужного сирного продукту, виготовленого за традиційною технологією та із застосуванням заморожування. Новий сирний продукт володіє покращеними органолептичними характеристиками, сталими фізико-хімічними властивостями, високою біологічною цінністю, зниженою собівартістю виробництва, безперервністю знаходження на споживчому ринку, що досягається інноваційним рішенням – сумісним використанням низки властивостей сухого знежиреного молока, концентрату ядра арахісу, борошна кукурудзяного та заморожування.

Призначено для викладачів, аспірантів і студентів, які займаються науковою роботою та розробкою новітніх технологій у галузі харчових технологій.

УДК 637.3:634.58
ББК 36.95

- © **Обозна М.В., Бідюк Д.О., Перцевой М.Ф.** та ін., 2016
- © Сумський національний аграрний університет (Україна), 2016
- © Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (Україна), 2016
- © Економічний університет (Вроцлав, Польща), 2016
- © Університет «Георге Баріциу» (Брашов, Румунія), 2016
- © ТОВ «ВТД «Університетська книга», оформлення, 2016

ISBN 978-966-680-780-2

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БК – борошно кукурудзяне

ВУЗ – вологоутримуюча здатність

ЖУЗ – жирутримуюча здатність

ККФК – казеїнаткальційфосфатний комплекс

КЯА – концентрат ядра арахісу

СЗМ – сухе знежирене молоко

СПМ – сирний продукт м'який

ФАО/ВООЗ – всесвітня організація охорони здоров'я

ФТВ – функціонально-технологічні властивості

ЯМР – ядерно-магнітний резонанс

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА СИРНИХ ПРОДУКТІВ З РОСЛИННИМИ ДОБАВКАМИ.....	9
1.1. Сучасний стан молочної галузі.....	9
1.2. Аналіз технологічних і фізико-хімічних аспектів виробництва сирів і сирних продуктів.....	10
1.2.1. Перспективи використання сухого знежиреного молока в технології сирних продуктів.....	11
1.2.2. Аналіз обсягів виробництва та фізико-хімічних основ технологічного процесу виробництва сирних продуктів.....	12
1.3. Аналіз напрямків і сучасних технологій розробки сирних продуктів.....	17
1.4. Актуальність залучення рослинних компонентів до технологій сирних продуктів.....	18
1.4.1. Особливості використання рослинних білків.....	19
1.4.2. Використання зернових компонентів і крохмалевмісної сировини.....	24
1.4.3. Перспективи залучення олійрослинної.....	27
1.5. Вплив режимів заморожування на якість сирних продуктів.....	28
РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СИРНОГО ПРОДУКТУ М'ЯКОГО З РОСЛИННИМИ ДОБАВКАМИ.....	32
2.1. Вивчення функціонально-технологічних властивостей основних видів рослинної сировини.....	32
2.2. Дослідження органолептичних показників модельної системи сирного продукту м'якого та засади розробки рецептури.....	35
2.3. Вивчення зміни поверхневих явищ модельної системи сирного продукту м'якого.....	42
2.4. Дослідження структурно-механічних властивостей модельної системи сирного продукту м'якого.....	46
2.5. Дослідження змін зв'язку вологи модельної системи сирного продукту м'якого.....	55
2.5.1. Дослідження ВУЗ.....	56
2.5.2. Дослідження зміни вологості залежно від тривалості дії високої температури.....	62
2.5.3. Визначення кінетичних параметрів ендотермічних процесів.....	65
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СИРНОГО ПРОДУКТУ М'ЯКОГО ТА ВИВЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЙОГО ЯКОСТІ.....	69
3.1. Розробка рецептури та технології сирного продукту м'якого.....	69
3.2. Визначення хімічного складу сирного продукту м'якого.....	75

3.3. Дослідження білкового складу сирного продукту м'якого.....	80
3.4. Вивчення біологічної цінності сирного продукту м'якого.....	84
3.4.1. Визначення амінокислотного скору.....	84
3.4.2. Дослідження перетравлювання білків в умовах <i>in vitro</i>	85
3.5. Дослідження структурно-механічних властивостей сирного продукту м'якого.....	86
3.6. Вивчення впливу термічної обробки на технологічні властивості сирного продукту м'якого.....	93
3.6.1. Зміна термостійкості.....	93
3.6.2. Зміна температури плавлення.....	98
РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СИРНОГОПРОДУКТУ М'ЯКОГО ПРОТЯГОМ ЗБЕРІГАННЯ ТА ЗАМОРОЖУВАННЯ.....	101
4.1. Дослідження змін властивостей сирного продукту м'якого протягом зберігання.....	101
4.1.1. Вивчення мікробіологічних показників.....	101
4.1.2. Дослідження фізико-хімічних змін.....	102
4.1.3. Дослідження текстурних властивостей.....	106
4.1.4. Дослідження ВУЗ.....	108
4.1.5. Визначення зміни ЯМР.....	111
4.1.6. Дослідження впливу низьких температур на вміст вільної та зв'язаної вологи.....	113
4.1.7. Динаміка втрати маси сирним продуктом м'яким у процесі зберігання.....	116
4.2. Дослідження впливу заморожування на зміну властивостей сирного продукту м'якого.....	119
4.2.1. Вивчення мікробіологічних показників у процесі низькотемпературного зберігання сирного продукту м'якого.....	119
4.2.2. Дослідження фізико-хімічних змін сирного продукту м'якого в процесі низькотемпературного зберігання.....	121
4.2.3. Дослідження текстурних властивостей сирного продукту м'якого після низькотемпературного зберігання.....	122
4.2.4. Дослідження ВУЗ сирного продукту м'якого після низькотемпературного зберігання.....	124
4.2.5. Дослідження хімічного складу сирного продукту м'якого після низькотемпературного зберігання.....	126
4.2.6. ІЧ-спектроскопійний аналіз сирного продукту.....	128
4.2.7. Дослідження мікроструктури сирного продукту.....	131
Висновки.....	138
Список літератури.....	140

ВСТУП

Сьогодні споживання традиційних харчових ресурсів у світі досягло великих масштабів і продовжує зростати. Отже, виникає загроза нестачі окремих видів харчової сировини внаслідок, з одного боку, нерационального використання сировинних ресурсів, а з іншого – їх дефіциту через фізичне виснаження природних рослинних родовищ, скорочення поголів'я тварин, тощо. Особливо гостро в світовій практиці відчутний дефіцит білків. Тому, перед виробниками, наразі, стоїть проблема забезпечення населення новітньою харчовою сировиною, різноманітними напівфабрикатами та готовою продукцією в контексті вимог здорового харчування та існуючого білкового дефіциту.

Сучасні споживачі все більш активно вживають здорову їжу або дотримуються альтернативних видів харчування. Внаслідок цього ринок харчових продуктів відрізняється значною різноманітністю та сталим прагненням до розширення асортименту вже існуючих харчових продуктів і створення нових шляхом опанування нетрадиційної сировини та новітніх технологій. Сьогодні перспективним напрямком розвитку міжнародного харчового ринку є виробництво комбінованих молочно-рослинних харчових продуктів – важливої ланки здорового харчування. Серед них особливою популярністю користуються сичужні сирні продукти, виробництво яких ще не набуло визнаної популярності в країнах СНД.

В Україні скорочення обсягів товарного молока, що спостерігається останнім часом, призвело до зниження темпів росту та рентабельності виробництва молочної продукції. Тому, в умовах відчутного дефіциту сиропридатного молока в Україні, особливо актуальним напрямком є забезпечення стабільної якості продуктів сироваріння в умовах наявної та доступної сировинної бази. Перш за все, використання сухого знежиреного молока, як молочної основи сирних продуктів, дозволить стабілізувати їх якість та уникнути негативного впливу сезонності внаслідок сталого хімічного складу сухого молока. По-друге, логічним шляхом вирішення проблеми нестачі білку є опанування нових джерел білкових ресурсів. У зв'язку з цим перспективною сировиною є горіхоплідні – джерело повноцінного рослинного білка.

Особливе місце займає арахіс, який відрізняється значним вмістом білка, мінеральних речовин, вітамінів. В арахісі містяться поліфеноли (ресвератрол та ін.), які відіграють суттєву роль в профілактиці низки захворювань. Тому використання арахісу як складника харчових продуктів надає їм лікувально-профілактичної спрямованості. З огляду підвищення вмісту білка та застосування нетрудомістких методів виробництва (холодного пресування) доцільною є переробка ядра арахісу на концентрат, вміст білків в якому досягає 65...70%. Білки арахісу переважно гідрофобні та у разі введення білкового концентрату ядра арахісу до сирного продукту, система стає рихлою, що ускладнює

подальший процес формування продукту. Крім того відновлене молоко містить певну частку денатурованих нерекційноздатних білків. Перспективним вирішенням цієї проблеми є залучення до технології сирного продукту борошна кукурудзяного, яке, внаслідок наявності гідрофільних складових, виступає стабілізуючим чинником. Борошно кукурудзяне містить вуглеводи, білки, включаючи повноцінні, харчові волокна, мінеральні речовини, каротиноїди; внаслідок комбінації цих нутрієнтів, борошно кукурудзяне являє собою цінний дієтичний продукт, що має позитивний лікувально-профілактичний вплив. Перспективною сировиною при нормалізації молока в якості замітника молочного жиру є рослинні олії, які збагачують сирний продукт ненасиченими жирними кислотами. Зокрема використання соняшникової олії насичує сирний продукт поліненасиченими жирними кислотами лінолево-олеїнової групи.

Термін придатності м'яких сирів і сирних продуктів нетривалий та складає в середньому 14 діб, що ускладнює товарообіг, особливо при використанні сирних продуктів як напівфабрикатів. Одним із актуальних шляхів вирішення цієї проблеми є заморожування, яке дозволить зберегти якість сирних продуктів на міжсезонний період, створюючи достатні резерви для виробництва та торгівлі. В Україні практично не має досвіду консервування сирів і сирних продуктів методом заморожування. За кордоном проводились роботи з виявлення впливу заморожування на якість сирів і сирних продуктів, які знайшли практичну реалізацію. У зв'язку з цим актуальним став пошук технологічних рішень з вивчення впливу низькотемпературної обробки на якість комбінованого сирного продукту. Рациональним є швидке заморожування, що сприяє максимальному підтриманню вихідної якості сирного продукту.

Доцільність розробки комбінованих молочних продуктів, зокрема у формі сичужних сирних продуктів із рослинними білковими та полісахаридними добавками, а також заморожених комбінованих молочних продуктів тривалого зберігання склалася завдяки роботам таких вітчизняних і закордонних вчених, як: Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Д'яконова А.К., Безусов А.Т., Тележенко Л.М., Перцевой Ф.В., Рудавська Г.Б., Гуляев-Зайцев С.С., Тутельян В.А. та ін.

Спираючись на світові тенденції розвитку харчового ринку, запропоновано, науково-обґрунтовано та розроблено новий спосіб отримання сирного продукту м'якого на основі сухого знежиреного молока та збагаченого рослинними добавками – концентратом ядра арахісу та борошном кукурудзяним, виготовленого за традиційною технологією та із застосуванням заморожування. Сумісне використання низки властивостей сухого знежиреного молока, концентрату ядра арахісу, борошна кукурудзяного та заморожування, як інноваційної складової наукової розробки, зумовлює появу нового комбінованого сирного продукту м'якого з високою біологічною цінністю, високими органолептичними характеристиками, сталими фізико-хімічними

властивостями, зниженою собівартістю виробництва, безперервністю знаходження на споживчому ринку та який можливо виробляти на харчових переробних і малих підприємствах.

Монографія містить матеріали, в яких науково-обґрунтовано технологічні процеси, технологічні параметри, режими виробництва та зберігання сичужного сирного продукту м'якого за традиційних умов і в замороженому стані, висока якість якого зумовлюється синергетичним ефектом від сумісного використання сухого молока, рослинних добавок і заморожування. Представлено результати наукових досліджень щодо закономірностей впливу заморожування на характер зміни текстурних, фізико-хімічних властивостей продукту; з урахуванням впливу рослинних добавок обґрунтовано термін зберігання в замороженому стані з огляду збереження вихідної якості сирного продукту.

У **першому розділі** даної монографії наведено аналітичний огляд літератури вітчизняних та іноземних авторів щодо сучасного стану сироробної галузі, її сировинної бази, вагомих проблем, особливостей виробництва та зберігання м'яких сичужних сирів, головні аспекти формування асортименту сирних продуктів з огляду особливостей технології. Обґрунтовано актуальність розробки нової технології сирного продукту м'якого, виробленого на основі сухого знежиреного молока з залученням до технології концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного та відзначено особливості зберігання продукту в замороженому стані.

У **другому розділі**, з огляду вивчення функціонально-технологічних властивостей рослинної сировини, обґрунтовано вибір рослинних добавок і досліджено низку показників модельної системи сирного продукту м'якого: органолептичні характеристики, зміни поверхневих явищ, реологічних властивостей і з'язку вологи. Першочергово, в технології сирного продукту м'якого запропоновано заміну сухого знежиреного молока на концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне в різному співвідношенні. Встановлено оптимальні режими гідротермічної обробки розробленого зразка під час введення рослинних добавок до сирної маси.

Третій розділ монографії присвячено вивченню показників якості сирного продукту м'якого, вивченню реологічних характеристик, впливу термічної обробки на технологічні властивості розробленого продукту.

У **четвертому розділі** науково-обґрунтовано технологічні параметри зберігання готового сирного продукту м'якого за традиційних умов та особливості його заморожування і подальшого зберігання в замороженому стані з огляду дослідження комплексних показників якості: хімічного складу, мікробіологічних, фізико-хімічних і реологічних характеристик.

Зроблено **висновки**, в яких відображено основні технологічні аспекти виробництва сирного продукту в контексті результатів проведених експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 1

НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА СИРНИХ ПРОДУКТІВ З РОСЛИННИМИ ДОБАВКАМИ

1.1. Сучасний стан молочної галузі

У світовій практиці молочне господарство – прибутковий бізнес. В Україні ж, за сприятливих природно-кліматичних умов і наявних площ сільськогосподарських угідь, цей бізнес збитковий. Оскільки виробництво вітчизняного молока сконцентровано, переважно, в приватних господарствах, то якість такого молока нестала, що негативно відображається на рентабельності молочного тваринництва [55; 137; 157; 170; 181; 209; 216].

Унаслідок кризових явищ, які спостерігаються у вітчизняному тваринництві, особливо в молочному скотарстві, відносно стабільний показник виробництва молока, що відзначався в 1997–2005 роках, почав стрімко падати. Однією з причин цього є те, що в 2005–2006 роках Росія заборонила імпорт молока та молочних продуктів з України у зв'язку з їх невідповідністю новим стандартам якості. Тоді це призвело до обвалу закупівельних цін на молоко та до прискорення вирізання молочного стада селянами. Немає позитивних змін і сьогодні та експортні ринки продовжують зазнавати відчутних збитків.

Додатково на нестачу молочної сировини в Україні накладається сезонний чинник, що перешкоджає ефективному розвитку ринку молока та безпосередньо впливає на ціну, рентабельність виробництва та якість. В даний час в Україні сезонний коефіцієнт – різниця між обсягом виробництва у високий (літній) і низький (зимовий) сезони – складає близько 1,6 і ринок відчуває гострий дефіцит молока, особливо в зимовий період. Організовані господарства менше залежні від сезонності, оскільки їхні фахівці регулюють процеси таким чином, щоб мати молоко цілий рік зокрема внаслідок використання сухого молока. Проте, близько 80% молока виробники закуповують у господарств населення, в яких телята народжуються взимку. Отже, з листопада по березень обсяги виробництва молока в Україні різко скорочуються [137; 157].

Поголів'я молочного стада – інший важливий показник, від якого залежить обсяг виробництва молока, який скоротився за 1990–2011 роки з 8,5 до 2,7 млн, що склало 68%. Ці зміни відбулися за рахунок великих сільгоспідприємств, де поголів'я зменшилося катастрофічно [137]. Скорочення виробництва сировини, в свою чергу, призвело до підвищення закупівельних цін на молоко в низці регіонів України, починаючи з

вересня 2009 року. Пік зниження цін на молоко та молочні продукти в Україні щорічно припадає на червень–серпень. Саме в цей період формуються найбільші обсяги реалізації молока [22; 23; 76].

Сьогодні Україна, внаслідок вступу до СОТ і переговорів про зону вільної торгівлі з ЄС, взяла на себе зобов'язання щодо підвищення стандартів якості на молоко, що на практиці означає: молоко, вироблене в підсобних господарствах, де немає можливості дотримуватися необхідних рівнів санітарних норм, не можна буде здавати на підприємства [157]. Але потенційні можливості збільшення обсягів виробництва молока сталої якості в приватних господарствах практично повністю вичерпані.

Тому вітчизняні сироробні підприємства мають значні труднощі щодо забезпечення виробництва достатньою кількістю сиропридатної сировини, що гостро відчутно в зимово–весняний та навіть літній періоди, коли деякі підприємства змушені зупинятися. Все це зумовлює необхідність пошуку інноваційного рішення перспективного розвитку молочної галузі – стабілізації якості вітчизняного молока, використання нової нетрадиційної сировини та інноваційних технологій. [22; 23; 25; 57; 76; 77; 102; 121...127; 129].

1.2. Аналіз технологічних і фізико-хімічних аспектів виробництва сирів і сирних продуктів

Серед білків молока виділяють дві групи: казеїни та сироваткові білки. Більшу частину білків молока складає казеїн (78...85%), який розподіляють на фракції: α_{s1} -, α_{s2} -, β -, γ -казеїн [33; 34; 73; 139; 149; 152; 154; 155; 218; 228]. Казеїн наявний у молоці у вигляді колоїдного розчину гелю – поєднується з кальцієвими солями та утворює казеїнаткальційфосфатний комплекс (ККФК), де має місце виражений гідрофобний зв'язок переважно за рахунок «кальцієвих містків» пара- γ -казеїну. Гідрофобні взаємодії призводять до утворення скупчень білкових часток (міцел), що забезпечує найбільший контакт білків із водою [33; 34; 134; 175; 214; 218; 225; 228; 231; 240...242]. Важливе місце у гідратації білкових молекул займає іонна та молекулярна адсорбція, що відбувається за рахунок полярних груп, які знаходяться на поверхні, а також усередині казеїнових міцел. При цьому іонна адсорбція (її забезпечують вільні полярні групи білка: карбоксильні, амінні, гідроксильні), головним чином, впливає на стабільність колоїду білка [131]. Білкова міцела побудована таким чином, що гідрофобні ділянки сховані всередині, а гідрофільні групи γ -казеїну, які утворюють гідратні оболонки завтовшки з моно- або бімолекулярний шар – ззовні [167, 214; 218; 228, 240; 241]. Тому важливе практичне значення відіграє здатність казеїну зв'язувати воду, що позитивно впливає

на вологозв'язуючу та вологоутримуючу здатність, органолептичні властивості готових продуктів сироваріння [32...34; 73; 131].

1.2.1. Перспективи використання сухого знежиреного молока в технології сирних продуктів. У зв'язку з дефіцитом молока, придатного для виробництва сирів і сирних продуктів, із метою забезпечення стабільного хімічного складу продуктів і зниження чиннику сезонності актуальними стали дослідження, спрямовані на вивчення можливості виготовляти сирні продукти з сухого молока з повною або частковою заміною натурального молока [67]. Його можна використовувати для вироблення сиру відразу після відновлення, без витримки. За харчовою цінністю відновлене молоко практично не відрізняється від незбираного пастеризованого молока. Відомо, що за засвоюваністю білків і жирів сухе незбиране молоко трохи поступається свіжому натуральному молоку (білків – на 0,43%, жиру – на 0,03% нижче), а засвоєння вуглеводів однакове. Жир у сухому молоці перебуває у вигляді окремих включень, основна маса яких розподілена усередині часток молока. Розмір жирових включень залежить, головним чином, від способів сушіння, режимів попередньої обробки молока: в сухому продукті, отриманому з негомogenізованого молока, розмір жирових включень становить від 0,1 до 4 мкм, у сухому продукті з гомогенізованого молока – не перевищує 1 мкм. Вміст білків у сухому незбираному молоці становить у середньому 27%, у знежиреному – до 36%. Білки в сухому молоці (казеїн, лактальбумін, лактоглобулін) утворюють безперервну фазу, що являє собою пористу систему зі взаємозалежних білкових міцел. Білки молока характеризуються дуже високим ступенем гідратації, у водному середовищі утворюють колоїдні розчини [72]. Відомо, що кількість зв'язаної білками води становить 0,3...0,4 г на 1 г сухого білку [67; 194; 237]. У сухому незбираному молоці вміст лактози становить приблизно 38,5%, у сухому знежиреному – близько 50%. У свіжому сухому молоці більша частина лактози перебуває в аморфному стані, цим і пояснюється її висока гігроскопічність [29; 33; 34; 72; 76; 146; 194; 237]. Процес відновлення молока повинен забезпечити найбільш повне розчинення часток сухого молока та швидкий перехід всіх його складових компонентів у розчин: білків – у колоїдний, жиру – в емульсію, а лактози й солей – у справжній [72]. Відновлення починається з моменту контакту частки молока з водою. Одночасно вода по капілярах проникає в товщу частки, заповнюючи внутрішні порожнини й витісняючи з них повітря та взаємодіючи зі складовими компонентами молока. Поступово частка набрякає та, коли щільність її стане більшою, ніж щільність води, поринає, що характеризується переходом компонентів сухого молока в колоїдні розчини та емульсії [69; 172; 190; 192; 196].

Таким чином, отримання сирного продукту м'якого на основі сухого молока сприяє: зниженню фактора сезонності; зниженню

недостатності або повної відсутності молочної сировини; регулюванню режимів зберігання сировини на підприємствах; забезпечує підвищення ступеню переходу основних компонентів молока в сирну масу; сприяє зниженню собівартості продукту та енергетичних і трудових ресурсів виробництва та підвищенню конкурентоспроможності готового продукту [27; 72].

Пріоритетним напрямком розробки нової технології сирного продукту є пошук інноваційних рішень у сфері зниження вмісту молочного жиру [27; 166; 171; 227]. Першочергово, перехід виробництв на сухе знежирене молоко пов'язаний з тим, що звичайне незбиране коров'яче молоко має обмежений термін зберігання. Максимальний термін допустимого зберігання пастеризованого молока до фасування становить не більше 6 год. Разом із тим молочний жир надто схильний до хімічних змін, що призводить до зміни структури сухого молока за найменших порушень умов зберігання. Термін зберігання сухого знежиреного молока складає приблизно 8 місяців за температури від 0 до 10⁰ С, вологості навколишнього середовища – не більше 85% [72]. Підбиваючи підсумок, доцільно вказати, що, сухе знежирене молоко, в якості основної сировини, може бути використане при виробництві будь-якого молочного продукту. Це дозволить стабілізувати якість готових продуктів та уникнути негативного впливу сезонності.

1.2.2. Аналіз обсягів виробництва та фізико-хімічних основ технологічного процесу виробництва сирних продуктів. За даними каталогу Міжнародної молочної федерації у світі налічується близько 500 видів сирів. Але чітко сформованої класифікації сирів не існує [99; 77; 102; 212]. Традиційно, сири м'які відрізняються м'якою консистенцією, яка значною мірою зумовлена підвищеним вмістом води (50...65%). Виробляють м'які сичужні сири без дозрівання, з короткими строками дозрівання (5...10 діб) і ті, що довгостроково дозрівають (20...45 діб) [12; 41; 177; 190; 192; 194; 225; 234; 235; 239...241]. Сукупні властивості сичужних сирів м'яких, зокрема дієтичні, а також їх висока рентабельність в порівнянні з традиційними сичужними напівтвердими та твердими сирами є запорукою того, що за правильної організації їх випуску та збуту на підприємстві можна істотно підвищити загальну рентабельність виробництва [12; 41; 102; 160; 177; 190; 192; 212]. Виробництво м'яких сирів сичужним способом має наступні переваги. Сичужний фермент прискорює хімічні реакції, проте участь у них не бере. Зсідання сичужним ферментом – досить швидкий процес (6...8 хв). Сичужний фермент залишається в рідкій фракції, він не змінює смак кінцевого продукту та дозволяє проводити процес у широких діапазонах температур. Зсідання відбувається повноцінно, вміст залишкового білка в сироватці низький, а сирне зерно однорідне [12; 65; 177; 192; 225; 234; 235].

Технологія виготовлення м'яких сичужних сирів передбачає етапи: підготовка молока до вироблення сиру (приймання молока, очищення, резервування, дозрівання, нормалізація, пастеризація та охолодження до температури зсідання); підготовка молока до зсідання (внесення заквасок, хлориду кальцію та сичужного ферменту); зсідання молока та отримання сирної маси (з обробкою згустку); формування сиру, самопресування та пресування; посолка; дозрівання; підготовка до реалізації та зберігання.

Під час підготовки молока до вироблення сиру варто виділити найважливіші технологічні операції, що призводять до зміни фізико-хімічних властивостей сировини – дозрівання, нормалізація та пастеризація. Варто зазначити, що під час подальшої теплової обробки зменшується середній діаметр білкових часток. При цьому спостерігається дисоціація казеїну, яка супроводжується звільненням бічних ланцюгів в його пептидних зв'язках. Ці явища вказують на те, що вповільнення сичужової дії також пов'язане з диспергуванням казеїнаткальційфосфатного комплексу казеїну. Існує дві теорії сичужної коагуляції казеїну: фосфоамідазна (проф. П.Ф. Дяченко) та гідролітична. Як вважає П.Ф. Дяченко, на першій стадії відбувається розрив одного із двох зв'язків залишків фосфорної кислоти з казеїном, а саме фосфоамідного зв'язку. При цьому в параказеїні вивільнюються лужні гуанідинові групи аргініну та гідроксильні групи фосфорної кислоти з казеїном. На другій стадії гідроксильні групи фосфорної кислоти зв'язують іони кальцію та створюють «кальцієві містки» між міцелами параказеїну, утворюючи згусток. Згідно з механізмом гідролітичної теорії, на першій стадії під дією ферменту, який сприяє зсіданню молока, відбувається розрив пептидного ланцюга α -казеїну. В результаті від міцели казеїну відщеплюється розчинний пептид, який містить у своєму складі глікомакропептид. На другій стадії дестабілізовані міцели параказеїну об'єднуються одна з одною під дією сил гідрофобної взаємодії неполярних груп (пара- α -казеїну), а також завдяки електростатичним зв'язкам позитивно заряджених ділянок пара- α -казеїну та негативно заряджених ділянок α - та β -казеїну [12; 177; 192; 225].

Існуючі концепції не дають повного уявлення про сичужну коагуляцію, непов'язані між собою та мають вагомні недоліки. Крусь Г.М. [65; 192] зі співробітниками пропонує свою концепцію коагуляції казеїну та дає наступне пояснення механізму дії молокозсідального ферменту. На першій (ферментативній) стадії відбувається спочатку гідроліз поліпептидного ланцюга α -казеїну з утворенням пара- α -казеїну та глікомакропептиду. Пара- α -казеїн залишається у складі міцел, а глікомакропептид відділяється від міцели та переходить в сироватку. Але при цьому не відбувається коагуляція. На другій стадії (коагуляційній) гідроксильні групи фосфорної кислоти зв'язують іони кальцію та

колоїдний фосфат кальцію, утворюючи «містки» між міцелами параказеїну з утворенням згустку.

В отриманому згустку безупинно діють сили взаємодії між білковими частками, внаслідок чого відбувається його стискання та мимовільне виділення сироватки – синерезис. Ліпатов М.М. вказує, що утворення згустку та наступний синерезис є стадіями того самого коагуляційного процесу, що йде за схемою золь-гель-синерезис і викликаний силами взаємодії між білковими частками. Тому, фактори, що чинять вплив на характер гелеутворення та склеювання, впливають також на синерезис [73].

Склеювання під час виробництва сирів і сирних продуктів спостерігається під час гідромеханічних і масообмінних процесів [49; 61; 112]. Відомо, що адгезія – зчеплення різнорідних рідких або твердих тіл в місцях контакту їх поверхонь. Воюцький С.С. писав, що існуючі теорії адгезії розглядають різні випадки і різні сторони цього явища і «... єдиної теорії, що пояснює явища адгезії, немає і, ймовірно, не може бути. У різних випадках адгезія обумовлюється різними механізмами...». Існує низка теорій, що пояснюють механізм адгезії: дифузійна теорія, адсорбційна теорія, механічна теорія, хімічна теорія, теорія слабого граничного шару, електрична теорія, електронна теорія. Об'єкти та явища, що описуються в дифузійній теорії, є сумісними системами без рівноважних міжфазних кордонів, це системи, для яких характерне зникнення межі розділу. Адсорбційна теорія адгезії пояснює це явище міжмолекулярним тяжінням, що забезпечує цілісність речовини (когезія). Механічна теорія адгезії фактично розглядає системи з різного роду механічними зачепленнями, опис поведінки яких під час механічного навантаження має теоретичний і практичний сенс, але власне механічні зачеплення не мають відношення до міжмолекулярних сил. Хімічна теорія адгезії припускає, що в більшості випадків адгезія пояснюється не фізичною, а хімічною взаємодією між адгезивом і субстратом. Теорія слабого граничного шару наголошує, що поблизу кордону розділу фаз відбувається перебудова структури тіла. Протяжність цих областей може досягати декількох десятків мікрометрів, а самі області можуть характеризуватися іншим ступенем упаковки молекул, ніж тіло в обсязі. Відповідно до цієї теорії руйнування тіла відбувається за так званого слабого прошарку, який, як правило, локалізується поза кордоном розділу фаз. Утворення цього шару є наслідком дії сил міжмолекулярної взаємодії між фазами, тобто вдруге по відношенню до формування зв'язків на межі розділу несумісних фаз. В основі електричної теорії адгезії лежить уявлення про подвійний електричний шар, який утворюється при тісному контакті поверхонь; електрична теорія адгезії враховує також і роль молекулярної взаємодії. Електронна теорія розглядає адгезію як результат молекулярної взаємодії поверхонь, що різні за своєю природою. Отже,

виходячи з розглянутих визначень адгезії, єдиний предмет у визначеннях адгезії – це міжфазна границя контактуючих несумісних фаз. Проте щодо опису адгезії існують різні підходи, наприклад, термодинамічний або у вигляді молекулярних теорій взаємодії між макроскопічними тілами (наприклад, теорія на основі сил Ван-дер-Ваальса, теорія на основі потенціалу Ленарда-Джонса або теорія Лившиця, яка розглядає електромагнітні хвилі, що випромінюються тілами). Спробу формального об'єднання цих теорій зробив К.В. Ален. Існуючі в літературі численні технічні умови розділені на три групи. Перша група визначає адгезію як процес (послідовну зміну станів). Друга – як властивість, що становить відмінну особливість системи. Третя група визначає адгезію як стан системи. Ребіндер П.А. вважав, що адгезія (прилипання) – виникнення зв'язку між поверхневими шарами двох різнорідних (твердих або рідких) тіл (фаз), приведених у зіткнення. Вакула В.Л., Притикіна Л.М. визначили адгезію як явище, що полягає у виникненні фізичної та (або) хімічної взаємодії між конденсованими фазами при їх молекулярному контакті, що приводить до утворення нової гетерогенної системи. Берлін А.А., Басін В.Є., Воюцький С.С. писали, що адгезія – це молекулярний зв'язок між поверхнями приведених до контакту різнорідних тіл. Дерягін Б.В. зі співробітниками зробив спробу усунути проблему, розділивши процес і властивість: «Загальноприйнято під адгезією, на відміну від когезії, мати на увазі опір руйнуванню контакта двох різнорідних тіл». Аналогічні визначення в літературі запропонували С. Wake, Л.-Х. Лі та А. Адамсон, які під адгезією розуміли міцність зв'язку двох дотичних фаз. В. Шоухенг писав, що адгезія – стан двох різнорідних тіл, за якого вони утримуються разом у тісному міжфазному контакті таким чином, що механічна сила або робота можуть бути передані через межу розділу. Отже, різниця між групами визначень наступна: в першій групі термінів акцент робиться на процесах виникнення зв'язку або переході системи в новий зв'язаний стан; у другій групі – власне на наявність зв'язку. В третій групі наголошується на стан і ігнорується процес. Отже, зчеплення поверхонь може мати хімічну, електричну, магнітну природу, обумовлюватися виключно механічною взаємодією або визначатися всіма цими факторами [1; 49; 61; 78; 82; 83; 219].

Відомо, що сироватка в сирному згустку розподілена між окремими елементами строми гелю [41; 87; 192]. Вологу сирного згустку можна умовно розділити наступним чином: вільна волога змочування, що знаходиться на поверхні сирних зерен в макропорах; механічно зв'язана волога в макрокапілярах; осмотично зв'язана волога, що знаходиться в сітці гелю; адсорбційно зв'язана волога, що утримується внаслідок дії молекулярного силового поля на поверхні розділу фаз [41; 112; 133; 134]. Сирний згусток починає ущільнюватись внаслідок зближення міцел. Коли ущільнення стає максимальним, то починає відділятися сироватка.

Сироватка виходить із сирного згустку по капілярах, тому на першому етапі – розрізання згустку – відбувається синерезис, сирні зерна виявляються зануреними в підсирну сироватку, що виділилася з них. Під час перемішування часточки згустку хаотично розподіляються і контактують, стикаючись кутами і ребрами, при цьому площа контактів сирних зерен мінімальна. Потік сироватки, що виділяється з сирних кубиків найбільш інтенсивний і спрямований зсередини до периферії. Цей потік перешкоджає зближенню сирних зерен на короткі міжмолекулярні відстані та дії різноманітних поверхневих сил, не дозволяє сирним зернам склеюватися. Далі сирні зерна дробляться на більш дрібні та триває інтенсивне виділення сироватки. По мірі механічної обробки сирні зерна набувають кулястої форми, а щільність підвищується. Створюються умови для дії міжмолекулярних сил: чим тісніше стикаються сирні зерна оболонками, тим утворюється більша площа для контакту та інтенсивніше діють сили міжмолекулярної взаємодії. Друге нагрівання виявляється необхідною запорукою видалення сироватки зі згустку, який було отримано з сухого молока, що містить денатуровані складники, які перешкоджають вивільненню сироватки. При підвищенні температури збільшується реакційна здатність сичужного ферменту (за температури близько 41⁰ С), інтенсифікуються процеси утворення міжміцелярних зв'язків. З підвищенням температури посилюється поверхнева енергія сирних зерен, що збільшує адсорбцію розчинених у сироватці речовин, у тому числі солей, підвищення яких у поверхневому шарі зерен ще більшою мірою посилює його ущільнення [41; 112]. Оскільки гідратна оболонка навколо молекули білка порушується, окремі часточки з'єднуються між собою та не можуть триматися в розчині. Починається процес згортання білків. Комплексоутворення білків під час денатурації призводить до набування поліпептидними ланцюгами певної конфігурації, коли ланцюги розгортаються таким чином, що на їхній поверхні накопичується значна кількість гідрофобних груп. Внаслідок цього відбувається синерезис і сирне зерно зневоднюється; знижується стійкість системи та адгезія сирної маси.

Після термічної обробки сирної маси енергія молекулярного зчеплення, що залежить від площі контакту, зменшується та здатність сирних зерен до склеювання поступово знижується. Наступний етап обробки сирної маси – перемішування; існує значний ризик зменшення адгезії між сирними зернами [41; 112; 131; 133]. Далі – формування. При зіткненні між собою та під дією верхніх шарів сирної маси сирні зерна розпливаються у вигляді пластинок і легко злипаються між собою за рахунок міжмолекулярної взаємодії. При цьому полісахариди та білки рослинних компонентів системи утримують вологу та взаємодіють з білковими молекулами молочної основи, що дозволяє поліпшити структуру та полегшити подальшу роботу під час формування продукту,

зменшуючи ризик виробничих втрат. Вільна сироватка видаляється по міжзерновій капілярній системі [41; 112]. Резюмуючи вищевикладене, можна констатувати, що сири сичужні м'які, вироблені за традиційною технологією, мають значний ризик нестабільності хімічного складу внаслідок чиннику сезонності. Дефіцит молочної сировини свідчить про актуальність пошуку нового джерела сировини, що володіє високими функціональними властивостями, ресурсозберігаючим характером [6; 85; 90; 110]. Пріоритетним напрямом покращення їх технології є наукове обґрунтування та розробка принципово нових технологій сирних продуктів, які мають сталий хімічний склад та не залежать від кліматичних умов та регіонів виробництва, з забезпеченням нешкідливості, повноцінності, високої якості за всіма показниками [27; 29; 35; 37; 64; 105...107; 135; 182; 193].

1.3. Аналіз напрямків і сучасних технологій розробки сирних продуктів

Проблема використання в сироварінні нетрадиційної сировини викликає стійкий інтерес фахівців-молочників протягом багатьох років. Сьогодні ця проблема особливо актуальна, оскільки сучасне виробництво сиру має ряд труднощів: залежність від сезонності; закупка сировини незадовільної якості; використання нітратів, підфарбовування сирного тіста; примхливі процеси дозрівання та зберігання сирів, які потребують високого технічного рівня та кваліфікації спеціалістів; тривалі строки дозрівання сирів; кризовий стан виробничої бази, відсутність новітнього технічного устаткування; переробка сировини на морально та фізично застарілому обладнанні; необхідність забезпечення встановлених технологічних параметрів і режимів визрівання сирів, що вимагає енерговитрат; низький рівень конкурентоспроможності вітчизняних сирів; відсутність належної системи контролю технологічного процесу та якості готового продукту; обмежений асортимент продукції; велика частка імпортової продукції; відсутність фінансування та низький рівень заробітної платні працівників молочної промисловості; відсутність висококваліфікованих кадрів; реалізація сиру в умовах специфічної кон'юнктури ринку, невисока купівельна спроможність споживачів [110; 114; 121...127; 129; 135; 193; 217]. У зв'язку з цим, в останні роки активізувалися дослідження зі створення сирних продуктів м'яких з різними наповнювачами, виробництво яких має незначну собівартість та його можна організувати практично на будь-якому молочному підприємстві [10; 16; 21; 25...27; 35; 48; 57; 74; 100; 105...107; 156; 182]. Основні компоненти, що використовуються сьогодні в молочної промисловості, наступні: молочного походження (сухе молоко, сироватко-

білкові концентрати, казеїнати та ін.); немолочного походження (стабілізатори, підсолоджувачі, харчові ароматизатори та барвники, вітаміни, біологічно активні добавки, ізольовані білки, рослинні жири, натуральні плодово-ягідні та овочеві наповнювачі тощо) [108; 192]. Останнім часом визначилася тенденція створення сирних продуктів, в яких молочна основа комбінується з сировиною рослинного походження, що дозволяє, з одного боку, змінити біологічну та харчову цінність сирних продуктів, а з іншого – частково послабити дефіцит білка, ненасичених жирних кислот, вітамінів і мінералів [6; 25; 35; 42; 48; 57; 74; 85; 90; 105; 114; 135; 156; 217; 220]. Створення технологій нових продуктів на основі молока зі зміною хімічного складу має місце в країнах СНД. Вже в 1966 році в СРСР був створений молочно-білковий продукт, який містив борошно з бобових та на формулу винаходу якого був отриманий патент. Цей продукт відрізнявся тим, що з метою підвищення його біологічної цінності, додаткової ароматизації та насичення вуглекислим газом, у вихідну сировину вносили борошно з бобових культур у водному розчині карбоната натрія [104]. Сучасними вітчизняними науковцями розроблено технології комбінованих молочних [57...59; 107; 110] і сирних продуктів на основі кисломолочного сиру з добавками кукурудзяного та пшеничного борошна; доведено залежність між станом вологи та структурно-механічними характеристиками сирних продуктів [156]. Запропоновано технології плавлених сирів підвищеної біологічної цінності з білково-полісахаридними добавками [85]. Також існують передумови удосконалення технологій сирних продуктів із зерновими добавками [114]. Російськими науковцями запропоновано низку технологій сирних продуктів, метою яких є розширення асортименту існуючих технологій класичних сирів та отримання продуктів з високою біологічною цінністю та надання функціонального та лікувально-профілактичного призначення, що реалізується залученням: соєвого концентрату [74], круп'яних добавок (з пшона та кукурудзи) [25], картопляного пюре [48], білково-томатної пасти тощо. Прикладами таких розробок є технології м'яких сирів з круп'яними добавками та з використанням композиційних сумішей [104...106; 124...127].

1.4. Актуальність залучення рослинних компонентів до технологій сирних продуктів

Для отримання сирних продуктів високої якості та повнішого задоволення потреби організму людини в амінокислотах, необхідне нове поєднання нутрієнтів [166]; поєднання молочної основи та рослинних складників із високим вмістом повноцінного білка дає можливість поліпшити загальну збалансованість амінокислот в сирних продуктах.

Паралельно з цим, проводяться дослідження, спрямовані на розробку комбінованих продуктів, які відрізняються не тільки високим вмістом білку, а й містять у своєму складі основні нутрієнти різноманітного походження. Для виробництва сирних продуктів альтернативним джерелом нової сировини є білки рослинного походження та полісахариди, що в достатньо великих кількостях містяться в олійних, зернобобових та зернових культурах [16; 103; 104; 114; 153].

1.4.1. Особливості використання рослинних білків.

Застосування рослинних білків у технології сирних продуктів забезпечує наявність у таких комбінованих продуктах високої кількості незамінних амінокислот і ненасичених жирних кислот, полісахаридів та інших харчових речовин. Отже, низький вміст амінокислот в одному продукті поповнюється за рахунок поєднання його з іншим, у якому наявні необхідні амінокислоти або містяться в надлишку [74; 103; 104; 114]. Високою масовою часткою білку відрізняється насіння олійних, бобових культур, у порівнянні з зерновими [207; 220; 229; 233; 242] – табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Хімічний склад олійних, зернобобових і зернових культур, поширених в Україні

Продукт	Білки		Жири		Вуглеводи		Мінеральні речовини						Вітаміни						
	мг																		
	Олійні																		
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	B ₁	B ₂	PP	C									
Арахіс	26,3	45,2	9,7	23	658	76	182	350	5	0,74	0,11	13,2	5,3						
Соняшник	20,7	52,9	5,0	160	647	367	317	530	61	1,84	0,18	10,1	—						
Кунжут	19,4	48,7	2,0	75	498	1474	540	720	91	1,27	0,36	4,0	—						
Соя	34,9	17,3	26,5	44	1607	348	191	510	11,8	0,94	0,22	2,2	0						
Бавовник	34,5	36,5	8,1	160	1100	171	342	1100	10	1,43	0,39	2,7	—						
Рапс	22,3	37,5	18,3	139	979	454	311	840	63	—	—	—	—						
Зернобобові																			
Горох	23,0	1,2	53,3	69	873	115	107	329	9,4	0,81	0,15	2,2	0						
Квасоля	22,3	1,7	54,5	40	1100	150	103	541	12,4	0,50	0,18	2,1	0						
Зернові																			
Кукурудза	10,3	4,9	67,5	27	292	46	104	301	4,1	0,38	0,14	2,1	0						
Овес	10,1	4,7	57,8	75	421	117	135	361	11,0	0,48	0,12	1,5	0						
Рис	7,3	2,0	63,1	89	202	66	96	328	2,6	0,52	0,12	3,8	0						
Пшениця	11,6	1,6	68,7	24	379	50	111	339	5,1	0,41	0,17	5,0	0						
Гречка	11,6	2,3	59,5	40	530	120	258	351	16,7	0,76	0,14	3,9	0						

З-поміж поширених олійних культур – арахісу, соняшнику, кунжуту, рапсу – високим вмістом білка відрізняються соя та бавовник, які містять майже 35% білка. Однак соя відрізняється високим вмістом інгібіторів трипсину та хімотрипсину (інгібітори ферментів складають до 6% загального вмісту), які перешкоджають розщепленню білків в тонкому кишківнику. Використання сої для харчових цілей стає можливим лише після трудомісткої технологічної обробки [208; 215]. Помічений негативний її вплив на організм людини: ризик хвороби Альцгеймера, безплідність, порушення фізичного розвитку [173].

У насінні бавовнику міститься від 18 до 27% олії. Та залучення бавовнику до харчових продуктів обмежується через наявність в продуктах його переробки отруйної речовини – госсиполу.

Використання арахісу в харчовій промисловості зумовлено збалансованістю білкового комплексу та високими функціонально-технологічними властивостями, тому арахіс – одна з найперспективніших культур у світі. Білки арахісу повноцінні, а співвідношення їх амінокислот вказує на високу перетравлюваність організмом людини. Ядра арахісу та продукти їхньої переробки є джерелом нутрієнтів [208; 215].

Для збагачення сирних продуктів рослинними білками раціонально застосовувати технологічну переробку білково-олійних культур, яка, крім підвищеного вмісту білка, визначає частку речовин небілкової природи. Ці з'єднання можуть визначати небажані властивості відносно поживності, перетравності, негативні органолептичні (фарбування, присмак), технологічні якості та бажані властивості (термоекструзія тощо) [43; 153; 221].

Амінокислотний склад білків рослинних білкових продуктів робить їх високоцінними продуктами харчування (але білки характеризуються дефіцитом метіоніну); майже повна відсутність ліпідів підвищує інтерес із боку дієтологів, оскільки це дозволяє скоротити споживання насичених жирів, які відносяться до факторів ризику серцево-судинних захворювань.

Особливості виробництва рослинних білкових продуктів зумовлені отриманням кінцевих продуктів з фіксованим хімічним складом, зокрема різною концентрацією білка: білкового борошна, крупки, концентратів, ізолятів. Значний вклад у виробництво білкових продуктів з олійного насіння зробили В.М. Красильников (Всесоюзний науково-дослідний інститут жирів), Т.Т. Шакіров (Інститут хімії рослинних речовин АН Узбецької РСР), В.Г. Щербаков (Краснодарський політехнічний інститут). Харківським філіалом ВНДІЖ розроблено технологію отримання харчового білкового продукту зі шроту та насіння соняшника з вмістом білка не менше 85%. Значний внесок у виробництво високобілкових харчових продуктів з насіння олійних культур внесли Чернівецький масложиркомбінат, Міловський дослідний завод рослинних

жирів і білка, Троїцький, Красногвардійський та ін. Основні характеристики та технологічні особливості виробництва окремих білкових продуктів з олійного насіння і шротів наступні.

Пластівці натуральні, цільні. Їх виробляють із подрібнених бобів, підданих тепловій обробці без видалення олії. Пластівці наближені до складу сировини, з якої вони виготовлені, але мають меншу кількість клітковини, так як насіннева оболонка видаляється при попередній підготовці.

Борошно (соєве, соняшникове, бавовняне, арахісове та ін.) та крупку (частіше соєву) отримують після попереднього знежирення ретельно очищеного і подрібненого олійного насіння. Вміст білка в кінцевому продукті складає 40...50%. Отримання харчового борошна визначається економічною доцільністю.

Білковий концентрат являє собою знежирене борошно, із якого видалено більшість простих і складних вуглеводів, мінеральних солей та інших водорозчинних речовин із загальним вмістом білка 65...70%.

Білковий ізолят являє собою очищений від небілкових компонентів продукт із вмістом білка не менше ніж 90%. Класична схема виробництва білкових ізолятів отримала свій початок і подальший розвиток при отриманні ізолятів насамперед зі шротів сої [215; 229].

Беручи до уваги роботи провідних фахівців галузі та відмінності технологічної переробки олійних культур, значний інтерес викликає отримання концентратів, перш за все, через незначну собівартість виробництва внаслідок використання відносно нетрудомістких методів, порівняно з виробництвом ізолятів. Кінцевий продукт характеризується високим вмістом білка – 65...70%, порівняно з білковим борошном (40...50%). За кількістю видаленої олії з олійного насіння метод холодного пресування заслуговує найбільшої уваги. Оскільки технологія холодного пресування дозволяє видалити олію в максимально м'якому режимі; пресування проводиться, як правило, при температурі не більшій від 50⁰ С (в той час коли метод гарячого пресування передбачає 100...120⁰ С) без обробки хімічними розчинниками. При цьому не відбувається локального перегріву та підгорання сировини та практично не змінюють своєї структури нестійкі до впливу високих температур речовини. При холодному пресуванні білок не є термічно модифікованим і всі корисні речовини залишаються в незмінному вигляді. Вихід макухи під час холодного пресування олійних культур близько 45%; вміст білку в ній коливається в межах 50...70%, жиру – приблизно 10%. Отже, кінцевим продуктом переробки олійних культур методом холодного пресування є продукт, який за вмістом білка наближується до білкових концентратів [163; 208; 215].

Зерно є основним продуктом сільського господарства [198]. Важливою сировиною при виробництві сирних продуктів можна вважати

борошно кукурудзяне, що містить значну кількість білка (7,2...10%) і незамінні амінокислоти – триптофан і лізин, які не можуть синтезуватися в організмі людини. Борошно кукурудзяне збагачує сирні продукти також полісахаридами, вітамінами (переважно групи В) та може позитивно впливати на стабілізуючий чинник. Білок кукурудзи складається з різних за хімічним складом та фізико-хімічними властивостями груп: альбумінів, глобулінів, глютелінів та проламіну – зеїну. Перші три групи білків відносяться до повноцінних, тому що до їх складу входять в достатній кількості всі незамінні амінокислоти.

Спирторозчинний білок зеїн не містить деяких незамінних амінокислот (лізину та триптофану) і є біологічно неповноцінним. Його ізоелектрична точка відповідає рН 6,2, а зона коагуляції знаходиться між рН 3,0 та 7,0. Молярна маса зеїну близько 40000. Кристали зеїну за формою нагадують голки або короткі нитки. Займає проміжне положення між глобулярними та фібрилярними білками. До складу зеїну входять 18 з 20 відомих амінокислот. При гідролізі зеїну утворюється значна кількість глютамінової кислоти (26,9%), лейцину (21,1%), проліну (10,53 %) [18; 131; 198].

З огляду хімічного та фракційного складу рослинних білкових культур та продуктів їх переробки, вони можуть впливати на зміну в продукті здатності поглинати та утримувати воду [13; 40]. Через це рослинні білкові продукти можна використовувати як харчовий компонент у рецептурі різних продуктів (в кількості до 30% від загальної маси) та як технологічну добавку для зміни властивостей або специфічних здатностей продукту у функціональному відношенні – від 1 до 5%. Використання рослинних білкових продуктів як компонентів харчових продуктів частково зумовлено їхньою фізичною формою, оскільки вони можуть мати форму порошків або борошна, текстурованих або волокнистих продуктів [28; 58; 103; 107]. Перевага порошків полягає в тому, що вони виконують важливу технологічну функцію: в першу чергу вони служать зв'язувальною речовиною [1; 3; 4; 9; 14; 28; 36; 50; 54; 58; 61].

Порошки, отримані внаслідок переробки вищевказаних рослинних культур до технологічного процесу виробництва сирного продукту м'якого варто додавати під час гідротермічної обробки (ГТО) – другого нагрівання сирної маси. ГТО істотно змінює хімічний склад таких добавок, роблячи білки і вуглеводи більш доступними до дії травних ферментів, а під час введення деяких продуктів переробки олійних культур сприяє інактивації інгібітору трипсину [25]. Також, набрякання крохмалю, що залежить від температури, сприяє формуванню міцного просторового каркасу [25; 28; 101]. На основі вищевикладеного можна констатувати, що з огляду хімічного складу та нетрудомісткого технологічного процесу є раціональною переробка ядра арахісу на концентрат, та який може відігравати роль технологічної добавки в сирному продукті. Внаслідок

значної харчової, біологічної цінності та доступності актуальним є використання в технології сирного продукту м'якого борошна кукурудзяного.

1.4.2. Використання зернових компонентів і крохмалевмісної сировини. Сьогодні недостатньо дослідженими залишаються питання щодо використання крохмалевмісної сировини в сирних продуктах. Існуючі сирні продукти з круп'яними добавками відрізняються відносно високим вмістом білків (12,6...12,7%), молочного жиру (17,5...17,7%) та мінеральних речовин (до 0,12%, не враховуючи повареної солі) [25; 48; 74; 104...106; 124...127].

Аналізуючи роботи провідних фахівців галузі, можна констатувати, що круп'яні добавки ведуть до змін, головним чином, реологічних властивостей та стану вологи. Така тенденція пояснюється високим вмістом у вуглеводах круп крохмалю, а також клітковини та харчових волокон [16; 25; 101; 130; 222; 223; 226; 238].

Як виявлено, одним із перспективних шляхів безвідходного процесу виробництва сиру є використання концентрату натурального казеїну (КНК), що отримують за технологією «Біо-Тон». КНК за своїм фізико-хімічним складом ідентичний згустку знежиреного молока після видалення з нього 80% сироватки та є повноцінним середовищем для розвитку молочнокислих бактерій, сприяє інтенсифікації молочнокислого процесу. Встановлено, що КНК може бути використаний під час виробництва м'якого сиру за безвідходною технологією, коли повністю виключено видалення сироватки. Даний спосіб дозволяє: отримати продукт із заданим фізико-хімічним складом та властивостями, механізувати та автоматизувати складні операції технологічного процесу, виключити побічний продукт – сироватку.

Внаслідок випробувань розроблено технології виробництва сирного продукту типу «Сир Російський» та сиру з використанням молочної сироватки [182].

Використання рослинних компонентів із високим вмістом крохмалю в технологіях сирних продуктів дозволяє зменшити використання молочної сировини, скорегувати харчову та біологічну цінність, а також дає змогу впливати на низку фізико-хімічних (вологоутримуюча здатність, активна кислотність, кількість вільної та зв'язаної вологи в продукті) та реологічних властивостей (ефективна в'язкість, пружність, еластичність, твердість, м'якість, крихкість та ін.). Вплив на структурно-механічні властивості продуктів визначається властивостями гідроколоїду. Найважливіші властивості крохмалю, що впливають на формування реологічних властивостей сирних продуктів – це здатність крохмальних зерен до адсорбції вологи, набрякання та клейстеризації [132; 191].

Переважно, технології комбінованих сирних виробів передбачають введення рослинної крохмалевмісної сировини після гідротермічної обробки у різних рідинних середовищах (вода, молочна сироватка та ін.). Вплив температури та вільної вологи в системі спричиняє клейстеризацію крохмалю, яка одночасно поєднує у собі два процеси – набрякання крохмальних зерен та гідратацію складових полісахаридів з їх дифузією в навколишнє середовище [25; 48; 101; 103; 114]. Завдяки просторовій розгалуженій будові молекули амілопектину не мають тенденції до кристалізації і таким чином володіють вираженими властивостями до утримання води на відміну від амілози [132; 191].

Регулювання реологічних властивостей сирних продуктів внаслідок додавання рослинних крохмалевмісних компонентів, можливо, відбувається за рахунок того, що на поверхні розділу фаз білок-крохмаль виникає адгезія між поверхнями різнорідних частинок [9; 49], а кількість вільної вологи за рахунок поглинання її крохмальними зернами зменшується. В процесі пресування надлишкова волога поступово видаляється; є імовірність того, що крохмальні зерна поглинають додаткову кількість води та утримують її, але в результаті зменшення частки вільної вологи знижується кількість та міцність водневих зв'язків, що зумовлюють структуру продукту [9; 49; 50; 120; 134; 203; 222...224]. Крім того, полісахариди та білки зернових утворюють білково-полісахаридні комплекси з казеїнатами, тим самим підвищуючи емульгуючі, стабілізуючі і вологоутримуючі властивості молочної основи [156]. Проте, незалежно від попередньої обробки, надлишкова заміна молочної сировини рослинними добавками призводить до появи крихкості готових виробів [130; 156].

Доцільно відзначити значну роль борошна кукурудзяного як фактору утримання вологи в сирному продукті. Вільна волога в сирі знаходиться в його масі та утримується його макро- і мікрокапілярами, має слабкий фізико-механічний зв'язок з частинками продукту і зберігає рухливість (за рахунок дифузії). Зв'язана вода міцно з'єднана з його хімічними речовинами [24; 34; 87; 133; 199; 225; 231]. Під час контакту з водою рослинний білок набрякає та в результаті того молекули води проникають в білкову масу, гідратуючи молекули білка, що веде до їх роз'єднання [3; 8; 9; 175; 203]. Поверхня білкової глобули покривається гідратною оболонкою за рахунок впливу електростатичних сил. Мономолекулярний шар – перший шар молекул води – міцно адсорбується на поверхні білка гідрофільними групами; це так звана «зв'язана» волога. Рухливість системи білок–вода різко збільшується після завершення формування моношару. Наступні шари гідратної оболонки стають менш впорядкованими, тому що електростатичні сили слабшають. Відбувається повільний перехід від твердої фази, якою є білкова глобула до дисперсійного середовища – води. Білкова глобула закріплюється на

диполях води. Діелектрична проникність води висока та взаємозв'язок між білковою глобулою та водним середовищем стабільний [3; 8; 9; 133; 175; 203]. Гідратовані зернові мають тривимірну губчасто-сітчасту структурну основу; білки створюють їх основу у вигляді пружно-еластичних каркасів [26]. На рис. 1.1 представлено схему зв'язування вологи білком зернових, який було запропоновано П.М. Шу та Ц.В. Морром [26; 139; 156; 175].

Зернові мають переважно глобулярні білки, в яких між поліпептидними ланцюгами відсутні поперечні хімічні зв'язки [198]. В цьому випадку на кінцевій стадії гідратації внаслідок великої різниці в швидкості дифузії молекул білків і низькомолекулярного розчинника – води – відбувається збільшення обсягу частинок зернової добавки [26].

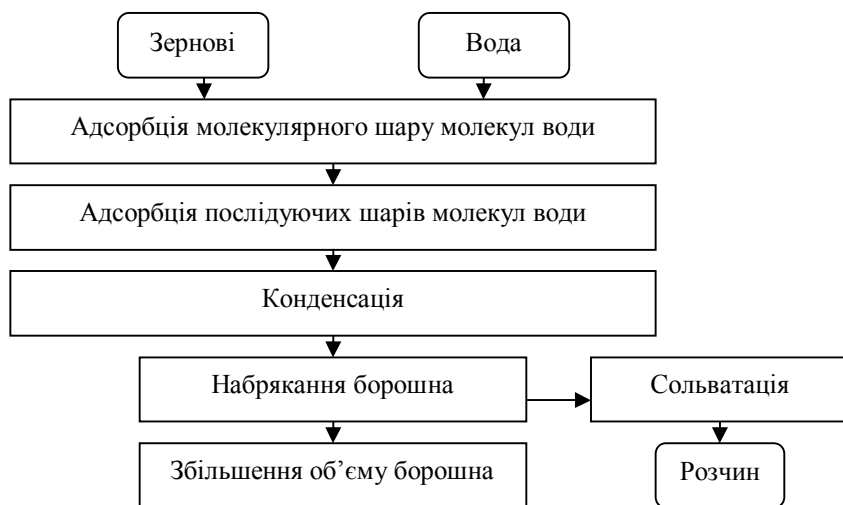


Рис. 1.1. Схематичне представлення процесу зв'язування вологи зерновими

1.4.3. Перспективи залучення олії рослинної. Виробництво сирних продуктів, виготовлених з використанням рослинного жиру, є перспективним напрямком розвитку сироваріння; застосування такого жиру дозволяє збільшити випуск продукції внаслідок створення додаткових сировинних ресурсів, уникнути нерівномірного завантаження підприємств в різні сезони року, розширити асортимент продукції [52; 62; 71; 168; 176; 178; 204]. Використання рослинних жирів при виробництві сирних продуктів доцільне в поєднанні з сухим знежиреним молоком, що дозволить організувати виробництво сирних продуктів у всіх регіонах, яким притаманна нестача або повна відсутність молока [70...72].

За різномайттям жирних кислот молочний жир не має собі рівних в природі (серед тваринних та рослинних жирів). Проте, молочний жир не є ідеальним за жирнокислотним складом [12; 34; 192]. Молочний жир вкрай нестійким при зберіганні, а саме: до дії високих температур, світлових променів, водяної пари, кисню, розчинів лугів і кислот [70; 71; 192; 225]. Одним із шляхів розробки сирних продуктів високої біологічної цінності та з метою зниження ресурсоемності виробництва перспективним є введення до складу сирних продуктів рослинної олії зі значним вмістом ненасичених жирних кислот [71]. Фахівці в області здорового харчування одностайні в тому, що жири в добовому раціоні людини повинні складати близько 30% його калорійності за умови, що співвідношення жирних кислот буде наступним: насичених 30%, мононенасичених – 60% і поліненасичених 10%. Ні в одному з природних жирів це співвідношення не дотримується. Думка провідних фахівців в області здорового харчування – академіків В. А. Тутельяна, О. В. Большакова та інших – про необхідність зниження дефіциту поліненасичених жирних кислот на тлі надмірного надходження тваринних жирів – успішно реалізується в Росії при виробництві вершкового масла та сметани зі складним жировим складом [71; 166; 168]. У світовій практиці накопичений значний досвід з виробництва твердих сичужних сирів із частковою заміною молочного жиру рослинним [69; 70; 165; 167; 196]. Основним видом олій на ринку СНД залишається олія соняшникова, що становить близько 70% всього обороту ринку, на другому місці – пальмова олія, з часткою близько 20% від загального обсягу продажу. Інші види рослинних олій сумарно займають 10% ринку [52; 71]. Рекордний урожай соняшнику в 2008 році та досить високий попит на олію соняшникову в світі дозволили Україні істотно наростити її виробництво та експорт. Найвищий приріст внутрішнього споживання олії соняшникової за рахунок скорочення використання пальмової. На даний час підвищення світових цін на рослинні олії змусили переробників надавати перевагу українській соняшниковій олії [21; 52; 71; 168; 176; 178]. Олія соняшникова багата на лінолеву кислоту; продукти перетравлення лінолевої кислоти сприяють підсиленню імунітету, зниженню ризику серцево-судинних захворювань, зменшенню запальних

процесів в організмі людини, регулюванню роботи мозку і нервової системи, нормалізації рівню інсуліну, прискоренню обміну речовин. Тому, залучення олії соняшникової до технології сирних продуктів підвищує їх статус серед лікувально-профілактичних молочних продуктів [166; 206].

1.5. Вплив режимів заморожування на якість сирних продуктів

Провідним напрямком збереження якості сирів і сирних продуктів є їх заморожування. Уперше роботу з впливу заморожування на сири проводив доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії Р.Б. Давідов. Пік активності його роботи прийшовся на 40-і роки ХХ століття, затверджуючи перспективність досліджень з огляду формування тоді стратегічного запасу, сьогодні – визначального становища в розвитку міжнародної системи виробництва та розподілу продуктів сироваріння. Унаслідок виявлення закономірностей змін концентрації та дисперсного стану білкових речовин, вологи, особливостей поведінки мікроструктури вченим доведено, що заморожування не викликає глибоких незворотних змін у сирах [19...21].

Сьогодні в Україні існує наукова школа доктора технічних наук, професора, лауреата Державної премії Р.Ю. Павлюк. Вагома частина її наукових праць присвячена розробці нових функціональних молочно-рослинних продуктів з використанням низькотемпературних і механічних впливів, направлених на трансформацію різноманітних зв'язків у продуктах [57...59; 107; 110].

Структура сирного продукту капілярно-пориста з хімічною, фізико-хімічною, механічною формами зв'язку вологи в структурі. Це білковий продукт, в якому рівномірно розподіляються рослинні білки, полісахаридні та жирові компоненти. Під час його заморожування відбувається перетворення води в лід, що супроводжується міграцією вологи та змінами теплофізичних і механічних властивостей продукту. Під час заморожування зміна фазового стану води є головним чинником, який зумовлює гальмування небажаних мікробіологічних, фізико-хімічних, біохімічних процесів у сирному продукті. Режимми холодильної обробки повинні забезпечувати максимальну зворотність властивостей продукту щодо дії низьких температур. [2; 3; 15; 30; 63]. Кристалізація води в харчових продуктах відбувається в разі зниження кріоскопічної температури, на відміну від ізотермічної кристалізації чистої води. Чим менше води в продукті та більше речовин, що утворюють з водою справжні розчини, тим нижча його початкова кріоскопічна температура [19; 24; 133; 199; 200]. По мірі вимерзання води, залишкова концентрація розчину підвищується, а температура знижується. Цей процес буде тривати до тих пір, доки система не досягне евтектичної точки. В

евтектичній точці розчин замерзає при незмінному складі та температурі доки не вимерзне вся рідина [2; 15; 19; 20]. Швидкість росту кристалів після утворення кристалічних зародків залежить від швидкості дифузії молекул води до їх поверхні та від швидкості відводу тепла кристалізації. Якщо температура близька до 0°C , швидкість росту кристалів невелика та регулюється, переважно, дифузією молекул води. Під час подальшого зниження температури починає домінувати вплив швидкості тепловіддачі та швидкість росту кристалів збільшується, досягає максимуму, потім знову падає через те, що швидкість заморожування стає вище швидкості дифузії [19; 60]. Як відзначив Р. Планк, найвагомий теплофізичний чинник з точки зору збереження властивостей замороженого продукту – швидкість заморожування. Високі швидкості заморожування досягаються застосуванням низьких температур (в камерах шокової заморозки, де температура знижується, переважно, до $-35\dots-37^{\circ}\text{C}$) і залежать від розмірних характеристик продукту. На думку вітчизняних дослідників, перевага швидкого заморожування полягає в дрібнокристалічній структурі льоду під час швидкого проходження зони критичного інтервалу температур $-5\dots-8^{\circ}\text{C}$ (не перевищує 30 хв). За високої швидкості заморожування тепло відводиться інтенсивно та вода не встигає переміщуватись до інших шарів продукту; кристалізація вологи відбувається одночасно, зберігаючи внутрішню структуру продукту. [19...21; 119; 152]. Повільне заморожування (температура $-10\dots-12^{\circ}\text{C}$) обумовлює появу великих позаклітинних кристалів льоду, які розривають структуру продукту. В такому разі кристалоутворення відбувається наступним чином: спочатку з міжклітинного неконцентрованого розчину утворюються зародки льоду. Потім високий тиск пари над охолодженою рідиною всередині структури продукту викликає дифузю водяної пари. Внаслідок конденсації водяної пари з зародків льоду утворюються великі кристали. Розпочинається процес травмування структури внаслідок здавлювання її елементів, що спонукає вільну вологу до руху. Заморожений таким чином продукт зазнає відчутних негативних змін на молекулярному рівні [20; 21; 152; 209].

За результатами досліджень харчових систем, проведених Г.Б. Чіжовим, діаметр кристалів льоду під час повільного заморожування складає близько 0,5 мм, а довжина може сягати 10 мм. Аналогічні розмірні характеристики кристалів за швидкого заморожування – відповідно близько 5 мкм і 0,1 мм [2; 3; 15; 19; 21; 119]. Паралельно існує думка, що високі швидкості заморожування можуть призвести до погіршення якісних характеристик продукту внаслідок нерівномірного охолодження продукту по всій масі: високий градієнт температур між поверхневими та внутрішніми шарами продукту разом з високим внутрішнім тиском (більш вагомо для великої маси) викликають додаткове напруження. На думку І.О. Рогова, вказані процеси виступають головною причиною в порушенні

структури продуктів під час надшвидкого заморожування за використання більш низьких температур (-40°C та нижче) [152]. Схожі результати отримав датський фахівець М. Юль, який наголошує на доречності застосування швидкого способу заморожування за вказаних режимів лише для продуктів з невеликими масою (до 0,2 кг) та обсягами. Досить важливим є те, що підтримання низьких температур (-40°C та нижче) вимагає додаткових економічних витрат. З урахуванням вищевикладеного можна наголосувати на доцільності заморожування сирного продукту за температури -18°C ; маса продукту не повинна бути більше, ніж 0,5...1,0 кг. Такі умови відповідають реалізації механізму фазового перетворення вологи, що обумовлює збереження її в структурних ділянках, де волога перебувала до заморожування [15; 19; 21; 87; 152].

При заморожуванні колоїдного білкового розчину спочатку він веде себе як справжній розчин і процес заморожування зворотній. При подальшому зниженні температури починає замерзати зв'язана вода. Відокремлені оболонками гідратів колоїдні часточки можуть зближуватися настільки, що сили тяжіння склеюють міцели; колоїд може денатурувати. Зменшення зворотності білків підвищується з пониженням температури [40; 69]. Завдяки вказаним протилежним чинникам незворотні реакції будуть відбуватись за температури, коли розчин, що містить колоїдні гідрати, стане концентрованим, а швидкість денатурації буде високою. Такий стан зберігається за температури від -1°C до -5°C . Отже, важливо, щоб у процесі заморожування температура швидше стала нижче -5°C [34; 60; 69; 87; 152]. Під час заморожування сирів і сирних продуктів гине значна кількість мікроорганізмів і їх загибель знаходиться в прямій залежності від швидкості та інтенсивності зниження температури. За низьких температур (-18°C до -20°C) і високій швидкості заморожування гине найбільша кількість мікроорганізмів. Під час повільного неглибокого заморожування до температури не нижче -10°C до -12°C мікроорганізмів гине значно менше [2; 20; 119]. Однак, продукт не стає стерильним. Інтенсивність розмноження мікроорганізмів залежить і від способу заморожування, тому небажана додаткова волога, що утворюється внаслідок повільного заморожування. Під час розморожування мікроорганізми, що вижили починають розмножуватись. Варто зазначити: розморожування проводять при високій температурі (20°C до 25°C) – відбувається інтенсивне розмноження мікробів, при повільному розморожуванні (температура складає 1°C до 8°C) – менш активно [20; 119]. Отже, сьогодні загально визнаними вважаються технології швидкого заморожування, де скорочується переміщення вологи під час льодоутворення. Тому процес дефростації, що полягає в наявності достатнього часу для відновлення натурального перерозподілу вологи, стає несуттєвим. Сучасні тенденції розморожування полягають у застосуванні повітря або рідини [40; 209]. Переважно конструкції камер

швидкого заморожування передбачають реалізацію процесу в потоці холодного повітря за мінімальний проміжок часу. За видами їх розподіляють на конвеєрні, плиткові, вертикально-плиткові, флюїдизаційні, тунельні. Для вибору холодильної камери для швидкого заморожування необхідно, передусім, розробити оптимальну технологію заморозки конкретного продукту, що вимагає проведення спеціальних фізико-хімічних досліджень [15; 19].

Унаслідок проведеної роботи щодо вивчення сучасного стану, проблем і перспектив розвитку молочного виробництва в контексті галузі сироваріння, можна зробити наступні висновки.

Встановлено, що в умовах сучасного розвитку вітчизняного агропромислового комплексу спостерігається тенденція зменшення поголів'я молочного стада. В цих умовах кількість та якість виробленого молока не забезпечує потреби виробництва сирів. Тому, пріоритетним напрямком з огляду насичення ринку продуктами зі сталими властивостями та рецептурним складом, є виробництво сирних продуктів на основі сухого молока, що сприяє зниженню собівартості виробництва та займає відносно новий сегмент сироваріння.

Відмічено, що в Україні спостерігається низький рівень споживання сирів, особливо м'яких, що викликаний, перш за все, високою ціною політикою та недостатньою якістю кінцевого продукту. Показано, що сучасний раціон людини характеризується білковим дефіцитом послабити цей негативний чинник та збагатити раціон білковим харчуванням можливо за рахунок залучення рослинного білка до технології сирних продуктів: технологічно оброблених олійних, зернобобових або зернових культур.

Проаналізовано основні способи технологічного впливу на рослинні білкові продукти. Встановлено позитивний вплив способу холодного пресування олійних культур. Відзначено, що за умов введення зернового компонента до складу сирного продукту мають місце зміни реологічних властивостей, пов'язані зі змінами стану вологи.

Проаналізовано позитивний вплив від використання соняшникової олії в технології сирних продуктів, що дозволяє знизити вміст молочного жиру, підвищити біологічну цінність продукту.

Проаналізовано суперечливі дані щодо режимів заморожування та виявлено, що для тривалого зберігання сирних продуктів раціонально застосовувати швидке заморожування зразків з масою, що не перевищує 1,0 кг за температури -18°C із повільним розморожуванням.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СИРНОГО ПРОДУКТУ М'ЯКОГО З РОСЛИННИМИ ДОБАВКАМИ

Для наукового обґрунтування технології сирного продукту застосовано низку різних способів оцінки його якості [47; 56; 66; 86; 95; 141; 147; 159; 161; 174; 197], органолептичні [111; 115; 169; 195; 213], фізичні, фізико-хімічні [4; 8; 14; 31; 32; 38; 44; 49; 63; 75; 78...83; 96; 109; 113; 117; 118; 128; 150; 151; 158; 179; 199...202], хімічні [39; 68; 93; 94; 98; 143; 164; 183...189; 206; 230], мікробіологічні [84; 88; 89; 92; 97; 140...142; 144; 145] методи дослідження, використано методи системного аналізу, планування експерименту та математичного моделювання [11; 17; 45; 91; 148; 162; 205], досліджено біологічну цінність сирного продукту [5; 46; 138; 210; 211].

2.1. Вивчення функціонально-технологічних властивостей основних видів рослинної сировини

Спираючись на дослідження провідних фахівців, ми прийшли до висновку, що роль функціонально-технологічних властивостей сухих порошків, отриманих під час технологічної переробки рослинної білкової сировини і води, як розчинника, в процесі виробництва сирних продуктів вивчена недостатньо глибоко [7; 24]. Такі дослідження необхідні з огляду виробництва сирних продуктів високої якості внаслідок появи можливості керувати фізико-хімічними та структурно-механічними характеристиками. Відомо, що борошно кукурудзяне містить до 18% від загального вмісту білка водорозчинного альбуміну, а ядра арахісу – близько 97% глобулінів, що безпосередньо впливає на здатність білків взаємодіяти з водою [18; 131; 220].

Досліджувана рослинна сировина підлягала механічній обробці – помелу – до розміру часточок близько 50 мкм (середня дисперсність борошна різних видів). З метою дослідження ймовірних фракцій, що взаємодіють під час введення борошна кукурудзяного, надано дані щодо функціонально-технологічних характеристик кукурудзяного крохмалю. Температурні параметри визначення ВУЗ вибрано з урахуванням технологічного процесу виробництва сирів – другого нагрівання, під час якого варто вводити рослинні компоненти з метою мінімізації технологічних втрат та підвищення доступності білків і вуглеводів до дії травних ферментів, покращення реологічних характеристик [25].

З метою доведення доцільності введення рослинних добавок під час другого нагрівання – стосовно здатності зв'язувати вологу – та не

порушуючи основні температурні режими класичної технології сирів представлено результати визначення ВУЗ за 20 ± 2^0 С, 34 ± 2^0 С, 55 ± 2^0 С та 65 ± 2^0 С. У табл. 2.1 представлено результати досліджень основних функціонально-технологічних властивостей (ВУЗ та ЖУЗ) низки рослинної сировини, яку, на основі літературних джерел, можливо використати під час виготовлення сирних продуктів в Україні.

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика ВУЗ та ЖУЗ рослинної сировини

Сировина	Показник					
	ВУЗ, %					ЖУЗ, %
	20 ± 2^0 С	34 ± 2^0 С	55 ± 2^0 С	65 ± 2^0 С	75 ± 2^0 С	
Крохмаль кукурудзяний	40	45	90	95	85	35
Борошно кукурудзяне	100	110	170	180	170	75
Борошно вівсяне	80	100	140	140	140	77
Борошно рисове	100	120	170	190	180	95
Борошно пшеничне	73	90	120	125	100	92
Борошно гречане	150	210	320	340	320	24
Концентрат ядра арахісу	160	160	160	170	170	70
Концентрат ядра волоського горіху	110	110	110	110	110	75
Концентрат ядра соняшнику	160	160	160	170	170	75
Ядро арахісу	45	45	45	45	45	42
Ядро волоського горіху	19	19	19	19	19	40
Ядро соняшнику	50	50	50	50	50	42

Аналіз даних табл. 2.1 свідчить, що підвищення температури, зокрема з 34 ± 2^0 до 55 ± 2^0 С сприяє суттєвому підвищенню ВУЗ різних видів борошна та крохмалю. Відбувається набрякання полісахаридів, клейстеризація крохмалю, що міститься в сировині; волога утримується переважно внаслідок хімічної взаємодії [18; 132]. Зернові в своєму складі містять значну кількість білка, що володіє гідрофільними властивостями; при цьому полісахариди борошна не тільки утримують вільну вологу, але взаємодіють з білковими молекулами, утворюючи стійку колоїдну дисперсію.

За умови підвищення температури з 34 ± 2^0 до 55 ± 2^0 С для сировини, що не містить крохмалю (концентрати та розмелені ядра), внаслідок хімічної взаємодії «білок-вода» та низки взаємодій нехімічної природи утворюється менш стійка система, ВУЗ якої не залежить від температури. Підвищення температури обробки зернових сприяє рухливості молекул води, що супроводжується збільшенням інтенсивності гідратації за рахунок збільшення доступності активних центрів в білку, крохмалю та баластних речовинах, що містяться в сировині [28; 132; 222; 232].

У результаті при підвищенні температури до 65 ± 2^0 С завершуються процеси клейстеризації крохмалю та утворення колоїдної структури. В діапазоні підвищення температури з 55 ± 2^0 до 65 ± 2^0 С ВУЗ зернових незначно підвищується, зокрема підвищення ВУЗ борошна кукурудзяного складає трохи менше 6%, борошна гречаного – приблизно 6%, а рисового борошна – 12%.

В той час ВУЗ концентратів ядер арахісу та соняшнику підвищується приблизно на 6%. При підвищенні температури до 75 ± 2^0 С процес клейстеризація крохмалю завершується та утворюється колоїдна структура з певною просторовою конфігурацією, а ВУЗ крохмалевмісної сировини та, власне, крохмалю знижується [26].

Отримані дані показують, що з-поміж усіх видів рослинної сировини, борошно кукурудзяне та концентрат ядра арахісу мають високі показники ВУЗ: 170 та 160% (при температурі 55 ± 2^0 С) та 180% та 170% (при температурі 65 ± 2^0 С) відповідно. Результати дослідження показали, що відносно крохмалю кукурудзяного борошно кукурудзяне більш вагомо впливає на підвищення ВУЗ та ЖУЗ; очевидно, має місце взаємодія білків та полісахаридів борошна з водою.

Виявлене підвищення показників ВУЗ та ЖУЗ доводить доцільність технологічної переробки олійних культур на концентрати методом холодного пресування. Оскільки має місце видалення гідрофобного жиру та збільшення площі взаємодії води з гідрофільними групами, що наявні в сировині. За результатами досліджень ВУЗ виявлено, що рослинні добавки доцільно вводити до системи за температури $(55...65) \pm 2^0$ С (за цією температурою визначено ЖУЗ), а подальше підвищення температури недоцільне.

2.2. Дослідження органолептичних показників модельної системи сирного продукту м'якого та засади розробки рецептури

Очевидною проблемою при виробництві сирних продуктів є неможливість використання параметрів класичних технологій сирів без внесення до них певних коректив, пов'язаних зі зміною властивостей сировини внаслідок використання додаткових компонентів рослинної природи, що впливає на процес формування структури та основні технологічні параметри виробництва [25; 27; 114; 156]. При використанні сухого знежиреного молока в утворенні структури нового сирного продукту будуть приймати участь білки, що відрізняються за властивостями від білків незбираного молока внаслідок температурного чинника, що сприяє денатурації білків [27; 67; 72]. Крім того, при виробництві СПМ застосовані різні рослинні компоненти, що істотно впливають на органолептичні показники. Зазначені обставини стали підставою для вивчення органолептичних показників модельної системи СПМ, які в першу чергу формують споживчий інтерес, а також фізико-хімічні властивості, впливають на визначення харчової, біологічної цінності, мікробіологічних показників в процесі виготовлення сирного продукту. Це дасть можливість розробити науково-обґрунтовані практичні рекомендації щодо вдосконалення та оптимізації технології СПМ і підвищити його якість, що є сучасною проблемою сироробної галузі молочної промисловості.

У технології СПМ вилучено СЗМ до 10% та замінено рослинними добавками: концентратом ядра арахісу, борошном кукурудзяним та обома цими компонентами в різному співвідношенні. В табл. 2.2 відображені органолептичні показники модельної системи СПМ відносно заміни СЗМ від 2,5 до 10% на КЯА та БК та контрольного зразка, який не передбачає заміни.

Таблиця 2.2

Органолептичні показники модельної системи СПМ
з заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне

Заміна СЗМ, %	Рослинна сировина	Зовнішній вигляд, консистенція	Смак и запах	Колір	Рисунок
Контроль (без добавок)	–	Щільна, еластична, ламка на згині, однорідна	Виражений сирий, злегка кислуватий	Білий	Тісто без вічок або з вічками неправильної форми
	КЯА		Сирий з легким присмаком арахісу	Білий	
2,5	БК		Сирий з легким присмаком кукурудзи	Білий з жовтуватим відтінком	
	КЯА		Сирий з вираженим присмаком арахісу	Білий з сируватим відтінком	
5	БК	Еластична, в міру щільна, ламка на згині, однорідна по всій масі	Сирий з присмаком кукурудзи	Жовтий рівномірний за всією масою	
	КЯА	Мазка, рихла	Сирий з характерним присмаком арахісу	Білий з сируватим відтінком	
7,5	БК	В міру щільна, крихка	Сирий з вираженим присмаком кукурудзи	Жовтий, нерівномірний	
	КЯА	Мазка, розшарувата	Виражений смак і запах властивий рослинним компонентам	Сируватий	Назви невеликі пухотки
10	БК	М'яка, неоднорідна, розенчаста		Жовтий, нерівномірний	Тісто без вічок

За допомогою органолептичного аналізу зразків модельної системи СПМ виявлено, що заміна СЗМ 2,5% дозволяє отримати зразки, що не поступаються контрольному зразку за зовнішнім виглядом, консистенцією та рисунком, однак мають незначні відмінності кольору, наявний легкий присмак концентрату та борошна. Враховуючи напрямок розробки продукту з максимально можливою заміною молочної сировини на рослинні компоненти з огляду економії молока, зміни біологічної та харчової цінності продукту, органолептичних показників та ряду інших властивостей, заміна СЗМ 2,5% не має практичного інтересу. Заміна молочної сировини 5% зумовлює появу більш ніжної щодо попередніх зразків консистенції – так званої м'якості – та вираженого присмаку залучених рослинних добавок. Зразок з 5%-ю заміною молока на концентрат набуває сіруватого відтінку, що є непридатним для сирів; зразок із борошном набуває рівномірного жовтого кольору. Результати органолептичних досліджень свідчать: заміна СЗМ більше, ніж 5% негативно позначається на всіх органолептичних показниках СПМ, особливо на зовнішньому вигляді, консистенції.

Відомо, що сироваткові білки утворюють стійкі необернені драгли, яким властиві висока міцність та когезія (зчеплення). В процесі драглеутворення сироваткові білки утворюють іонні по-новому орієнтовані дисульфідні зв'язки між молекулами білка [12; 112; 155; 225; 231; 241]. Тому для контрольного зразка характерна щільна, еластична, ламка на згині, однорідна консистенція. Більш мазка консистенція зразків з концентратом порівняно зі зразками з борошном, можливо, пов'язана з послабленням міжмолекулярної взаємодії просторового каркаса внаслідок потрапляння гідрофобних груп білків арахісу; до системи також потрапляють додаткові жири, що посилюють гідрофобні властивості. До того ж білки арахісу водонерозчинні, тобто в сирному продукті вони лише набрякають. У зв'язку з цим, має місце зниження міжмолекулярної взаємодії [220]. Відомо, що борошно кукурудзяне впливає на гідромодуль та вільну вологу в системі: із підвищенням концентрації борошна гідромодуль зменшується, тобто знижується кількість вільної вологи в системі, яка обумовлює кількість міцних водневих зв'язків і міцніший просторовий каркас [18; 26; 232]. Імовірно це пов'язано з поглинанням води амілозою крохмалю, набряканням полісахаридів та, внаслідок того, зменшення частки вільної вологи, яка знаходиться між молекулами білку в системі, отже утворенням меншої кількості водневих зв'язків між молекулами білку. Разом з тим, підвищення концентрації борошна кукурудзяного в системі призводить до накопичення клітковини, яка має хімічну інертність. Відбувається процес гідратації складових полісахаридів і їхня дифузія в навколишнє водне середовище. Система насичується гідратованими полісахаридами, частками інертної клітковини та стає крихкою. Таким чином, з огляду органолептичних властивостей

модельної системи СПМ, максимально можлива заміна СЗМ складає 5% і подальше її збільшення не має сенсу. Беручи до уваги визначений напрямок створення комбінованого продукту з різними рослинними інгредієнтами з метою регулювання показників якості, необхідним виявляється представлення органолептичних показників зразків з різним співвідношенням концентрату та борошна відносно один одного (табл. 2.3). Дані табл. 2.3 свідчать, що співвідношення КЯА та БК як 1 : 1 обумовлює отримання модельної системи СПМ з найвищими смакоароматичними характеристиками та приємним рівномірним кольором. Такий зразок має найвищу бальну оцінку органолептичних показників впродовж зберігання відносно зразків із заміною на один компонент та контрольним (табл. 2.4) і, очевидно, є раціональним.

Високі бали характерні свіжовиготовленим зразкам СПМ. Видно, що сума балів раціонального зразка на 14 добу випробувань максимальна: складає 99 зі 100 можливих. Відзначені високі бали смакоароматичних показників і консистенції. Беручи до уваги бальну оцінку органолептичних показників (табл. 2.4), які можуть характеризуватись значною кількістю дестабілізуючих чинників та динамічністю їх розвитку, особливої уваги набувають питання обґрунтування та вибору з множини альтернативних рішень найефективніших задля отримання продукту високої якості.

Застосування статистичних методів для вирішення цих проблем не завжди є доцільним, оскільки вони не повністю можуть передбачати випадковість та різку зміну поведінки технологічних процесів. Внаслідок цього постає необхідність застосування методів, які базуються на експертному оцінюванні з метою врахування факторів, які впливатимуть на технологічний процес у наступних періодах [148; 162].

Вибір раціонального співвідношення КЯА та БК підтверджений за допомогою методу рангу. Для застосування вказаного методу введені такі позначки: заміна СЗМ на КЯА 5% при терміні зберігання 0 дів, 14 дів і 28 дів – альтернативи, відповідно, А1, А2 і А3; заміна СЗМ на КЯА 2,5% разом із БК 2,5% при терміні зберігання 0 дів, 14 дів і 28 дів – альтернативи, відповідно, А4, А5 і А6; заміна СЗМ на БК 5% при терміні зберігання 0 дів, 14 дів і 28 дів – альтернативи, відповідно, А7, А8 і А9. Позначення органолептичних показників, що оцінюють якість зразків наступне: x_1 – зовнішній вигляд, x_2 – консистенція, x_3 – смак і запах, x_4 – колір, x_5 – рисунок і x_6 – упаковка. Враховуючи бальні оцінки експертів, надані зразкам за органолептичними показниками, розраховані стандартизовані ранги, коефіцієнти вагомості та значимості для кожної з альтернатив (табл. 2.5, 2.6).

Таблиця 2.3

Органолептичні показники модельної системи СПМ з заміною 5% СЗМ і різним співвідношенням концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного

Зразок	Зовнішній вигляд, консистенція	Смак и запах	Колір	Рисунок
Контроль (без добавок)	Щільна, еластична, ламка на згині, однорідна	Виражений сирний, злегка кислуватий	Білий	Тісто без вічок або з вічками неправильної форми, які рівномірно розподілені по всій масі
КЯА	Ніжна, пружна, злегка ламка на згині, однорідна	Сирний з вираженим присмаком арахісу	Білий з сіруватим відтінком	
Співвідношення КЯА:БК (3 : 1)	Ніжна, пружна, злегка ламка на згині, однорідна		Білий з жовтуватим відтінком, рівномірний за всією масою	
Співвідношення КЯА:БК (1 : 1)	Ніжна, еластична, злегка ламка на згині, однорідна	Сирний, з наявністю присмаку арахісу та кукурудзи	Світло-жовтий, рівномірний за всією масою	
Співвідношення КЯА:БК (1 : 3)	Еластична, в міру щільна, ламка на згині, однорідна по всій масі	Сирний з характерним присмаком кукурудзи та легким присмаком арахісу	Жовтий, нерівномірний	
БК		Сирний з характерним присмаком кукурудзи		

Таблиця 2.4

Бальна оцінка органолептичних показників якості модельної системи СПМ з різним рецептурним складом при заміні 5% СЗМ

Показник, бали	Зразок											
	Контроль (без добавок)			КЯА 5%			КЯА 2,5%+ БК 2,5%			БК 5%		
	Зберігання, діб											
	0	14	28	0	14	28	0	14	28	0	14	28
Зовнішній вигляд (10)	10	8	6	10	10	8	10	10	8	10	9	9
Консистенція (25)	18	20	16	21	23	23	21	24	23	22	24	24
Смак і запах (45)	43	41	40	43	43	41	45	45	41	45	44	43
Колір (5)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Рисунок (10)	9	10	10	8	10	10	8	10	10	8	10	10
Упаковка (5)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Сума балів	90	89	82	92	96	92	94	99	92	95	97	96

Таблиця 2.5

Обґрунтування бальної оцінки органолептичних показників якості модельної системи СПМ з різним рецептурним складом при заміні 5% СЗМ

Зразок	Зберігання, днів	Альтернатива	Показники, бал						Стандартизовані ранги, r_{ij}					
			X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
КЯА 5%	0	A1	10	21	43	5	8	5	5	5	4	5	2	5
	14	A2	10	23	43	5	10	5	5	4	5	6,5	5	
	28	A3	8	23	41	5	10	5	5	1,5	5	6,5	5	
КЯА2,5% +БК 2,5%	0	A4	10	21	45	5	8	5	5	8	5	2	5	
	14	A5	10	24	45	5	10	5	5	8	5	6,5	5	
	28	A6	8	23	41	5	10	5	5	1,5	5	6,5	5	
БК 5%	0	A7	10	22	45	5	8	5	5	3	8	2	5	
	14	A8	9	24	44	5	10	5	5	8	6	6,5	5	
	28	A9	9	24	43	5	10	5	5	8	4	6,5	5	

Таблиця 2.6

Визначення коефіцієнта вагомості альтернатив модельної системи СПМ з різним рецептурним складом при заміні 5% СЗМ

Альтернатива	k_{ij}						Разом	k_i
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6		
A1	0,156	0,033	0,089	0,111	0,044	0,111	0,544	0,091
A2	0,156	0,111	0,089	0,111	0,144	0,111	0,722	0,120
A3	0,033	0,111	0,033	0,111	0,144	0,111	0,544	0,091
A4	0,156	0,033	0,178	0,111	0,044	0,111	0,633	0,106
A5	0,156	0,178	0,178	0,111	0,144	0,111	0,878	0,146
A6	0,033	0,111	0,033	0,111	0,144	0,111	0,544	0,091
A7	0,156	0,067	0,178	0,111	0,044	0,111	0,667	0,111
A8	0,078	0,178	0,133	0,111	0,144	0,111	0,756	0,126
A9	0,078	0,178	0,089	0,111	0,144	0,111	0,711	0,119

Максимальне значення $k_i = 0,146$ має зразок, в якому співвідношення КЯА та БК складає один до одного (2,5% і 2,5%) на 14 добу випробувань. Це значення дозволяє вибрати найбільш привабливу альтернативу – раціональний вміст КЯА та БК при заміні молочної основи: співвідношення КЯА та БК при заміні молочної основи 5% складає один до одного.

2.3. Вивчення зміни поверхневих явищ модельної системи сирного продукту м'якого

Внаслідок дії молокозсідального ферменту утворюється система – сирний згусток або сирна маса (далі сирна маса). Сирна маса, вироблена з відновленого молока являє собою білкову матрицю в якій вже наявні термічно денатуровані білки; внаслідок того ускладнюється пересування сироватки по капілярах. В конкретній технології, де основною сировиною є сухе молоко з певною частиною вже денатурованих білків, що перешкоджають зневодненню [72; 196], доцільно залучити процес другого нагрівання за низьких температур (38...42⁰ С) і тривалістю близько 15 хв, що сприяє поступовому зневодненню білкової матриці (видаляють до 30% сироватки). Щоб не перешкоджати руху сироватки, КЯА та БК раціонально вводити до термічно обробленої сирної маси (вологість її

складає близько $78\pm 2\%$). На цьому етапі варто прослідкувати вплив рослинних добавок на склеювання сирних зерен і вивчити міцність адгезії сирної маси з огляду рецептурного складу.

Підвищення температури більше, ніж $42\dots 44^{\circ}\text{C}$ унеможливорює проведення експерименту внаслідок втрачання системою необхідної липкості. Тепловий вплив збільшує поверхневу енергію оболонок сирних зерен і зменшує міцність адгезії; при цьому підвищується клейкість системи (рис. 2.1).

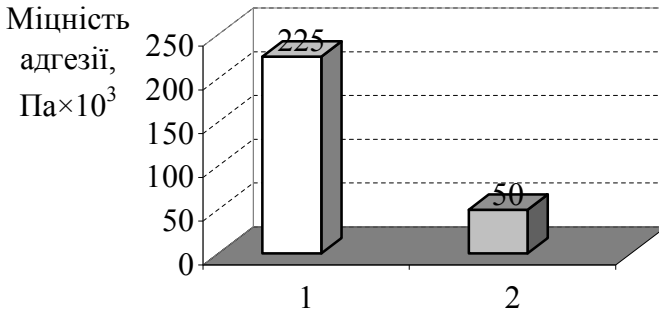


Рис. 2.1. Міцність адгезії сирної маси: 1 – сирна маса до термічної обробки; 2 – сирна маса після термічної обробки

З рис. 2.1 видно, що найвищу міцність адгезії має нетермооброблена сирна маса – близько $225\text{ Па}\times 10^3$. Термічна обробка сирної маси (друге нагрівання) сприяє зниженню міцності адгезії до $50\text{ Па}\times 10^3$. Це пояснюється тим, що стійкість казеїнових міцел у сирному згустку, головним чином, залежить від гідрофільних властивостей казеїну, так як вода утворює навколо міцел гідратну оболонку, що обумовлює стійкість системи.

У нативному білку пептидні групи екрановані зовнішньою гідратною оболонкою або знаходяться всередині білкової глобули і таким чином захищені від зовнішніх впливів. При денатурації білок втрачає гідратну оболонку, в результаті чого багато функціональних груп і пептидних зв'язків білкової молекули опиняються на поверхні та білок стає більш реакційно здатним; відбувається агрегування білкових молекул. Після постановки сирного зерна, другого нагрівання та введення рослинних добавок були проведені дослідження залежності зміни міцності адгезії отриманої сирної маси від вмісту рослинних добавок (рис. 2.2).

З рис. 2.2 видно, що чим більша заміна молочної сировини на рослинні добавки, тим вища міцність адгезії сирної маси.

Збільшення заміни молока на борошно кукурудзяне до 10% відносно контролю підвищує міцність адгезії до $97 \text{ Па} \times 10^3$; відповідна заміна СЗМ на концентрат призводить до меншого підвищення – до $80 \text{ Па} \times 10^3$. На рис. 2.3 представлено дані міцності адгезії сирної маси із загальною заміною СЗМ 5% та різним рецептурним складом.

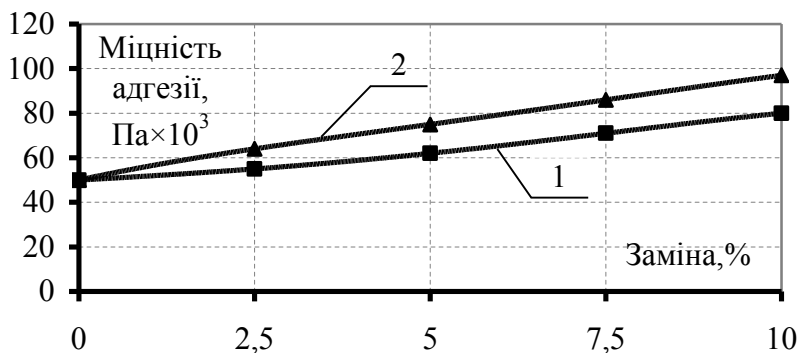


Рис. 2.2. Залежність міцності адгезії термообробленої сирної маси від заміни СЗМ на КЯА та БК: 1– КЯА; 2 – БК

Рис. 2.3 свідчить про наближення міцності адгезії системи зі співвідношенням КЯА та БК один до одного (приблизно $72 \text{ Па} \times 10^3$) до зразка лише з борошном ($75 \text{ Па} \times 10^3$), що вказує на більш вагомий вплив борошна кукурудзяного на підвищення адгезії сирної маси.

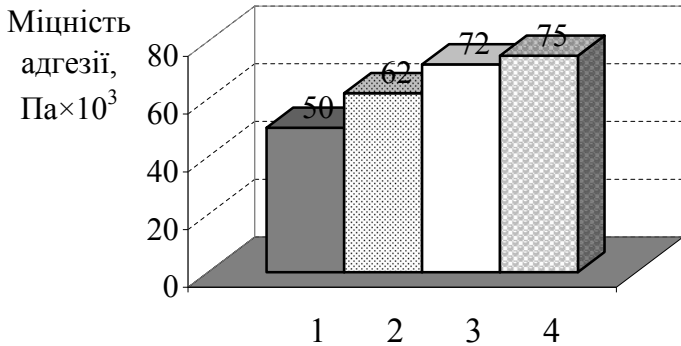


Рис. 2.3. Міцність адгезії термообробленої сирної маси: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

Відомо, що навіть дуже гладкі поверхні насправді нерівні, шорсткі. При зіткненні вони контактують не по всій площі, а лише в обмеженій кількості точок, і адгезія виявляється незначною. Зчеплення поверхонь можна збільшити, ввівши між ними прошарок сполучної речовини – адгезиви. В сирному зерні вільна волога розподілена поміж КЯА та БК, які виступають адгезивами.

Вода, зволожуючи поверхні, покращує контакт між ними. Перебуваючи в каркасі зерна, волога проникає до численних капілярів, швидкість заповнення яких залежить не тільки від в'язкості адгезиву та зовнішнього тиску та термомеханічної дії, але також від зволожуючої здатності адгезиву. Відзначається, що всі добрі органічні адгезиви або мають макромолекулярну природу, або містять полімерний компонент [14; 236]. БК, що є полімером, має в своєму складі значну кількість гідрофільного крохмалю та клітковину. Коли адгезив містить значну кількість функціональних груп міцність каркасу буде зростати; БК містить групи -ОН, зберігаючи достатню гнучкість ланцюга. При підвищенні концентрації БК зближення часточок білку та зчеплення їх між собою відбувається більш інтенсивно. До того ж вільна волога поглинається крохмалем та полімерами БК та утримується в них. Таким чином, система стає більш рівномірною за рівнем співвідношення гідрофільно-гідрофобних груп. Це, в свою чергу, призводить до підвищення адгезії сирного згустку при збільшенні вмісту БК в ньому. Чим вище полярність їхніх молекул, тим інтенсивніше відбувається зволоження та з'єднання з полярним компонентом. Полярні групи кукурудзяного крохмалю

притягують полярні групи -ОН молекул води в сирній масі, що сприяє їхньому розподіленню в системі та зволоженню, що призводить до підвищення адгезії такої системи [1; 13; 14; 49; 61; 136; 219; 236]. Тобто, БК забезпечує додаткове зчеплення за рахунок впливу сил притягіння води. Натомість, гідрофобні групи КЯА перешкоджають дії цих сил; внаслідок цього відбувається зниження адгезії сирної маси. На основі вищевикладеного, основними факторами, що впливають на процеси під час виробництва сирного продукту є міжмолекулярні сили; має місце адсорбційний, хімічний, осмотичний та капілярний зв'язок вологи в з компонентами системи, що по-різному впливають на міцність її адгезії, відповідаючи певним етапам обробки сирної маси [3; 4; 112; 149; 232; 236]. Виявлено, що підвищення концентрації рослинних добавок, особливо БК, сприяє збільшенню міцності адгезії. Адгезія невід'ємно пов'язана з групою структурно-механічних властивостей, які дають повніші уявлення про суттєві аспекти якості продукції [4; 78; 82; 83; 201; 219].

2.4. Дослідження структурно-механічних властивостей модельної системи сирного продукту м'якого

Термооброблена сирна маса має деякі властивості твердого тіла – пружність, еластичність, міцність та ін. [4; 82; 83]. Залежність відносної деформації зсуву системи з різним рецептурним складом від часу дії напруження виражена у вигляді кривих повзучості: сирної маси із заміною молочної сировини на КЯА (рис. 2.4), БК, (рис. 2.5). Для наочного представлення впливу рецептурного складу сирної маси на структурно-механічні показники доцільно окремо представити узагальнюючі дані щодо взаємної зміни структурно-механічних характеристик сирної маси з заміною СЗМ 5% і з різним вмістом рецептурних компонентів (рис. 2.6). Структурно-механічні характеристики представлені, відповідно, в табл. 2.7, 2.8 та 2.9. Аналіз рисунків свідчить, що при напруженні зсуву близько 32,7 Па після (80...90)×60 с навантаження загальна деформація досліджуваних зразків змінюється незначно – навантаження, вибране для верхньої пластини еластопластометра правильне.

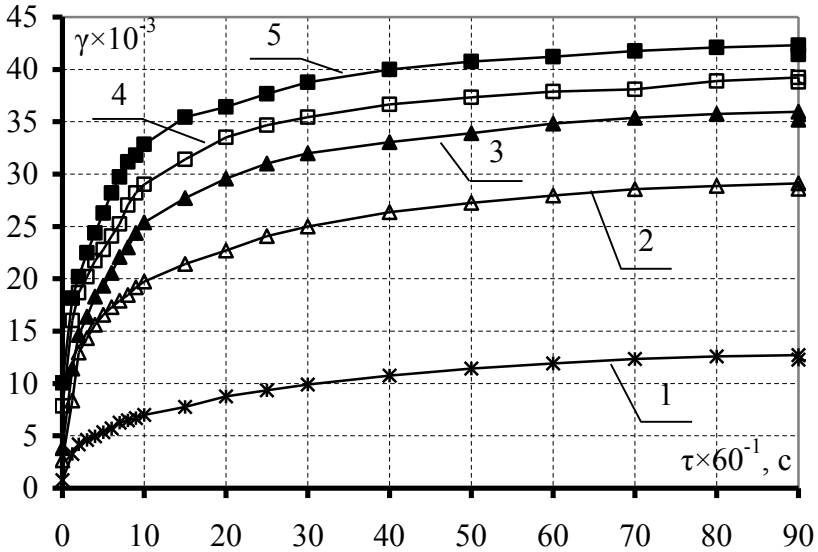


Рис. 2.4. Залежність відносної деформації зсуву сирної маси з заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу від часу дії напруження: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Аналізуючи криві повзучості рис. 2.4, видно, що збільшення заміни СЗМ на КЯА від 2,5 до 10% веде до підвищення загальної деформації від $29,28 \cdot 10^{-3}$ до $42,54 \cdot 10^{-3}$. Тобто зразок із 10%-ю заміною характеризується найбільшою текучістю, а найменшою – контрольний зразок, загальна деформація якого складає $12,85 \cdot 10^{-3}$. Контрольний зразок є менш податливим по відношенню до зразків із заміною СЗМ на КЯА – $39,0 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Збільшення заміни веде до значного та рівномірного підвищення податливості відносно контролю: для зразків із заміною 2,5, 5, 7,5 та 10% податливість складає, відповідно, від $89,54 \cdot 10^{-5}$, $111,0 \cdot 10^{-5}$, $120,0 \cdot 10^{-5}$ та $130,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Контрольний зразок має найвищий умовно миттєвий модуль пружності по відношенню до зразків із заміною – $20,24 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Підвищення заміни СЗМ на КЯА в інтервалі 2,5...10% знижує цей показник від $7,40 \cdot 10^3$ до $2,63 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Високоеластичний модуль контрольного зразка є максимальним ($3,93 \cdot 10^3 \text{ Па}$). Підвищення вмісту КЯА в системі зменшує даний показник: в інтервалі заміни 2,5...10% зміна високоеластичного модуля має інтервал від $1,58 \cdot 10^3$ до $1,25 \cdot 10^3 \text{ Па}$.

Таблиця 2.7
Структурно-механічні характеристики сирної маси з заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу

Найменування показника		Заміна, %				
		Контроль	2,5	5,0	7,5	10,0
$\gamma_{зв.}$	Зворотна деформація, $m \times 10^{-3}$	9,93	25,10	31,64	34,90	38,60
$\gamma_{нез.}$	Незворотна деформація, $m \times 10^{-3}$	2,91	4,18	4,53	4,35	3,94
$\gamma_{заг.}$	Загальна деформація, $m \times 10^{-3}$	12,85	29,28	36,17	39,25	42,54
τ	Напруження зсуву, Па	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливість, Pa^{-1}	$39,0 \cdot 10^{-5}$	$89,54 \cdot 10^{-5}$	$111,0 \cdot 10^{-5}$	$120,0 \cdot 10^{-5}$	$130,1 \cdot 10^{-5}$
$G_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	$20,24 \cdot 10^3$	$7,40 \cdot 10^3$	$5,30 \cdot 10^3$	$3,10 \cdot 10^3$	$2,63 \cdot 10^3$
$G_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	$3,93 \cdot 10^3$	$1,58 \cdot 10^3$	$1,28 \cdot 10^3$	$1,34 \cdot 10^3$	$1,25 \cdot 10^3$
η^*_0	Пластична в'язкість, $Pa \times c$	$6,10 \cdot 10^7$	$4,22 \cdot 10^7$	$3,90 \cdot 10^7$	$4,11 \cdot 10^7$	$4,50 \cdot 10^7$
K	Відношення деформац. звор. до заг.	0,77	0,86	0,87	0,89	0,91
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $Pa \times c$	$20,19 \cdot 10^5$	$6,16 \cdot 10^5$	$5,78 \cdot 10^5$	$6,14 \cdot 10^5$	$5,94 \cdot 10^5$
Pr	Відносна пружність, %	12,57	15,09	16,94	26,75	29,26
Pl	Відносна пластичність, %	22,69	14,29	12,51	11,09	9,27
El	Відносна еластичність, %	64,74	70,62	70,55	62,16	61,47
Θ	Період релаксації, с	$1,84 \cdot 10^4$	$3,24 \cdot 10^4$	$3,78 \cdot 10^4$	$4,32 \cdot 10^4$	$5,28 \cdot 10^4$

Пластична в'язкість контрольного зразка максимальна – $6,10 \cdot 10^7$ Па·с. Заміна на КЯА знижує даний показник до значень $(3,90 \dots 4,50) \cdot 10^7$ Па·с, але не має взаємного визначеного характеру. Присутність в системі КЯА підвищує пружність: зразок із максимальною заміною (10%) має максимальну пружність – 29,26%. Пластичність контрольного зразка максимальна (22,69%), вміст у системі концентрату знижує значення показника, причому в інтервалі заміни 2,5...10% пластичність знижується від 14,29 до 9,27%. По відношенню до контролю, зміна еластичності не має чіткого характеру: в інтервалі заміни 2,5...10% даний показник знижується з 70,62 до 61,47%, причому стрімке зниження еластичності спостерігається в межах заміни 5...7,5% (приблизно 8,4%). Розрахунки свідчать, що по відношенню до контролю та із підвищенням заміни на концентрат час релаксації підвищується: час релаксації контрольного зразка мінімальний ($1,84 \cdot 10^4$ с), в інтервалі заміни 2,5...10% – складає $3,24 \cdot 10^4 \dots 5,28 \cdot 10^4$ с.

Подібні зміни структурно-механічних показників спостерігаються в системі, в складі якої присутнє борошно.

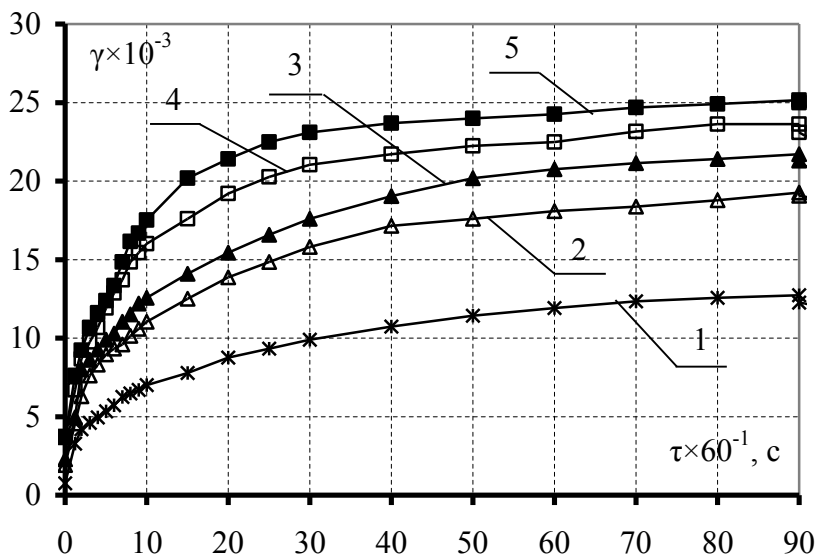


Рис. 2.5. Залежність відносної деформації зсуву сирної маси з заміною СЗМ на борошно кукурудзяне від часу дії напруження: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Таблиця 2.8

Структурно-механічні характеристики сирної маси з заміною СЗМ на борошно кукурудзяне

Найменування показника	Заміна, %				
	Контроль	2,5	5,0	7,5	10,0
$\gamma_{зв}$	9,93	15,60	18,46	20,30	22,55
$\gamma_{нез}$	2,91	3,63	3,33	3,50	2,64
$\gamma_{заг}$	12,85	19,23	21,78	23,80	25,19
τ	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
I	$39,0 \cdot 10^{-5}$	$58,81 \cdot 10^{-5}$	$66,61 \cdot 10^{-5}$	$72,79 \cdot 10^{-5}$	$77,0 \cdot 10^{-5}$
G_{np}	$20,24 \cdot 10^3$	$12,74 \cdot 10^3$	$10,6 \cdot 10^3$	$7,3 \cdot 10^3$	$6,8 \cdot 10^3$
$G_{ен}$	$3,93 \cdot 10^3$	$2,51 \cdot 10^3$	$2,13 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$1,84 \cdot 10^3$
η^*_{0}	$6,10 \cdot 10^7$	$4,86 \cdot 10^7$	$5,3 \cdot 10^7$	$5,05 \cdot 10^7$	$6,69 \cdot 10^7$
K	0,77	0,81	0,85	0,85	0,90
η_{np}	$20,19 \cdot 10^5$	$12,38 \cdot 10^5$	$11,13 \cdot 10^5$	$11,49 \cdot 10^5$	$10,42 \cdot 10^5$
Pr	12,57	13,35	14,23	18,82	19,09
Pl	22,69	18,90	15,27	14,69	10,48
El	64,74	67,75	70,50	66,49	70,43
Θ	$1,84 \cdot 10^4$	$2,32 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$	$3,14 \cdot 10^4$	$4,61 \cdot 10^4$

Аналіз кривих повзучості зразків сирної маси, яка містить заміну СЗМ на БК свідчить, що вони мають аналогічний до контролю та зразків із заміною на КЯА характер. Проте, загальна деформація менша: в інтервалі заміни СЗМ на БК 2,5...10% загальна деформація змінюється від $19,23 \cdot 10^{-3}$ до $25,19 \cdot 10^{-3}$.

Відносно контролю, присутність БК сприяє появі текучості. Як і для зразків з концентратом, контрольний зразок менш податливий по відношенню до зразків із борошном. Збільшення заміни на БК підвищує податливість відносно контрольного зразка: в інтервалі заміни 2,5...10% вона змінюється з $58,81 \cdot 10^{-5}$ до $77,0 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹, тобто загалом значення менші, ніж відповідні значення податливості зразків сирної маси з концентратом. В інтервалі заміни СЗМ на БК 2,5...10% умовно-миттєвий модуль знижується від $12,74 \cdot 10^3$ до $6,80 \cdot 10^3$ Па.

Отже, для зразків із борошном зберігається характер зниження умовно-миттєвого модуля пружності відносно контролю, але, по відношенню до відповідних значень показника зразків із концентратом, можна відмітити, що загалом умовно-миттєвий модуль за присутності борошна вищий. Загальні значення високоеластичного модуля за присутності борошна в системі незначно вищі відносно системи з концентратом. Збільшення заміни від 2,5 до 10% високоеластичний модуль від $2,51 \cdot 10^3$ до $1,84 \cdot 10^3$ Па.

Зміна пластичної в'язкості за присутності борошна не має визначеного характеру, але значення вищі по відношенню до системи з концентратом. Характер зміни пружності зразків із борошном аналогічний до зразків із концентратом, тобто збільшення заміни веде до збільшення показника пружності: зразок із заміною СЗМ на БК 10% має максимальну пружність – 19,09%, а значення для вказаної заміни менші, ніж із заміною на концентрат. В інтервалі збільшення заміни від 2,5 до 10% пластичність знижується від 18,90 до 10,48%.

Загальні значення пластичності незначно підвищуються відносно аналогічних значень показника для системи з концентратом. Вплив рецептурного складу на еластичність не має чіткого характеру. Як для зразків з концентратом, за присутності борошна час релаксації підвищується: в інтервалі заміни на борошно 2,5...10% – від $2,32 \cdot 10^4$ с до $4,61 \cdot 10^4$ с; загалом присутність борошна зменшує час релаксації по відношенню до концентрату.

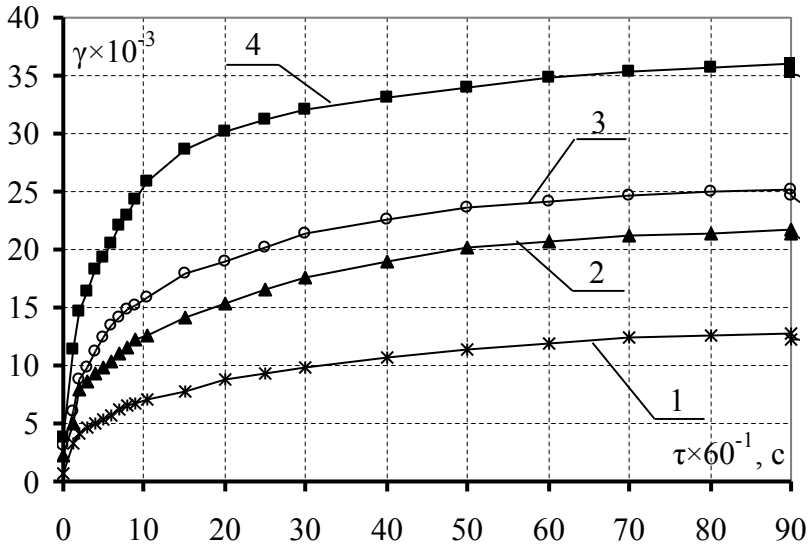


Рис. 2.6. Залежність відносної деформації зсуву сирної маси від часу дії напруження: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу

Таблиця 2.9
 Структурно-механічні характеристики сирної маси з різним вмістом рослинних компонентів із загальною заміною 5% СЗМ

Позначення	Найменування показника	Контроль	КЯА	КЯА:БК 1:1	БК
$\gamma_{зв.}$	Зворотна деформація, $m \times 10^{-3}$	9,93	31,64	21,84	18,46
$\gamma_{лез.}$	Незворотна деформація, $m \times 10^{-3}$	2,91	4,53	3,43	3,33
$\gamma_{звс.}$	Загальна деформація, $m \times 10^{-3}$	12,85	36,17	25,26	21,78
τ	Напруження зсуву, Па	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Подаглівність, Pa^{-1}	$39,0 \cdot 10^{-5}$	$111,0 \cdot 10^{-5}$	$77,26 \cdot 10^{-5}$	$66,61 \cdot 10^{-5}$
$G_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	$20,24 \cdot 10^3$	$5,30 \cdot 10^3$	$8,65 \cdot 10^3$	$10,6 \cdot 10^3$
$G_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	$3,93 \cdot 10^3$	$1,28 \cdot 10^3$	$1,81 \cdot 10^3$	$2,13 \cdot 10^3$
η^*_{0}	Пластична в'язкість, $Pa \times s$	$6,10 \cdot 10^7$	$3,90 \cdot 10^7$	$5,15 \cdot 10^7$	$5,3 \cdot 10^7$
K	Відношення деформ. звор. до заг.	0,77	0,87	0,86	0,85
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $Pa \times s$	$20,19 \cdot 10^5$	$5,78 \cdot 10^5$	$9,68 \cdot 10^5$	$11,13 \cdot 10^5$
Pr	Відносна пружність, %	12,57	16,94	14,96	14,23
Pl	Відносна пластичність, %	22,69	12,51	13,57	15,27
El	Відносна еластичність, %	64,74	70,55	71,47	70,50
Θ	Період релаксації, с	$1,84 \cdot 10^4$	$3,78 \cdot 10^4$	$3,44 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$

Як свідчить рис. 2.6, найбільша текучість притаманна зразку, який містить в своєму складі лише КЯА – загальна деформація складає $36,17 \cdot 10^{-3}$. Більш стійким до дії зсувального напруження виявився контрольний зразок із загальною деформацією $12,85 \cdot 10^{-3}$. Загальна деформація зразка продукту із заміною СЗМ на БК складає $21,78 \cdot 10^{-3}$. Крива повзучості зразка із співвідношенням рослинних компонентів один до одного, загальна деформація якого складає $25,26 \cdot 10^{-3}$, більш схожа на криву повзучості зразка з борошном. Податливість контрольного зразка мінімальна – $39,0 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Податливість зразка, який містить заміну лише на концентрат є найвищою – $111,0 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Присутність борошна кукурудзяного незначно знижує її та наближує до контрольного значення. Для зразка зі співвідношенням рослинних компонентів один до одного та зразка лише з борошном значення податливості складають, відповідно, $77,26 \cdot 10^{-5}$ та $66,61 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Як визначено, контрольний зразок характеризується найвищим умовно миттєвим модулем пружності – $20,24 \cdot 10^3 \text{ Па}$; зразок з концентратом різко знижує цей показник до $5,30 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Присутність БК підвищує умовно миттєвий модуль пружності: для зразка зі співвідношенням рослинних компонентів та зразка лише з борошном умовно миттєвий модуль пружності складає, відповідно, $8,65 \cdot 10^3$ та $10,6 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Закономірність зміни вискоеластичного модуля відповідає характеру зміни умовно миттєвого модуля пружності. Вискоеластичний модуль контролю найвищий – $3,93 \cdot 10^3 \text{ Па}$, а зразка з концентратом – найменший ($1,28 \cdot 10^3 \text{ Па}$). БК незначно підвищує значення даного показника відносно зразка з заміною на концентрат. Як виявлено, пластична в'язкість контрольного зразка максимальна – $6,10 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Присутність рослинних компонентів знижує її та суттєвий вплив на зміну пластичної в'язкості має КЯА: зразок, що містить у складі лише концентрат має значення $3,90 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Натомість, поява у системі борошна значно підвищує даний показник відносно концентрату: пластична в'язкість зразка із співвідношенням та з борошном, відповідно, $5,15 \cdot 10^7$ та $5,3 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

За результатами розрахунків, найбільш пружним виявився зразок із заміною на концентрат; найменш – контрольний зразок. Підвищення вмісту борошна знижує пружність по відношенню до зразка з концентратом та наближує значення цього показника до контролю. Відносна пластичність контрольного зразка максимальна, вміст у системі рослинних компонентів знижує значення показника, причому в більшій мірі на зниження відносної пластичності впливає КЯА (характеризується мінімальним значенням). Найменш еластичним є контрольний зразок; рослинні компоненти не мають чіткого характеру впливу на еластичність. Розрахунки свідчать, що час релаксації контрольного зразка є мінімальним ($1,84 \cdot 10^4 \text{ с}$). Присутність в системі рослинних компонентів підвищує час

релаксації таких зразків відносно контролю: заміна на концентрат призводить до більш вагомого збільшення часу релаксації (до $3,78 \cdot 10^4$ с), ніж борошно (до $3,0 \cdot 10^4$ с). Період релаксації зразка із співвідношенням займає проміжне положення між значеннями останніх зразків ($3,44 \cdot 10^4$ с). Аналіз ряду структурно-механічних характеристик сирної маси з різним рецептурним складом дає можливість встановити наступне. Зменшення часу релаксації контрольного зразка вказує на підвищення його пластичних властивостей та зменшення еластичних, що позитивно впливає на умови вимішування [41; 151; 179; 201]. Підвищення часу релаксації свідчить про зростання пружних та еластичних властивостей і зменшення пластичних, а значить негативно впливає на вимішування, що особливо актуально для системи за умови підвищення вмісту КЯА.

2.5. Дослідження змін зв'язку вологи модельної системи сирного продукту м'якого

Відомо, що 20...25% вологи, яка міститься в сирі, пов'язана з білковими речовинами і видалити її з сиру можна тільки порушивши зв'язок води з білком, а в сирних продуктах – з білково-полісахаридними компонентами [24; 34; 87; 133; 199; 225; 231].

Як виявлено, під час введення до сирної маси концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного до системи потрапляють речовини білково-полісахаридної природи, які здатні поглинати вологу та утримувати її. При зіткненні з водою вони починають активно поглинати воду. Процес набрякання білків протікає в часі і супроводжується збільшенням обсягу макромолекули білка і зміною його механічних властивостей. Спочатку набрякання виникає за рахунок фізичних сил. Велика частина води, поглинута при набряканні, є вільною, захопленою механічно сіткою з мембран і волокон білка. Білки КЯА та БК, а також крохмаль борошна складають єдину синергетичну систему, що має безпосередній вплив на весь хід технологічного процесу виробництва нового сирного продукту. Після гідратації волога знаходиться в продукті в порах у вільному та зв'язаному стані та взаємодіє з пептидними зв'язками та групами кислотного та основного характеру (полярними боковими ланцюгами білка). Білки, що наявні в сирному продукті, переважно, проявляють гідрофільні властивості під час взаємодії з водою. При цьому вони набрякають, збільшується їхня маса і об'єм. Набрякання білків супроводжується його частковим розчиненням. Гідрофільність окремих білків залежить від їх будови. Наявні в складі і розташовані на поверхні білкової макромолекули гідрофільні, амініні і карбоксильні групи притягають до себе молекули води, суворо орієнтуючи їх на поверхні молекули [26; 139; 156].

2.5.1. Дослідження ВУЗ. При нагріванні склеювальна здатність сирних зерен збільшується (підтверджено вищевикладеними експериментальними дослідженнями), оскільки перебігають процеси руйнування гідратаційної оболонки часточок білку та зближення їх між собою, зменшується міцність адгезії. Отже, змінюється здатність утримувати вологу: інтенсивно відбувається синерезис [41].

На рис. 2.7 наведена ВУЗ сирної маси до та після термічної обробки (ТО). ВУЗ термічно обробленої сирної маси в порівнянні з нетермообробленою зменшується приблизно на 68,3%.

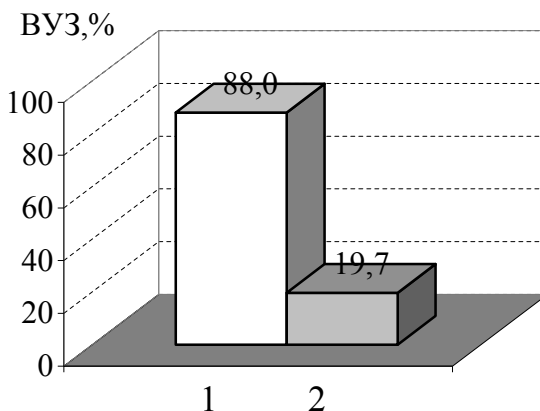


Рис. 2.7. Вологоутримуюча здатність сирної маси: 1 – сирна маса до термічної обробки; 2 – сирна маса після термічної обробки

З метою відстеження впливу рецептурних складників на зміну форм зв'язку води в сирній масі необхідно розпочати дослідження на етапі додавання КЯА та БК до системи.

За допомогою математичного моделювання експериментальних даних було встановлено оптимальні режими гідротермічної обробки дослідних зразків із заміною молочної сировини 5% на КЯА та БК в пропорції 2,5% КЯА + 2,5% БК під час введення компонентів до сирної маси. Результативним показником якості продукту було вибрано ВУЗ сирної маси. У ході експерименту температуру дослідних зразків поступово підвищували з 35 до 75⁰ С з тривалістю від 0×60 с до 30×60 с (з кроком 5×60 с). Діапазон зміни показників обрано на підставі аналітичних досліджень [177; 190; 192; 214; 225; 234; 235; 239]: підвищення температури вище 75⁰ С недоцільно технологічно й економічно, а

проведення термічної обробки більше 30×60 с призводить до зниження якості готового продукту.

Значення вхідних змінних (температури та тривалості обробки), а також результативного показника ВУЗ, які отримано в процесі експерименту, наведено в табл. 2.10.

Графічне представлення даних дозволило визначити тенденцію зміни значень досліджених показників. Лінії трендів, наведені на рис. 2.8, свідчать, що зі збільшенням тривалості нагрівання зразків продукту, ВУЗ експоненціально підвищується. Така тенденція спостерігається також з підвищенням температури.

Таблиця 2.10

Дані для визначення оптимальних параметрів гідротермічної обробки сирної маси

Температура, °С	Тривалість, $\tau \times 60$, с						
	0	5	10	15	20	25	30
	ВУЗ, %						
35	30	30	30	30	30	30	30
40	30	30	30	31	31	31	31
45	30	30	30,5	31	31	32	32
55	30	30,5	31	32	32	32	32
65	31	32,5	34	34	34	34	34
75	30	32	32,5	34	34,5	34	34

За допомогою економетричного аналізу експериментальних даних оцінено характер цього зв'язку і побудовано низку регресійних моделей. У результаті отримано рівняння регресії, які разом з коефіцієнтами кореляції, наведено в табл. 2.11 (додатки Е1, Е2). Рівняння (табл. 2.11) відображають вплив факторів (температури (t_i) та тривалості нагріву зразків (τ_i)) на ВУЗ сирної маси (y_i) із заміною СЗМ в пропорції 2,5% КАЯ + 2,5% БК.

Виходячи з отриманих значень коефіцієнтів, всі отримані економетричні моделі є адекватними. Перевірка за допомогою критерію Фішера свідчить про їх статистичну значущість за окремими параметрами та в цілому. Для визначення загального впливу температури та тривалості

нагріву на ВУЗ сирної маси розраховано коефіцієнти та параметри множинної кореляції з проведенням попереднього аналізу, де z – ВУЗ, %; t – температура, $^{\circ}\text{C}$; τ – тривалість нагріву, с.

Перевірка регресійного рівняння за критерієм Фішера з 95% вірогідністю свідчить, що воно адекватно описує експериментальні дані.

Розраховані та наведені на рис. 2.9 парні коефіцієнти кореляції характеризують порівняльну силу впливу кожного з факторів на ВУЗ: найбільше впливає на ВУЗ температура t ($r = 0,77$), потім – тривалість нагріву τ ($r = 0,44$). Вигляд поверхні, побудованої на основі значень функції $z(t, \tau)$ наведено на рис. 2.10.

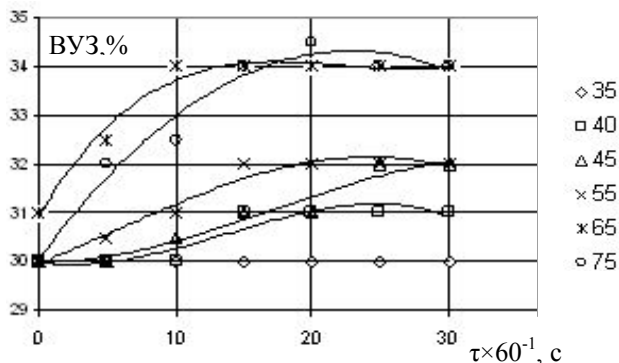


Рис. 2.8. Лінії трендів експериментальних даних: залежність вологостримуючої здатності сирної маси від тривалості та температури термічної обробки

Розраховані парні кореляційно-регресійні моделі залежності вологоутримуючої здатності сирної маси від тривалості та температури термічної обробки

Незалежний параметр	Модель	Коефіцієнт кореляції R
Залежність ВУЗ від температури нагріву		
$\tau = 0$	$y_1(t) = 22,541 + 5,664t^{0,08}$	0,416
$\tau = 5$	$y_2(t) = 27,898 + 0,028t^{1,17}$	0,895
$\tau = 10$	$y_3(t) = 17,864 + 3,458t^{0,34}$	0,854
$\tau = 15$	$y_4(t) = 20,566 + 1,702t^{0,48}$	0,971
$\tau = 20$	$y_5(t) = 26,424 + 0,083t^{1,07}$	0,982
$\tau = 25$	$y_6(t) = 16,410 + 4,271t^{0,33}$	0,960
$\tau = 30$	$y_7(t) = 16,410 + 4,271t^{0,33}$	0,960
Залежність ВУЗ від тривалості нагріву дослідних зразків		
$t = 35$	$y_1(\tau) = 30$	
$t = 40$	$y_2(\tau) = 29,893 + 0,062\tau^{0,90}$	0,868
$t = 45$	$y_3(\tau) = 26,450 + 3,429e^{0,02\tau}$	0,970
$t = 55$	$y_4(\tau) = 29,934 + 0,340\tau^{0,57}$	0,944
$t = 65$	$y_5(\tau) = 30,980 + 1,369e^{0,26\tau}$	0,954
$t = 75$	$y_6(\tau) = 29,961 + 1,226e^{0,38\tau}$	0,958

Variable	Correlations (рациональный) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=42 (Casewise deletion of missing data)		
	t	τ	y
t	1,00	0,00	0,77
τ	0,00	1,00	0,44
y	0,77	0,44	1,00

Рис. 2.9. Парні коефіцієнти множинної кореляції

Рациональна заміна 2,5% КЯА і 2,5% БК

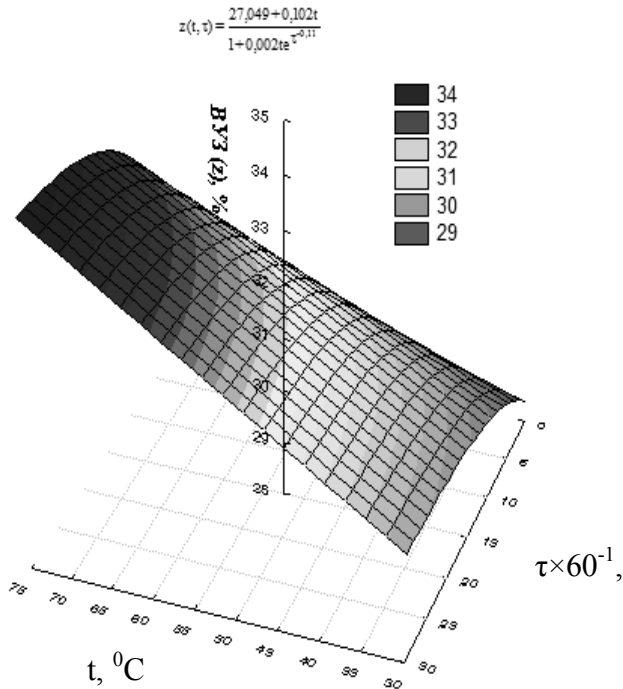


Рис. 2.10. 3D-графік залежності вологоутримуючої здатності сирної маси від тривалості та температури термічної обробки

Для подальшої обробки поверхні з метою отримання оптимальних режимів термічної обробки виконано кластерний аналіз показників, який дозволив класифікувати набори даних. Було визначено групи схожих між собою об'єктів, які прийнято називати кластерами. Побудована дендограма класифікації дозволила виокремити три кластери для кожного з показників. Було знайдено їх центри (еталони) за допомогою метода «к-середніх», розраховано Евклідову відстань від точки еталона до об'єкта та доведено адекватність класифікації. У результаті було отримано такі діапазони змінних сформованих кластерів (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

Діапазони змінних кластерів

Кластер	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau \times 60, \text{c}$	$z, \%$
1	35 – 55	0 – 10	30 – 31
2	65 – 75	0 – 30	31 – 34,5
3	35 – 55	15 – 30	30 – 32

Аналіз співвідношень характеристик термічної обробки зразків дозволив встановити, що третій кластер є найкращим, оскільки він задовольняє умовам максимізації ВУЗ з мінімізацією температури обробки. Якщо подану поверхню функції $z(t, \tau)$ розрізати площинами $t = 35^\circ$ і $t = 55^\circ$, а також $\tau = 15 \times 60 \text{ c}$ і $\tau = 30 \times 60 \text{ c}$, то отримаємо такий двовимірний графік з оптимальною зоною цих параметрів (рис. 2.11).

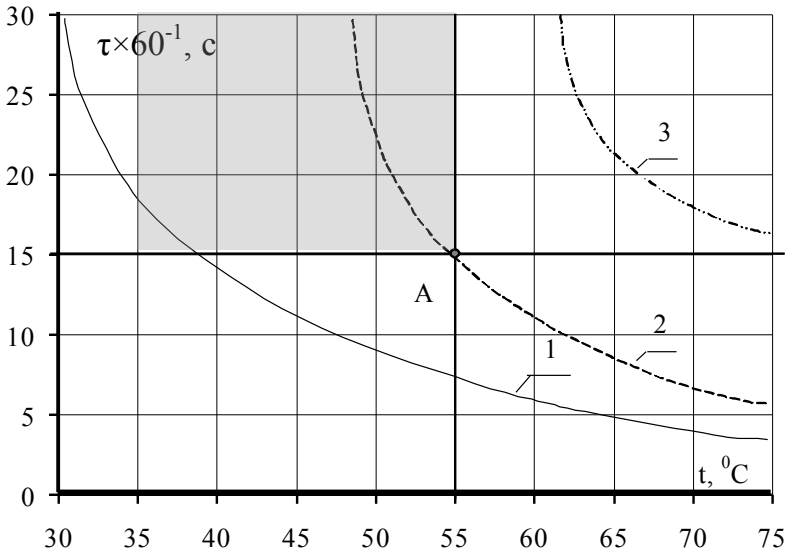


Рис. 2.11. Залежність вологостримуючої здатності сирної маси від тривалості та температури термічної обробки: 1 – ВУЗ 29%; 2 – ВУЗ 32%; ВУЗ 33%

На підставі цих даних можна стверджувати, що, в рамках двопараметричних моделей, центри кластерів змінних, що досліджувалися, знаходяться на площині прямокутника, сторони якого відповідають

граничним значенням параметрів оптимізації. Точка А має найкращі характеристики і тому відповідає оптимальному режиму гідротермічної обробки, а саме, коли температура складає 55°C , тривалість обробки – 15×60 с; ВУЗ за цих умов сягає 32%. Тобто, використання математичного моделювання на даному етапі досліджень дозволило виявити раціональну заміну молочної сировини на концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне, а також оптимізувати параметри термічної обробки (другого нагрівання) системи.

2.5.2. Дослідження зміни вологості залежно від тривалості дії високої температури. Виникає необхідність визначити наскільки вода асоційована з неводними компонентами, оскільки вода, що сильніше пов'язана, має меншу здатність підтримувати процеси, що псують сирний продукт. Різна природа та хімічний склад рецептурних компонентів сирного продукту впливають на вміст і співвідношення вільної та зв'язаної води в ньому. Вільна вода легко видаляється при висушуванні [8; 133; 199]. Вміст води було визначено термогравіметричним методом за допомогою вагів-вологомерів за дії постійної температури 125°C . Досліджені зразки модельної системи СПМ із заміною молочної сировини до 10% на КЯА та БК, як було визначено вище – максимально допустима заміна з огляду органолептичних характеристик готового продукту. Залежність вологості сирного продукту від тривалості сушіння при заміні молока на концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне наведено на рис. 2.12 з якого видно, що процес видалення води з сирного продукту більш уповільнений для зразка з БК. КЯА впливає на процес видалення води менш інтенсивно. Контрольний зразок висушується за $(10 \dots 12) \times 60$ с, при цьому втрачає близько 98% вільної води. Зразок із КЯА висушується за $(12 \dots 14) \times 60$ с із втратами вільної води приблизно 98%, а зразок із заміною на БК – за $(14 \dots 16) \times 60$ с та відповідно 98%.

Для модельної системи СПМ характерно, що контрольний зразок швидше за зразки із вказаними замінами досягає постійної вологості, тобто швидше висушується. Отже присутність рослинних компонентів уповільнює процес видалення вільної води. При цьому борошно суттєво впливає на видалення вільної води. Значне уповільнення процесу сушіння модельної системи СПМ із підвищенням концентрації в системі БК відбувається, ймовірно, через утримання води полімерами клітинних стінок, крохмалем, шляхом набрякання білків.

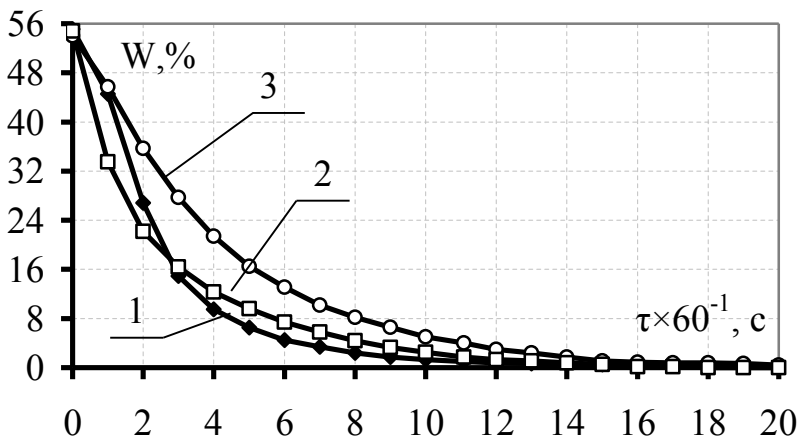


Рис. 2.12. Залежність вологості СПМ від тривалості термічної обробки: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 10% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 10% борошна кукурудзяного

Хімічні властивості зернових обумовлені наявністю гідроксильних і карбоксильних груп, що робить борошно гідрофільним і здатним взаємодіяти з білками молока. Присутність крохалю підсилює гідрофільні характеристики борошна. Висока вологоутримуюча здатність борошна кукурудзяного дозволяє використовувати його в якості стабілізатора в технології сирного продукту.

Таким чином, борошно кукурудзяне, як рецептурний компонент СПМ, обумовлює наявність абсорційно зв'язаної води, тобто призводить до виникнення фізико-хімічної форми зв'язку води в продукті. Оскільки молекули води потрапляють в середину часток борошна кукурудзяного, в результаті виникає хемосорбція, що уповільнює процес сушіння модельної системи сирного продукту. Отже, зменшується частка вільної води, яка знаходиться між молекулами білку сирного продукту.

Також зі збільшенням гідрофільних компонентів кількість поверхневих зарядів у продукті зростає, що призводить до підвищення колоїдної стійкості такого продукту. Присутність у продукті КЯА незначно прискорює процес видалення води. Це обумовлюється наявністю в арахісі значної кількості нерозчинних у воді білків, які здатні до набрякання; волога утримується за допомогою фізичної взаємодії. Вочевидь, молекули води утримуються за рахунок сил електростатичного тяжіння.

Доцільно відзначити присутність олії в КЯА (10...12%) відносно БК. Попередніми дослідженнями встановлено, що модельна система СПМ, що містить в своєму складі КЯА та БК має значну ВУЗ, що дозволяє пов'язувати вільну воду в продукті. При цьому важливою особливістю БК є підвищена здатність до гідратації, що веде до зменшення втрат продукту впродовж усього процесу виробництва, втрат вологи при зберіганні та, як наслідок, підвищення строку придатності.

Залежність вологості модельної системи СПМ з заміною СЗМ 5% та різним вмістом рослинних добавок від тривалості сушіння представлена на рис. 2.13.

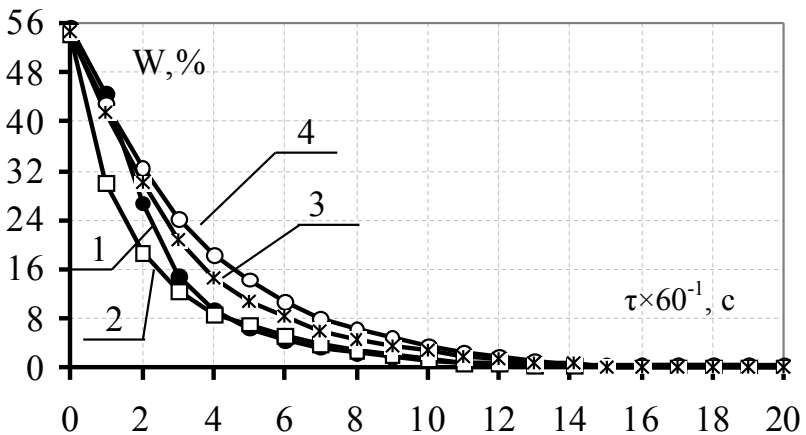


Рис. 2.13. Залежність вологості СПМ від тривалості термічної обробки: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

За інтенсивністю видалення вологи зразок із співвідношенням рослинних компонентів один до одного наближений до зразка, що містить лише БК: час видалення вологи, відповідно, (12...13)×60 с та (13...14)×60 с. Встановлено, що присутність БК, за рівного співвідношення рослинних добавок, в більшій мірі впливає на міцність структури модельної системи та підвищує вміст зв'язаної вологи.

Таким чином, підвищення в системі концентрацій БК та КЯА зумовлює зміну сил міжмолекулярної взаємодії, що призводять до утримання вологи. Підвищення концентрацій компонентів дозволяє

послабити вплив теплової денатурації на білок [53; 133], отже зберегти біологічну цінність таких зразків в порівнянні з контрольними.

2.5.3. Визначення кінетичних параметрів ендотермічних процесів. Дериватографія використовується для визначення теплоти і температур фазових переходів, вивчення процесів рекристалізації, десольватації, терморозпаду та хімічної сумісності. У ході проведення дослідження реєструється зміна маси і термостабільності зразка. [117; 118]. Фізико-хімічні процеси можна вивчати, фіксуючи зміни маси та температури зразка.

Визначення кінетичних параметрів ендотермічних процесів, що відбуваються зі зміною маси за неізотермічних умов, визначено за допомогою диференціального термічного аналізу (ДТА) на дериватографі. В основу даних досліджень покладено припущення, що в умовах постійної швидкості нагрівання значення ступеня зміни маси чи поглинання тепла системою в області фіксованого початку і максимального розвитку процесу пропорційні константі швидкості перетворення для кожного значення температури. Експериментальні дослідження втрат вологи, що має різні форми зв'язку, проведені на основі аналізу кривих зміни маси (ТГ), диференціальної термогравіметрії (ДТА) та температури (Т). Дослідження щодо кінетичних параметрів ендотермічних процесів модельної системи СПМ представлені для зразків з різним вмістом рослинних компонентів за раціональної заміни молочної сировини (рис. 2.14).

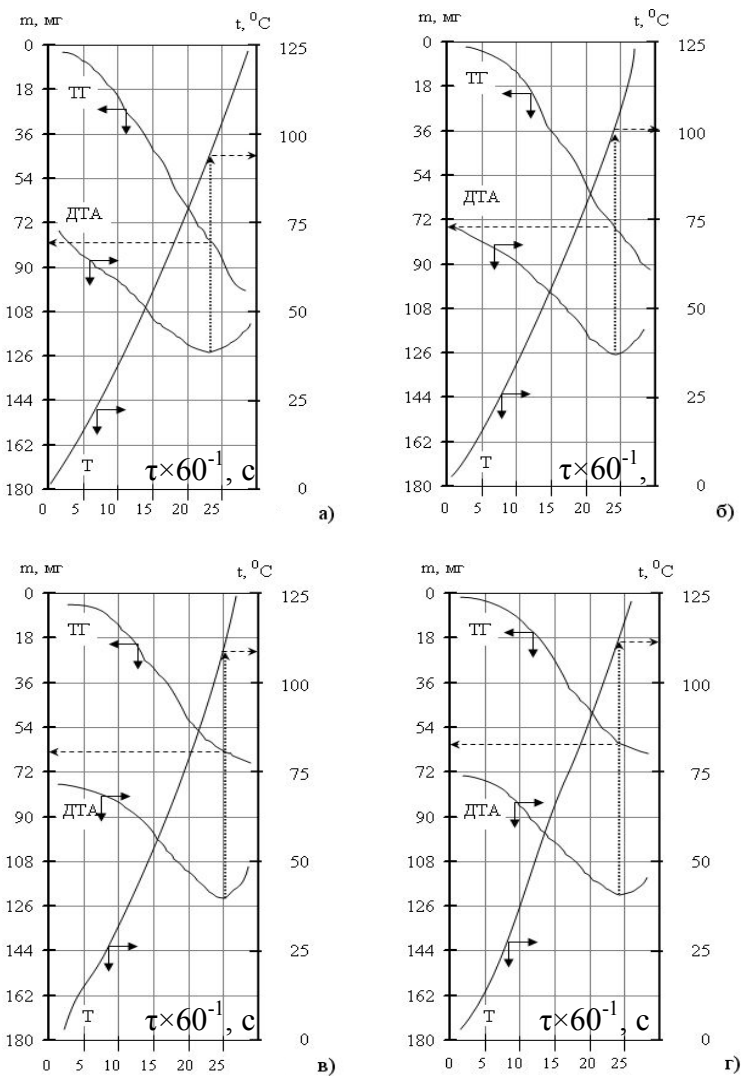


Рис. 2.14. Визначення кінетичних параметрів ендотермічних процесів модельної системи СПМ: а) – контроль (без добавок); б) – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; в) – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; г) – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

Піки кривої ДТА вказують на процеси, які відбуваються зі зменшенням маси. Можна припустити, що втрата маси дослідних зразків пов'язана з видаленням води з продукту внаслідок теплового впливу.

Криві ДТА спрямовані у бік зменшення температури, таким чином можна вважати, що процес є ендотермічним.

На кривих зафіксовано ендоефекти, положення яких для кожного зразка різне в залежності від вмісту основних компонентів – концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного.

Порівняльний аналіз термоаналітичних кривих (ТГ і ДТА) дослідних зразків показав, що швидкість процесу руйнування каркасу контрольного зразка найвища, оскільки втрати маси даного зразка (близько 80 мг) є найбільшими. Для зразка, який містить лише концентрат ядра арахісу втрати маси дещо нижчі – приблизно 75 мг.

Втрати маси зразків в яких присутнє борошно кукурудзяне менші і складають для зразка із заміною СЗМ на концентрат та борошно 1 до 1 приблизно 64 мг, а для зразка із заміною лише на борошно – 61 мг. Тобто зразок із максимальним вмістом борошна кукурудзяного в умовах постійної швидкості нагрівання втрачає менше вологи, яка вочевидь, зв'язана крохмалем і полімерами рослинної добавки.

Піки кривих ДТА відповідають наступним значенням температур за яких руйнується структура продукту. Контрольний зразок характеризується мінімальною термостійкістю, оскільки має найменшу температуру – близько 95⁰ С. Присутність у системі рослинних добавок, особливо борошна кукурудзяного, підвищує термостійкість зразків: температура руйнування структури зразка з концентратом – приблизно 101⁰ С, зрізка із співвідношенням добавок 1 до 1 – близько 107⁰ С, а зразка лише із борошном – 111⁰ С.

Таким чином, введення рослинних добавок (в більшій мірі борошна кукурудзяного) призводить до підвищення стійкості продукту стосовно дії високих температур, а також до зменшення втрати маси.

За результатами вищевикладених експериментальних досліджень, присвячених науковому обґрунтуванню технології нового сирного продукту з комбінованим складом, зроблено наступні висновки.

Вивченням функціонально-технологічних властивостей рослинної сировини встановлено, що концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне характеризуються високими показниками ВУЗ – відповідно, 160% та 170%, які виміряні за температури 55 ± 2⁰ С. Результати дослідження ВУЗ рослинних компонентів за вищої температури не сприяють суттєвому підвищенню показника.

З огляду органолептичних характеристик модельної системи СПМ в умовах заміни молочної сировини на концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне до 10% виявлено, що загальна заміна 5% обумовлює високі

сукупні органолептичні властивості системи, зокрема кольору та консистенції.

На основі бальної оцінки експертів, розраховані стандартизовані ранги, коефіцієнти вагомості та коефіцієнти значимості для встановлених альтернатив модельної системи СПМ з різним рецептурним складом при заміні СЗМ 5%. За максимальним значенням коефіцієнту значимості (0,146) вибрана найбільш приваблива альтернатива – раціональний вміст КЯА та БК при заміні молочної основи 5% відносно терміну зберігання: співвідношення КЯА та БК складає один до одного після зберігання 14 діб.

Дослідженнями стану вологи модельної системи СПМ відзначений вагомий вплив борошна кукурудзяного на здатність утримувати вологу. За допомогою математичного моделювання визначено оптимальні режими гідротермічної обробки сирної маси з заміною молока 5% на 2,5% КАЯ + 2,5% БК: температура складає 55⁰ С, тривалість обробки – 15×60 с.

Встановлено, що присутність в системі концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного дає можливість змінювати його реологічні показники та співвідношення структурно вільної та структурно зв'язаної вологи в широких межах.

Введення рослинних компонентів, особливо борошна кукурудзяного сприяє підвищенню стійкості системи до дії високих температур, а також зменшенню ризику втрати маси.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СИРНОГО ПРОДУКТУ М'ЯКОГО ТА ВИВЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЙОГО ЯКОСТІ

3.1. Розробка рецептури та технології сирного продукту м'якого

Узагальнення проведених аналітичних, а також експериментальних досліджень з обґрунтуванням технологічних режимів і параметрів виробництва модельної системи СПМ є вагомим підґрунтям для подальшої розробки науково обґрунтованої технології СПМ. Вивчення органолептичних, поверхневих, структурно-механічних, текстурних, фізико-хімічних показників і стану вологи модельної системи СПМ, а також застосування методів математичного моделювання дозволили розробити технологічний процес виробництва СПМ. Важливою необхідністю перед введенням КЯА до СПМ є проведення теплової обробки КЯА задля усунення токсикологічного, ферментативного та мікробіологічного чинників. Для цього застосовували сухий нагрів у шахтних сушарках при температурі $110 \dots 168^{\circ} \text{C}$ протягом $25 \dots 30$ хв [153; 215]. З метою обґрунтування фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних змін СПМ технологічний процес його виробництва доцільно представити у вигляді системи, яка складається з чотирьох взаємопов'язаних підсистем (рис. 3.1).

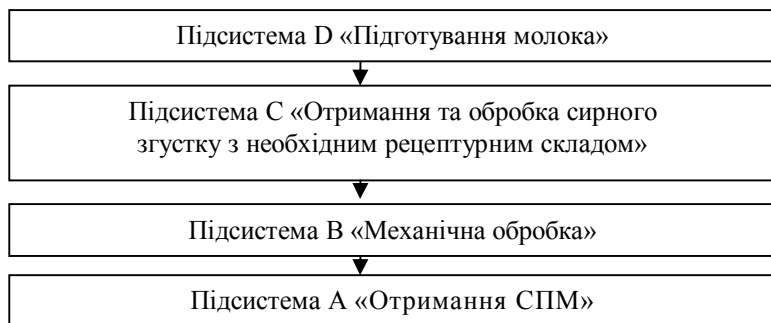


Рис. 3.1. Технологічна система виробництва СПМ

Як свідчить рис. 3.1, підсистема А «Отримання СПМ» кінцева. Вона утворюється внаслідок послідовної дії підсистем Д «Підготування молока», С «Отримання та обробка сирного згустку з необхідним рецептурним складом» і В «Механічна обробка». Порядок з'єднання підсистем в

технологічну систему розроблений з метою найбільш повного збереження харчової та біологічної цінності кінцевого продукту, отримання необхідних якостей за повної нешкідливості СПМ. Кожна підсистема складається з операцій та має визначену мету функціонування (табл. 3.1). Для досягнення мети функціонування підсистеми D до сухого знежиреного молока додають воду питну та відновлюють за температури 32...36⁰ С протягом 1...3 год. Відновлене молоко пастеризують за температури 70...72⁰ С протягом 20...25 с. Молоко емульгують з олією за температури 32...36⁰ С протягом 2...3 хв та кількості обертів 25±1 с⁻¹. Підсистему С деталізовано до таксонів С₁, С₂, функціонування яких спрямовано, відповідно, на безпосереднє отримання та обробку сирного згустку та підготовку рослинних добавок і солі. В рамках підсистеми С у молоко вносять бактеріальну закваску, сичужний фермент, хлористий кальцій. Зсідання проводять за температури 32...36⁰ С протягом 25...35 хв. Обробку згустку починають з верхнього шару. Згусток розрізають на зерна розміром 4...5 мм. Після розрізання згустку необхідно витримати його у спокої протягом 5 хв та обережно перемішати зерно у сироватці 10...15 хв. Друге нагрівання складається з послідовних стадій, які проводять зі швидкістю не більш 1...2⁰ С на хвилину при інтенсивному вимішуванні. 1 стадія – нагрівання проводять за температури 38...42⁰ С протягом 10...15 хв. 2 стадія – до сирної маси додають підготовлені концентрат ядра арахісу, борошно кукурудзяне, сіль. У рамках даної підсистеми, з метою отримання СПМ більш тривалого зберігання, коли має місце дозрівання продукту, в сирну масу додають консервант – сорбат калію (у вигляді водного розчину), який знижує ризик мікробіологічного забруднення продукту внаслідок введення концентрату ядра арахісу. Сорбат калію розчиняють у воді за температури 20...25⁰ С та вводять до сирної маси. Сирну масу інтенсивно перемішують і витримують за температури 55⁰ С протягом 15 хв; дослідженнями з моделювання процесу гідротермічної обробки підтверджено, що під час введення рослинних добавок до сирної маси за температури 55⁰ С і витримкою протягом 15 хв спостерігається позитивний вплив на стан вологи в отриманій системі, що, запобігаючи виробничим втратам, має безпосередній позитивний вплив на вихід готового сирного продукту. Рослинні добавки, що вводяться в межах підсистеми С у встановленій концентрації мають ряд вагомих властивостей, що реалізуються в межах підсистем В та А (табл. 3.2).

Таблиця 3.1

Структура технологічної системи виробництва СПМ

Підсистема	Операція	Мета функціонування підсистеми
D «Підготування молока до виготовлення сиру»	Відновлення	Регулювання харчової та біологічної цінності СПМ, забезпечення розчинності та контроль мікробіологічного процесу
	Пастеризація	
	Емульгування	
С «Отримання та обробка сирного згустку з необхідним рецептурним складом»	Зсідання	Утворення сирного згустку та додавання рослинних компонентів, солі; обґрунтування впливу температури на формування необхідних структурно-механічних характеристик сирного продукту; регулювання станом вологи в СПМ; видалення сироватки
	Розрізання та постановка зерна	
	Теплова обробка	
	Перемішування	
	Витримування	
	Підготовка добавок	
В «Механічна обробка»	Формування	Надання необхідної кінцевої форми і вологості СПМ
	Пресування	
А «Отримання сирного продукту м'якого»	<p>A1 – реалізація; A2 – дозрівання, зберігання, реалізація; A3 – дозрівання, заморожування, зберігання, реалізація</p>	Отримання СПМ із заданими фізико-хімічними, структурно-механічними, смакоароматичними, текстурними та мікробіологічними характеристиками (з можливістю тривалого зберігання) внаслідок реалізації функціонально-технологічних властивостей компонентів і перебігання комплексу мікробіологічних, біохімічних та фізико-хімічних процесів

Основні якісні властивості рослинних добавок у технології СПМ

Компонент	Властивість, що реалізується в межах технологічної системи
Концентрат ядра арахісу	Підвищення біологічної цінності, регулювання структурно-механічних властивостей і текстурності, органолептичних характеристик. Фактор ризику мікробіологічних показників
Борошно кукурудзяне	Регулювання вологоутримуючої здатності, поверхневих явищ, структурно-механічних показників і текстурності (виступає в якості стабілізатора системи), вплив на органолептичні властивості – колір, консистенцію. Послаблює зміни, пов'язані з термічною обробкою

Підсистема В передбачає наступні операції. Продукт сирний м'який формують у вигляді брусків, циліндрів, сфер та інших форм та пресують при навантаженні 2...3 кг/см² протягом 1...3 год до досягнення продуктом масової частки вологи 55,3±2,7%. Підсистема А передбачає невідкладну реалізацію продукту (таксон А₁ – термін реалізації продукту не повинен перевищувати 36 годин при температурі 12±2⁰ С); дозрівання з подальшим нетривалим зберіганням (А₂) або дозрівання з подальшим заморожуванням і зберіганням, якщо передбачається довгострокове зберігання продукту (А₃). Дозрівання, за результатами низки досліджень, відбувається протягом 12...18 діб при температурі 8±2⁰ С та відносній вологості повітря 80±2%. Після закінчення строку дозрівання СПМ має сирний, злегка кислуватий, властивий рецептурним компонентам смак і запах; однорідну, ніжну, злегка крихку або ламку, в міру щільну консистенцію; колір – світло-жовтий, рівномірний. Тісто без вічок, але допускаються поодинокі вічки, подекуди неправильної форми. Встановлений строк придатності СПМ – 14 діб від дати закінчення дозрівання. Заморожений СПМ зберігають 6 місяців при температурі –18⁰ С. Розроблений СПМ є самостійним продуктом, а також може бути використаним для виробництва низки страв і кулінарних виробів; призначений для реалізації в торгівельній мережі та використання в закладах ресторанного господарства та харчової промисловості. Внаслідок функціонування ієрархічної технологічної системи виробництва СПМ і враховуючи результати, які були отримані за допомогою фізичних, фізико-хімічних методів аналізу, оптимізації методами математичного моделювання та беручи до уваги органолептичні властивості, розроблено рецептуру СПМ (табл. 3.3), яка відображена в технічних умовах ТУ У 15.5-01566330-263:2011

«Продукт сирний м'який на основі сухого знежиреного молока з використанням концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного» та технологічній інструкції. Далі представлено результати досліджень раціонального зразка СПМ, виробленого за вказаною рецептурою.

Узагальнення результатів експериментальних досліджень дозволило на даному етапі, за елементами підсистеми, розробити технологічну схему виробництва СПМ (рис. 3.2).

Таблиця 3.3

Зведена рецептура СПМ на 1000 кг сирної суміші

№ з/п	Найменування сировини	Масова частка сухих речовин, %	Витрати сировини на 1000 кг суміші, кг	
			в натурі	в сухих речовинах
1	Сухе знежирене молоко	95,3	95,0	90,5
2	Концентрат ядра арахісу	92,3	2,6	2,4
3	Борошно кукурудзяне	88,9	2,7	2,4
4	Олія соняшникова рафінована дезодорована	99,9	14,6	14,6
5	Бактеріальна закваска	95,0	0,04	0,038
6	Сичуговий фермент	95,0	0,01	0,0095
7	Хлористий кальцій	95,0	0,6	0,57
8	Сіль кухонна	97,0	2,0	1,94
9	Вода питна	0,0	900,0	0,0
10	Сорбат калію*	95,0	0,16	0,15
	Всього	–	1017,71	112,61
	Вихід	11,07	1000,0	110,65

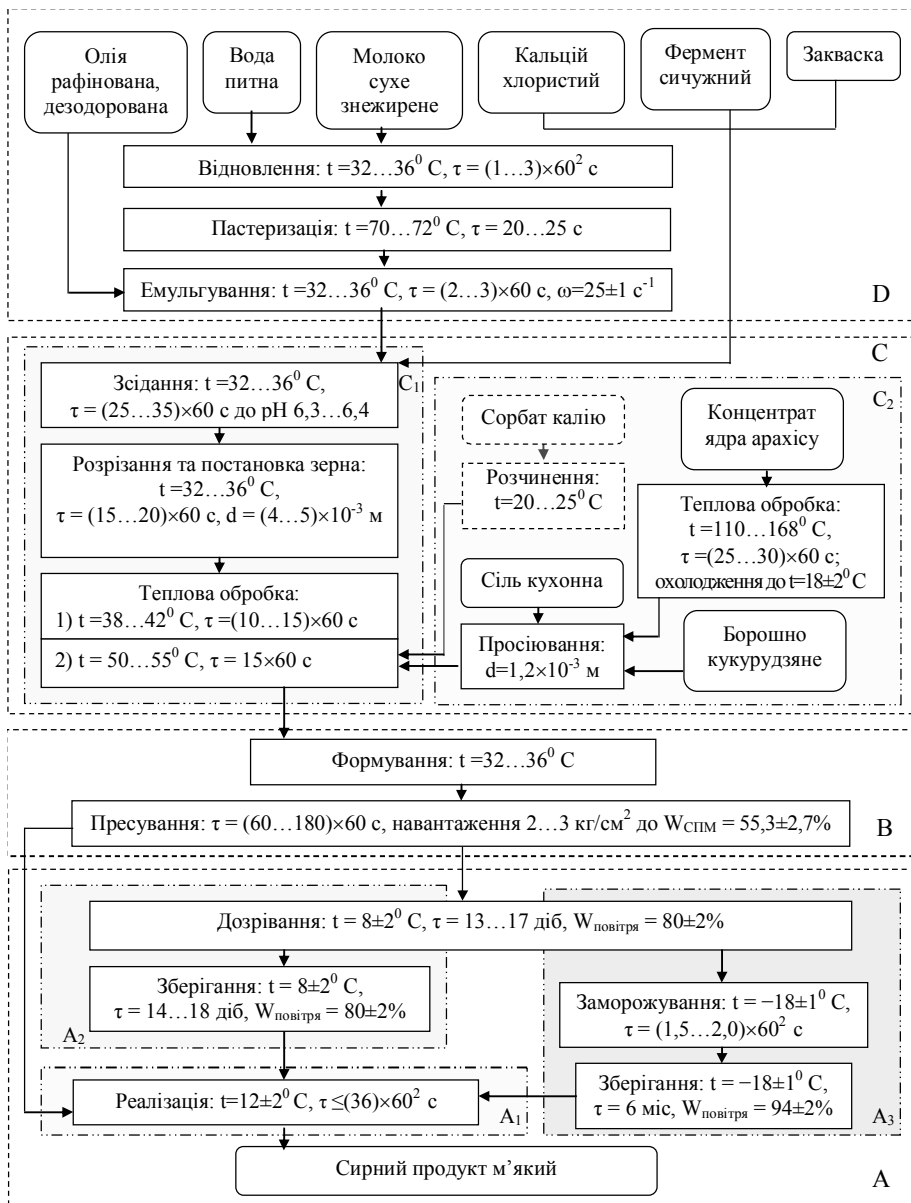


Рис. 3.2. Технологічна схема виробництва сирного продукту м'якого на основі сухого знежиреного молока з концентратом ядра арахісу та борошном кукурудзяним

3.2. Визначення хімічного складу сирного продукту м'якого

У зв'язку зі зростаючою необхідністю виробництва комбінованих сирних продуктів, збагачених різними рослинними добавками виникає завдання глибокого вивчення складу та властивостей нових сирних продуктів з огляду зміни сукупних показників якості. Якість харчових продуктів визначається, передусім, їх відповідністю за своїм складом потребам організму в харчових речовинах. Паралельно з цим важливим аспектом створення нових продуктів є забезпечення максимального використання їхньої біологічної цінності для організму, а також нешкідливості, зокрема попередження утворення токсичних сполук, розвитку надмірної кількості небажаних мікроорганізмів на всіх етапах технологічного процесу. Відомості щодо хімічного складу розробленого сирного продукту дають можливість обґрунтувати його харчову та біологічну цінність внаслідок визначення вмісту основних поживних речовин – білків, жирів, вітамінів, мінеральних речовин. Загальний хімічний склад СПМ представлено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Хімічний склад СПМ

Показник	Масова частка, %	
	на сиру масу	на суху масу
Волога	55,3±2,7	–
Білок	29,1±1,4	65,1
Жир	12,0±0,6	26,8
Зола	3,59±0,1	8,0

Дані табл. 3.4 вказують на низький вміст жиру та на високий вміст білку в СПМ (близько 29%) по відношенню до інших сирів даної групи, в яких білок коливається в межах 14...22% [207]. Високий вміст білку в СПМ обумовлений набором його рецептурних компонентів; при цьому основним критерієм визначення харчової та біологічної цінності продукту є кількість та співвідношення амінокислот внаслідок комбінування тваринної та рослинної сировини. Важливим чинником є надходження в організм людини незамінних амінокислот. Враховуючи напрямленість досліджень на підвищення біологічної цінності продукту, надана характеристика амінокислотного складу рецептурних компонентів (табл. 3.5). З табл. 3.5 видно, що джерелом повноцінних білків є молочна сировина; вміст незамінних амінокислот в борошні кукурудзяному та ядрі арахісу значно нижчий.

Таблиця 3.5

Порівняльна характеристика амінокислотного складу сировини

Найменування	Сухе знежирене молоко	Борошно кукурудз яне	Арахіс с ядро	Концентрат ядра арахісу
Вода, %	4,0	14,0	10,0	8,0
Білок, %	37,9	10,3	26,3	70,0
Незамінні амінокислоти, %:	14,24	3,50	7,91	25,35
валін	1,76	0,48	1,31	3,55
ізолейцин	1,93	0,41	0,95	4,35
лейцин	3,56	1,25	1,86	5,00
лізин	2,26	0,30	1,00	3,40
метіонін	0,81	0,20	0,30	1,15
треонін	1,69	0,32	0,78	2,40
триптофан	0,44	0,08	0,30	1,05
фенілаланін	1,79	0,46	1,41	4,45
Замінні амінокислоти, %:	23,84	6,11	18,72	30,62
аланін	1,21	0,79	1,13	2,54
аргінін	0,97	0,47	3,13	4,05
аспарагінова кислота	3,12	0,58	2,80	3,85
гістидін	0,76	0,26	0,66	1,95
гліцин	0,77	0,35	1,60	2,74
глутамінова кислота	7,97	1,78	5,30	7,02
пролін	4,34	0,85	1,26	2,32
серин	2,32	0,48	1,39	2,55
тирозин	2,08	0,38	1,10	2,20
цистин	0,30	0,17	0,35	1,40
Загальна кількість амінокислот, %	38,08	9,61	26,63	55,97
Лімітуюча амінокислота, %	Метіонін+ цистин - 85	Лізин - 53 Треонін - 78	Лізин - 68 Треонін - 74	Лізин - 80 Треонін - 86

Проте вміст білку в концентраті ядра арахісу майже в три рази перевищує кількість білку в ядрі арахісу та приблизно в два рази більший за вміст білку в сухому знежиреному молоці; за кількістю незамінних амінокислот концентрат перевищує ядро приблизно втричі, а молочну сировину – вдвічі. Передусім, в концентраті відзначена висока кількість лейцину, ізолейцину, фенілаланіну. Порівняно низька кількість амінокислот в кукурудзяному борошні компенсується значними їх кількостями в концентраті під час комбінування сировини в продукті, що відображено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Порівняльна характеристика амінокислотного складу контрольного та розробленого зразків сирного продукту м'якого

Амінокислота	Сирний продукт м'який	
	Контрольний (без добавок)	Розроблений
Білок, %	25,5	29,1
Незамінні амінокислоти, %:	9,12	10,54
валін	1,18	1,35
ізолейцин	1,16	1,35
лейцин	2,32	2,66
лізін	1,41	1,64
метіонін	0,50	0,59
треонін	1,07	1,24
триптофан	0,27	0,33
фенілаланін	1,20	1,38
Замінні амінокислоти, %:	15,92	16,41
аланін	0,81	0,97
аргінін	0,65	0,69
аспарагінова кислота	2,1	2,42
гістидін	0,51	0,41
гліцин	0,52	0,80
глутамінова кислота	5,36	5,65
пролін	2,92	2,00
серин	1,56	1,74
тирозин	1,28	1,47
цистин	0,21	0,26
Загальна кількість амінокислот, %	25,03	26,96

Дані табл. 3.6 свідчать, що вміст білку в раціональному зразку СПМ приблизно на 14% вищий, ніж в контрольному, що впливає також на загальну кількість амінокислот. За свідченнями авторів Б.Л. Смолянського, А.А. Покровського, В.І. Смоляра [166], до числа найбільш важливих і дефіцитних амінокислот відносяться лізин, триптофан і метіонін. Високим вмістом цих амінокислот відрізняється КЯА (табл. 3.5), тому, порівняно з контролем, вміст лізину, триптофану та метіоніну вищий в раціональному зразку СПМ. Дослідження вмісту жирних кислот (табл. 3.7) вказують на незначно підвищений їх вміст у раціональному зразку СПМ відносно контрольного.

Таблиця 3.7

Результати досліджень жирнокислотного складу зразків СПМ

Жирна кислота		Вміст, %	
найменування	індекс	Контрольний (без добавок)	Розроблений
Насичені:		1,979	2,124
пальмітинова	C _{16:0}	1,22	1,3
пальмітолеїнова	C _{16:1}	0,019	0,042
стеаринова	C _{18:0}	0,7	0,722
арахінова	C _{20:0}	0,04	0,06
Ненасичені:		12,4	12,96
олеїнова	C _{18:1}	3,65	3,92
лінолева	C _{18:2}	8,75	9,04
Всього		14,38	15,084

Визначення вітамінного складу (табл. 3.8) свідчить, що використання рослинних компонентів в технології СМП сприяє незначній зміні вмісту вітамінів, зокрема підвищенню ніацину.

Вміст мінеральних речовин (табл. 3.9) під час використання рослинних компонентів змінюється незначно; варто відзначити зменшення вмісту кальцію та підвищення вмісту заліза та калію.

Результати токсикологічних досліджень СПМ, які наведені в табл. 3.10 показали, що вміст токсичних елементів у дослідному зразку СПМ не перевищує встановленої норми.

Таблиця 3.8

Результати досліджень вітамінного складу зразків СПМ

Вітамін	Вміст, мг/100 г	
	Контрольний (без добавок)	Розроблений
Вітамін А (ретинол)	0,01	0,01
Вітамін Е (токоферол)	9,78	9,85
Вітамін С	4,0	3,95
Вітамін РР (ніацин)	1,20	1,68
Вітамін В ₂ (рибофлавін)	1,80	1,72
Вітамін В ₁ (тіамін)	0,30	0,324

Таблиця 3.9

Результати досліджень мінерального складу зразків СПМ

Вітамін	Вміст, мг/100 г	
	Контрольний (без добавок)	Розроблений
Na	990	983
K	165	173
Ca	1025	946
Mg	160	164,2
P	490	494
Fe	0,15	0,17

Результати токсикологічних досліджень розробленого зразка СПМ

Назва токсичного елемента	Допустимий рівень, мг/кг, не більше	Фактичний вміст, мг/кг
Pb Свинець	0,3	0,3
Cd Кадмій	0,2	0,05
As Миш'як	0,2	<0,10
Hg Ртуть	0,02	<0,01
Cu Мідь	4,0	0,1
Zn Цинк	50,0	10,0

3.3. Дослідження білкового складу сирного продукту м'якого

З метою визначення впливу білків КЯА, БК на властивості СПМ було досліджено білковий склад раціонального та контрольного зразків СПМ. Зміни інтенсивності смуг білків у зразках показано на електрофореграмах (рис. 3.3); відносний вміст фракцій білків вказано в табл. 3.11.

Результати дослідження білкового складу запропонованих зразків дозволили виявити наступне. Ймовірно, пептиди А та В – саме молочні білки та відносяться до сироваткових білків молока. Адже, за результатами дослідження фракційного складу білків продукту пептиди А та В наявні в обох зразках в різних кількостях тим самим виключаючи присутність рослинних фракцій. Причому, пептид В характеризується молекулярною масою приблизно 67 кДа, що вказує на схожість за молекулярною масою до альбуміну сироватки крові (68...69 кДа). Зменшення в раціональному зразку високомолекулярних фракцій пептидів А та В підвищує рухливість води в системі; результати експериментальних досліджень СПМ не суперечать основним положенням висновків провідних фахівців [175; 241].

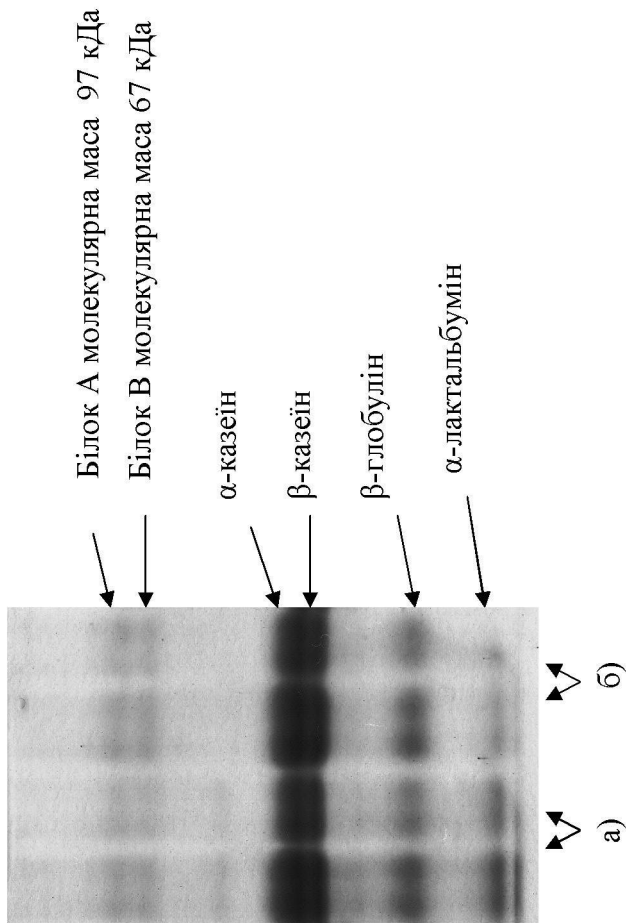


Рис. 3.3. Електрофорез білків СІМ: а) – розроблений; б) – контроль (без добавок)

Таблиця 3.11

Фракційний склад білків сирного продукту м'якого, %

Зразки	Полоси							
	Пептид		X 1	α-казеїн	β-казеїн	X 2	β-лакто-глобулін	α-лакталь-бумін
	A	B						
Контрольний зразок, %	4,997	4,436	0	47,470	24,206	0	15,608	3,283
Розроблений зразок, %	3,956	2,150	1,638	41,109	21,622	4,578	16,128	8,820
Молекулярна маса, кДа	97	67	45	26...30	24	25	18	14...15

Відносно контрольного зразка в раціональному зразку відмічається збільшення вмісту фракцій водорозчинного білка (β -лактоглобуліну та, більшою мірою, термостійкого α -лактальбуміну), що вказує на збільшення вмісту сироваткових білків. Молекулярна маса β -лактоглобуліну та α -лактальбуміну невисока (відповідно, близько 18 та 15 кДа), що, в свою чергу, сприяє високій здатності до розчинення. Отже, рослинні компоненти раціонального зразка сприяють «екрануванню» сироваткових білків від дії теплової денатурації та сприяють зниженню їх комплексоутворення з казеїном. Підвищений вміст α -лактальбуміну, який відрізняється від β -лактоглобуліна тим, що не має в структурі вільних тіолових груп, може служити початковою точкою для ковалентної агрегації в раціональному зразку СПМ. В ході дослідження білкового складу СПМ виявлені фракції, що характерні лише для раціонального зразка продукту – рослинний білок – X 1 та X 2. Їх відносно висока молекулярна маса обумовлює зниження інтенсивності до взаємодії з водою. В результаті досліджень було виявлено, що молекулярна маса білка X 1 приблизно 45 кДа, що може вказувати на зеїн – спирторозчинний білок кукурудзи – молекулярна маса якого становить близько 40 кДа, а вміст у продукті – 1,638%. Молекулярна маса білка X 2 відповідає близько 25 кДа. Збільшення вмісту білка в області α -лактальбуміну в раціональному зразку свідчить про наявність пептиду з рослинної домішки схожої молекулярної маси (14...16 кДа), що вказує на присутність білків арахісу (4,578%), які, як відомо, на 97% складаються з нерозчинних у воді глобулінів [18; 131; 220; 227]. Узагальнюючи результати дослідження білкового складу СПМ виявлено, що присутність рослинних компонентів обумовлює зменшення вмісту гідрофобних високомолекулярних фракцій казеїну та, паралельно з цим, підвищення вмісту водорозчинних сироваткових білків з низькою молекулярною масою, що сприяє підвищенню здатності вологи до пересування в системі та утворенню в раціональному зразку хімічних взаємодій. Раціональний зразок має менший вміст високомолекулярних пептидів; це може збільшувати здатність до взаємодії фракцій системи з водою. Наявність рослинних компонентів обумовлює присутність відносно високомолекулярних нерозчинних у воді білкових фракцій X 1 та X2 (зеїну кукурудзи та глобулінів арахісу), що сприяють зниженню рухливості води та інтенсивності білкової взаємодії в раціональному зразку.

3.4. Вивчення біологічної цінності сирного продукту м'якого

Біологічна цінність білків визначається збалансованістю амінокислотного складу, атакуемістю ферментами травного тракту, засвоюваністю, використанням організмом для пластичних цілей [210].

3.4.1. Визначення амінокислотного скору. Біологічну цінність білків зразків СПМ визначали за розрахунковими показниками: амінокислотним скором, коефіцієнтом утилізації білків, індексом якості та їхньою біологічною цінністю (БЦ) – табл. 3.12. Встановлено, що раціональний зразок більш наближений, ніж контрольний до вмісту незамінних амінокислот «ідеального білка», який запропоновано ФАО/ВООЗ. Лімітуючими амінокислотами в обох зразках є метіонін, цистин та валін. Вміст сірковмісних амінокислот раціонального та контрольного зразка становить, відповідно на 17 та 20% менше, ніж у еталоні; вміст валіну на 7 % менший в обох зразках. Коефіцієнт утилізації, індекс якості білка та біологічна цінність білка дослідного зразка вищі, ніж контрольного.

Таблиця 3.12

Порівняльна характеристика амінокислотного скору білків контрольного та розробленого зразків сирного продукту м'якого

Назва амінокислоти	Шкала амінокислот ФАО/ВООЗ, мг/г	Контрольний (без добавок)		Розроблений	
		Вміст, мг/г	Скор, %	Вміст, мг/г	Скор, %
Ізолейцин	40	45,5	114	46,3	116
Лейцин	70	90,8	130	91,5	131
Лізин	55	55,4	101	56,5	103
Метіонін+ цистин	35	28,0	80	29	83
Фенілаланін+ тирозин	60	97,3	162	100,2	163
Треонін	40	41,9	105	42,6	106,5
Триптофан	10	10,7	107	11,3	113
Валін	50	46,4	93	46,3	93
$K_{\text{вб}}$	–	0,69		0,71	
БЦ, %	–	68,5		69,4	
$I_{\text{аб}}$	–	0,86		0,88	

3.4.2. Дослідження перетравлювання білків в умовах *in vitro*. Для визначення біологічної цінності СПМ були проведені експериментальні дослідження перетравлювання білків ферментами шлунково-кишкового тракту в умовах *in vitro* з урахуванням рецептурного складу згідно з методиками Покровського А.А. і Єртанова Е.Д. У табл. 3.13 представлено дані, які отримано внаслідок визначення атакуємості білків дослідного та контрольного зразків ферментами травного тракту в системі «пепсин-трипсин».

Таблиця 3.13

Результати досліджень ферментативної атакуємості травними ферментами *in vitro* білків контрольного та розробленого зразків сирного продукту м'якого

Зразок	Вміст білка в зразку, %	Кількість розчинних продуктів гідролізу білка, мг тирозину на 1 г білка в продукті	
		Пепсиноліз	Пепсиноліз+ трипсиноліз
Розроблений	29,1	54,8	106,7
Контрольний (без добавок)	25,5	65,7	118

З табл. 3.13 видно, що ступінь перетравлювання білків контрольного зразка пепсином складає 65,7 мг тирозину, раціонального зразка – нижче на 16,6% – 54,8 мг тирозину. Додаткова присутність трипсину сприяє підвищенню інтенсивності накопичення тирозину. При цьому зберігається характер атакуємості білків стосовно вмісту рослинних інгредієнтів: ступінь розщеплення білків за сумісної дії пепсину та трипсину найвищий для контрольного зразка – 118 мг тирозину, для дослідного – складає 106,7 мг тирозину. Отже, перетравлювання білків контрольного зразка відбувається інтенсивніше порівняно зі зразком, який містить рослинні компоненти. Таким чином, за результатами дослідження біологічної цінності встановлено, що СПМ, який містить в своєму складі рослинні добавки (концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне) є джерелом повноцінного білка, збалансованого за амінокислотним складом. Встановлено, що використання рослинних добавок у технології СПМ супроводжується незначним зниженням доступності та підвищенням стійкості білка до перетравлювання травними ферментами в системі «пепсин-трипсин».

3.5. Дослідження структурно-механічних властивостей сирного продукту м'якого

Структурно-механічні показники СПМ визначені за допомогою модифікованих ваг Каргіна-Соголової. На рис. 3.4–3.6 представлено залежність відносної деформації стиску зразків СПМ з різним рецептурним складом від часу дії напруження; їх характеристики – відповідно, в табл. 3.14–3.16. Під час здійснення досліджень виявлено, що при напруженні стиску близько 1249,05 Па після $(70...80) \times 60$ с дії навантаження загальна деформація зразків не змінюється: навантаження правильне. Наведені результати свідчать, що мінімальна загальна деформація притаманна зразку без заміни $(4,3 \cdot 10^{-3})$. Зі збільшенням вмісту КЯА СПМ стає більш текучим, а загальна деформація рівномірно збільшується; видно, що зразок із 10%-ю заміною СЗМ на КЯА має максимальну загальну деформацію – $8,85 \cdot 10^{-3}$.

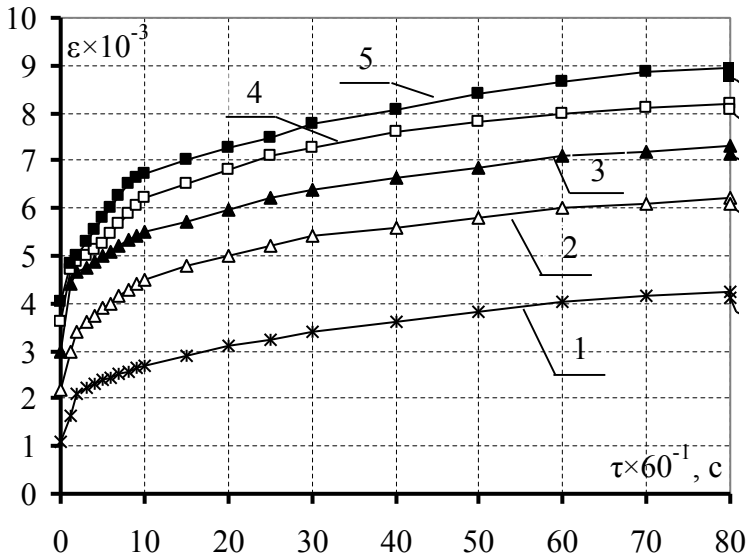


Рис. 3.4. Залежність відносної деформації стиску СПМ з заміною СЗМ на концентрат ядра арахісеу від часу дії напруження: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Таблиця 3.14

Структурно-механічні характеристики СПМ
з заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу

Найменування показника		Заміна, %				
		Контроль	2,5	5,0	7,5	10,0
$\epsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, $m \times 10^{-3}$	3,01	5,04	6,00	7,04	7,71
$\epsilon_{нез.}$	Незворотна деформація, $m \times 10^{-3}$	1,30	1,20	1,34	1,20	1,14
$\epsilon_{зас.}$	Загальна деформація, $m \times 10^{-3}$	4,3	6,24	7,35	8,24	8,85
σ	Напруження, Па	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05
I	Податливість, Pa^{-1}	$3,45 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$5,88 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-6}$	$7,08 \cdot 10^{-6}$
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	$99,45 \cdot 10^4$	$51,02 \cdot 10^4$	$35,44 \cdot 10^4$	$31,25 \cdot 10^4$	$27,62 \cdot 10^4$
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	$71,29 \cdot 10^4$	$48,18 \cdot 10^4$	$50,36 \cdot 10^4$	$41,03 \cdot 10^4$	$39,17 \cdot 10^4$
η^*_0	Пластична в'язкість, $Pa \times c$	$46,26 \cdot 10^8$	$50,02 \cdot 10^8$	$44,61 \cdot 10^8$	$49,96 \cdot 10^8$	$52,77 \cdot 10^8$
K	Відношення деформ. звор. до заг.	0,70	0,81	0,82	0,85	0,87
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $Pa \times c$	$24,33 \cdot 10^7$	$20,14 \cdot 10^7$	$18,36 \cdot 10^7$	$22,57 \cdot 10^7$	$29,04 \cdot 10^7$
Pr	Відносна пружність, %	29,18	39,23	47,96	48,50	51,13
Pl	Відносна пластичність, %	30,11	19,23	18,29	14,56	12,84
El	Відносна еластичність, %	40,71	41,54	33,75	36,94	36,03
θ	Період релаксації, с	$1,11 \cdot 10^4$	$2,02 \cdot 10^4$	$2,14 \cdot 10^4$	$2,82 \cdot 10^4$	$3,25 \cdot 10^4$

З підвищенням заміни СЗМ підвищується піддатливість, що складає $3,45 \cdot 10^{-6} \text{ Па}^{-1}$ для контрольного зразка та в інтервалі $(5,0 \cdot 10^{-6} \dots 7,08 \cdot 10^{-6}) \text{ Па}^{-1}$ – для зразків із заміною від 2,5 до 10%. З підвищенням заміни з 0 до 10% рівномірно знижуються умовно миттєвий модуль пружності та високоеластичний модуль: відповідно, в інтервалі $(99,45 \dots 27,62) \cdot 10^4 \text{ Па}$ та $(71,29 \dots 39,17) \cdot 10^4 \text{ Па}$. Варіювання концентрацією КЯА не призводить до отримання чіткого характеру зміни пластичної в'язкості. Збільшення заміни СЗМ на КЯА призводить до підвищення пружних властивостей: пружність контрольного зразка найменша і складає близько 29,18%; в інтервалі заміни 2,5...10% пружність збільшується від 39,23 до 51,13%. Видно, що контрольний зразок більш пластичний (30,11%), ніж зразки із заміною від 2,5 до 10%, де пластичність знижується від 19,23 до 12,84%. Зазначений рецептурний склад не має визначеного впливу на еластичність вказаних зразків. Час релаксації підвищується зі збільшенням вказаної заміни: відносно контролю інтервал зміни складає $(1,11 \dots 3,25) \cdot 10^4 \text{ с}$. Отже, СПМ з підвищенням заміни СЗМ на КЯА від 2,5 до 10% змінює структурно-механічні показники: збільшується загальна деформація, податливість, пружність і час релаксації; зменшується умовно миттєвий модуль пружності, високоеластичний модуль та пластичність; підвищення вмісту КЯА має непропорційний характер впливу на інші структурно-механічні показники СПМ.

Аналіз зміни структурно-механічних показників СПМ, що містить борошно встановив, що ці зразки менш текучі за відповідні зразки з концентратом. Заміна СЗМ на борошно має аналогічний концентрату вплив на зміну вказаних реологічних показників. Аналогічна поведінка спостерігається і відносно контрольного зразка. При заміні 2,5...10% загальна деформація підвищується в інтервалі $(4,83 \dots 8,28) \cdot 10^{-3}$, а податливість – з $3,89 \cdot 10^{-6}$ до $6,62 \cdot 10^{-6} \text{ Па}^{-1}$. Незначні зміни відносно концентрату в інтервалі вказаної заміни мають умовно миттєвий модуль пружності та високоеластичний модуль: відповідно вказані показники знижуються від $99,45 \cdot 10^4$ до $46,02 \cdot 10^4 \text{ Па}$ та від $71,29 \cdot 10^4$ до $34,85 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

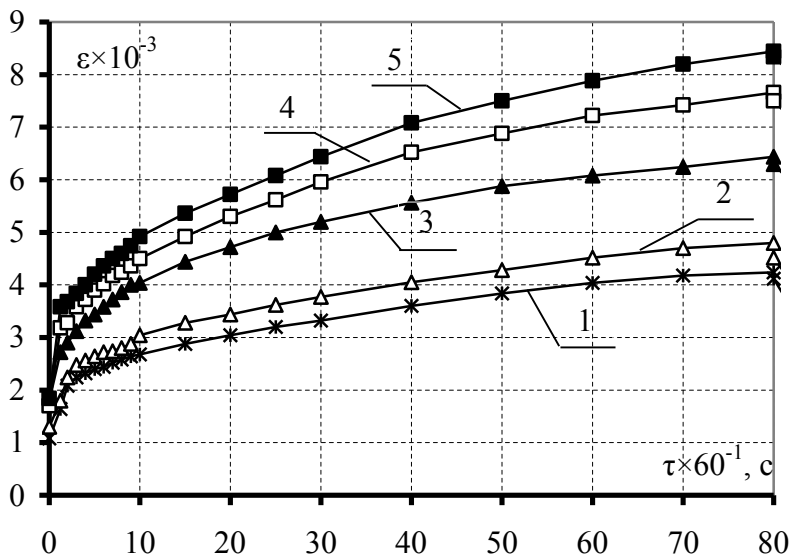


Рис. 3.5. Залежність відносної деформації стиску СПМ з заміною СЗМ на борошно кукурудзяне від часу дії напруження: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

В інтервалі заміни СЗМ на БК 2,5...10% пружність підвищується від 29,18 до 32,75%, пластичність при цьому знижується (від 29,49 до 23,96%); еластичність не залежить від вмісту БК в продукті. Час релаксації за цієї заміни збільшується від $1,15 \cdot 10^4$ до $1,52 \cdot 10^4$ с. Із заміною СЗМ на БК, як і у дослідженнях із КЯА, підвищується загальна деформація, податливість, пружність, час релаксації; зменшується умовно миттєвий модуль пружності, високоеластичний модуль та пластичність; інші структурно-механічні показники мають нечіткий характер зміни. Сукупний вплив рослинних компонентів графічно представлено далі.

Таблиця 3.15

Структурно-механічні характеристики СПМ з заміною СЗМ на борошно кукурудзяне

	Найменування показника	Заміна, %				
		Контроль	2,5	5	7,5	10
$\epsilon_{\text{об}}$	Зворотна деформація, $\text{м} \times 10^{-3}$	3,01	3,40	4,69	5,58	6,30
$\epsilon_{\text{нез}}$	Незворотна деформація, $\text{м} \times 10^{-3}$	1,30	1,42	1,86	2,03	1,98
$\epsilon_{\text{заг}}$	Загальна деформація, $\text{м} \times 10^{-3}$	4,30	4,83	6,55	7,61	8,28
σ	Напруження, Па	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05
I	Податливість, Па^{-1}	$3,45 \cdot 10^{-6}$	$3,89 \cdot 10^{-6}$	$5,24 \cdot 10^{-6}$	$6,09 \cdot 10^{-6}$	$6,62 \cdot 10^{-6}$
$E_{\text{нр}}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	$99,45 \cdot 10^4$	$86,98 \cdot 10^4$	$63,59 \cdot 10^4$	$53,19 \cdot 10^4$	$46,02 \cdot 10^4$
$E_{\text{ел}}$	Вискоеластичний модуль (Па)	$71,29 \cdot 10^4$	$63,46 \cdot 10^4$	$45,78 \cdot 10^4$	$38,69 \cdot 10^4$	$34,85 \cdot 10^4$
η^*_0	Пластична в'язкість, $\text{Па} \times \text{с}$	$46,26 \cdot 10^8$	$42,10 \cdot 10^8$	$32,30 \cdot 10^8$	$29,51 \cdot 10^8$	$30,21 \cdot 10^8$
K	Відношення деформації звор. до заг.	0,70	0,71	0,72	0,73	0,76
$\eta_{\text{нр}}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \times \text{с}$	$24,33 \cdot 10^7$	$23,41 \cdot 10^7$	$19,51 \cdot 10^7$	$18,92 \cdot 10^7$	$19,82 \cdot 10^7$
Pr	Відносна пружність, %	29,18	29,74	29,99	30,86	32,75
Pl	Відносна пластичність, %	30,11	29,49	28,34	26,71	23,96
El	Відносна еластичність, %	40,71	40,76	41,66	42,43	43,29
θ	Період релаксації, с	$1,11 \cdot 10^4$	$1,15 \cdot 10^4$	$1,21 \cdot 10^4$	$1,32 \cdot 10^4$	$1,52 \cdot 10^4$

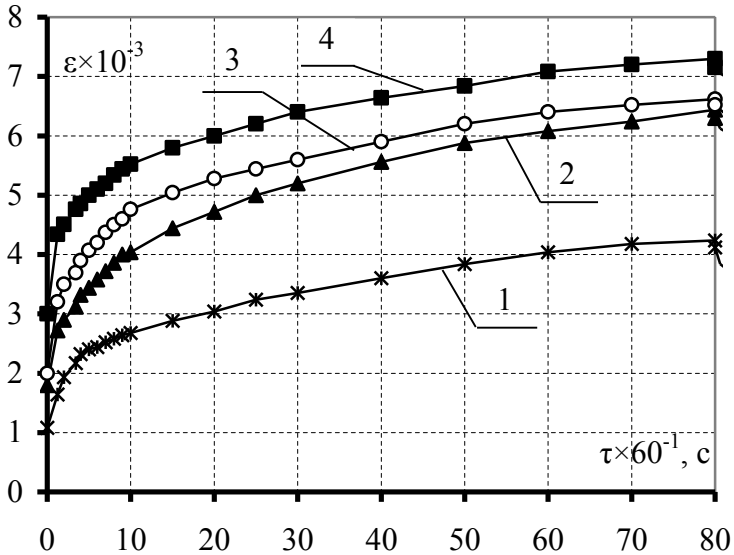


Рис. 3.6. Залежність відносної деформації стиску СПМ від часу дії напруження: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу

За характером повзучості та зміною ряду структурно-механічних показників зразок з заміною СЗМ 5% зі співвідношенням рослинних компонентів один до одного займає проміжне положення між зразками лише з одним компонентом. За результатами досліджень структурно-механічних показників СПМ виявлено суттєвий вплив рецептурного складу на консистенцію. Варто відзначити, що підвищення заміни СЗМ на рослинні компоненти сприяє текучості структури, ймовірно, внаслідок послаблення міжмолекулярної дії молочного білку. Зниження умовно миттєвого модуля пружності зі збільшенням заміни СЗМ на КЯА веде, як виявлено, до появи мазкої, розшаруватої консистенції, а зі збільшенням заміни на БК консистенція стає надто м'якою, неоднорідною, подекуди розсипчастою.

Враховуючи суттєву залежність реологічних властивостей від температури, обґрунтування впливу термічної обробки та дослідження форм зв'язку та стану вологи СПМ стали наступними дослідженнями.

Таблиця 3.16

Структурно-механічні характеристики СПМ з різним вмістом рослинних компонентів із загальною заміною 5% СЗМ

Найменування показника		Контроль	БК	КЯА:БК (1 : 1)	КЯА
$\epsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, $m \times 10^{-3}$	3,01	4,69	5,27	6,00
$\epsilon_{нез.}$	Незворотна деформація, $m \times 10^{-3}$	1,30	1,86	1,41	1,34
$\epsilon_{заг.}$	Загальна деформація, $m \times 10^{-3}$	4,30	6,55	6,68	7,35
σ	Напруження, Па	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05
I	Податливість, Па ⁻¹	$3,45 \cdot 10^{-6}$	$5,24 \cdot 10^{-6}$	$5,35 \cdot 10^{-6}$	$5,88 \cdot 10^{-6}$
$E_{нр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	$99,45 \cdot 10^4$	$63,59 \cdot 10^4$	$51,61 \cdot 10^4$	$35,44 \cdot 10^4$
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	$71,29 \cdot 10^4$	$45,78 \cdot 10^4$	$43,79 \cdot 10^4$	$50,36 \cdot 10^4$
η^*_0	Пластична в'язкість, Па \times с	$46,26 \cdot 10^8$	$32,30 \cdot 10^8$	$42,58 \cdot 10^8$	$44,61 \cdot 10^8$
K	Відношення деформ. звор. до заг.	0,70	0,72	0,79	0,82
$\eta_{нр.}$	В'язкість пружної післядії, Па \times с	$24,33 \cdot 10^7$	$19,51 \cdot 10^7$	$18,74 \cdot 10^7$	$18,36 \cdot 10^7$
Pr	Відносна пружність, %	29,18	29,99	36,23	47,96
Pl	Відносна пластичність, %	30,11	28,34	21,08	18,29
El	Відносна еластичність, %	40,71	41,66	42,69	33,75
Θ	Період релаксації, с	$1,11 \cdot 10^4$	$1,21 \cdot 10^4$	$1,81 \cdot 10^4$	$2,14 \cdot 10^4$

3.6. Вивчення впливу термічної обробки на технологічні властивості сирного продукту м'якого

СПМ може бути рецептурним компонентом низки страв і кулінарних виробів, які підлягають високотемпературній обробці: випікання, смаження; також продукт може підлягати впливу низьких температур. Під впливом високотемпературної обробки в СПМ відбуваються зміни функціональних і технологічних властивостей та поживних речовин, які сприяють зниженню біологічної цінності. Практичний інтерес має вивчення впливу високої температури на термостійкість та температуру плавлення СПМ відносно його рецептурного складу, оскільки їх зміни залежать, передусім, від природи компонентів і утворених хімічних зв'язків.

3.6.1. Зміна термостійкості. Під термостійкістю сирного продукту розуміється збереження його вихідних колоїдних властивостей при дії високої температури. Отже, термостійкість є однією з головних технологічних властивостей СПМ, яка визначає параметри теплової обробки та режими зберігання. Кількісно термостійкість характеризується максимальною температурою за якої продукт хімічно не змінюється (або змінюється в допустимих межах) [50; 51; 53]. Чим вище термостійкість СПМ, тим менше змінюються його властивості [116].

Термостійкість молочних білків залежить в основному від їх стану і сольового балансу, що має вплив на міцність просторового каркасу. Відомо, що важливу роль у термостійкості сиру відіграють зміни у складі казеїнового комплексу, ступінь дисперсності міцел казеїну та кількість в них бета + каппа фракцій. Термостійкість впливає також на сенсорні відчуття текстурних характеристик готового продукту [180]. Відомо, що утворення білкового гелю при теплової коагуляції молока відбувається за рахунок з'єднання міцел казеїну в ланцюжки або після пошкодження їх поверхні, або за допомогою сироваткових білків (β -лактоглобулін). Також гель може утворюватись з асоціатів сироваткових білків, а міцели казеїну розподіляються в його структурі [116]. Основними факторами стійкості міцел казеїну є величина поверхневого заряду і ступінь гідратації частинок. Тому чинники, що зменшують негативний заряд міцел казеїну та товщину гідратної оболонки, будуть знижувати термостійкість казеїну. Основним фактором термостійкості казеїну є сольовий склад молока, тобто співвідношення солей кальцію і магнію, з одного боку, і фосфатів і цитратів з іншого. В даний час вважають, що термостійкість казеїну в основному залежить від вмісту в молоці іонів кальцію [33; 34; 116; 228]. У молоці казеїн міститься у вигляді казеїнату кальцію, сполученого з колоїдним фосфатом кальцію – у вигляді так званого казеїнаткальційфосфатного комплексу (ККФК). Відомо, що ККФК стійкий

до дії високих температур тільки при певному вмісті кальцію. В процесі нагрівання кальцій осідає на поверхні міцел і потім у формі Ca^{2+} або колоїдного фосфату кальцію, що агрегує казеїнові частинки. При збільшенні кількості іонів кальцію в плазмі молока відбувається їх приєднання до казеїнаткальційфосфатного комплексу. У результаті зменшується негативний заряд міцел казеїну, вони з'єднуються у великі агрегати, які коагулюють при нагріванні [33; 34]. Термостійкість СПМ певною мірою залежить від розміру міцел казеїну: чим вони дрібніші, тим більш термостійке молоко, і навпаки. Це обумовлюється різним вмістом в міцелі γ -казеїну і колоїдного фосфату кальцію. У результаті структурних змін, викликаних денатурацією, в молекулах білка звільнюються раніше «приховані» функціональні групи: SH-групи цистеїну, ϵ -аміногрупи лізину, гідроксильні групи серину та ін. При підвищенні температури теплової обробки денатурований β -лактоглобулін окрім агрегації утворює комплекси з α -лактальбуміном і з γ -казеїном міцел казеїну. Утворення комплексу β -лактоглобулін- γ -казеїн знижує термостійкість казеїну. Теплова обробка також прискорює синергетичні властивості продукту та інтенсивність відділення сироватки [33; 34; 175; 218; 225; 228; 240...242].

Сироваткові білки є найбільш термолабільною частиною білків молока. Спочатку відбувається їх денатурація, тобто конфомаційні зміни білкових молекул з порушенням третинної і вторинної структур; далі настає агрегація денатурованих частинок за рахунок взаємодії SH-груп. Денатурація більшості сироваткових білків молока починається при порівняно низьких температурах нагрівання – в інтервалі $62...78^{\circ}\text{C}$. З сироваткових білків найбільш термолабільними є імуноглобуліни і сироватковий альбумін. β -лактоглобулін і α -лактальбумін відносяться до більш термостабільних білків: денатурація β -лактоглобуліну відбувається при нагріванні продукту до 78°C , а α -лактальбуміну – при 62°C і вище [33; 34; 116]. Теплова денатурація β -лактоглобуліну протікає за загальноприйнятою схемою: розгортання білкових молекул – агрегація денатурованого білка. Теплова денатурація β -лактоглобуліну являє собою чотиристадійний процес. На першій стадії при підвищенні температури продукту до 40°C і вище відбувається дисоціація димеру β -лактоглобуліну на два мономери. Подальше підвищення температури (до 70°C і вище) на другій стадії супроводжується конфомаційними змінами мономерів β -лактоглобуліну. Третя стадія процесу теплової денатурації β -лактоглобуліну при температурі вище 75°C характеризується утворенням за допомогою S-S-зв'язків агрегатів білка невеликого розміру. Протягом четвертої стадії з невеликих агрегатів утворюються порівняно великі агрегати. Після нагрівання при температурі $70... 80^{\circ}\text{C}$ невелика частина денатурованих молекул β -лактоглобуліну зможе відновити свою нативну структуру. Казеїн має високу термостабільність, яка пояснюється специфічною структурою білка (великий вміст проліну, відсутність вільних

сульфгідрильних груп та ін.). При денатурації казеїну можуть відбуватись гідроліз пептидних зв'язків, дегідратація казеїну, його комплексоутворення з денатурованими сироватковими білками, лактозою та ін. У результаті цих процесів може бути дезінтеграція казеїнових міцел або збільшення їх розміру. Теплова обробка при високих температурах змінює склад і структуру казеїнаткальційфосфатного комплексу. Від нього відщеплюються захисні глікомакропептиди, органічний фосфор і кальцій; на поверхні міцел казеїну осаджуються денатурований β -лактоглобулін, колоїдний фосфат кальцію та ін. Ці зміни викликають як дезагрегацію, так і агрегацію міцел казеїну [30; 34; 41; 60; 73; 116; 218; 231]. Залежність часу термостійкості СПМ від температури з урахуванням заміни СЗМ на КЯА та БК від 2,5 до 10%, наведено на рис. 3.7 та 3.8; залежність часу термостійкості зразків СПМ від температури ($\tau = f(t)$) має зворотну залежність.

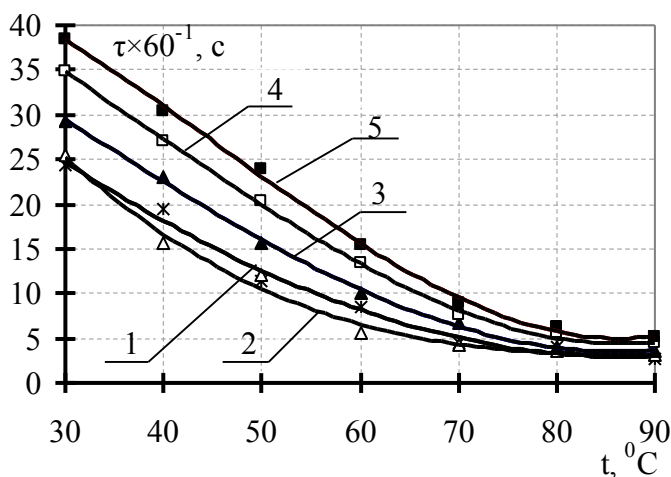


Рис. 3.7 – Залежність часу термостійкості СПМ з заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу від температури: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Аналіз рис. 3.7 свідчить, що у інтервалі зміни температури 30...90⁰ С контрольний зразок найменш термостійкий та час термостійкості близько (2,7...24,3)×60 с. В зразках СПМ із заміною молока на КЯА у кількості 2,5%, 5%, 7,5% та 10% час термостійкості склав: відповідно (3,1...25,5)×60 с, (3,6...29,3)×60 с, (4,4...34,8)×60 с та (5,1...38,5)×60 с. Підвищення термічної стійкості зі збільшенням вмісту КЯА, можливо, відбувається внаслідок посилення міжмолекулярної дії білків молока та білків арахісу.

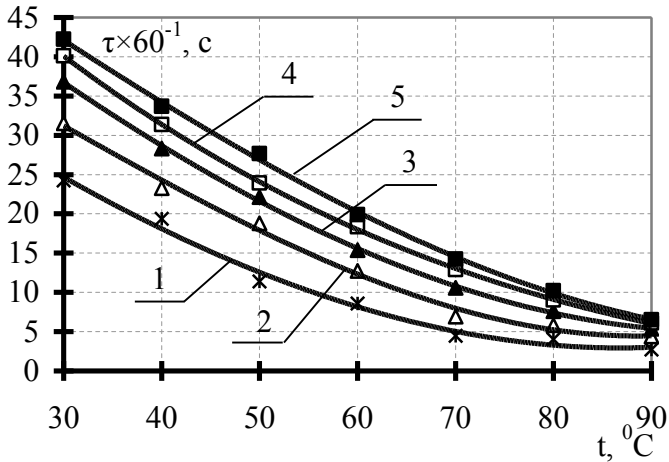


Рис. 3.8. Залежність часу термостійкості СПМ з заміною СЗМ на борошно кукурудзяне від температури: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

З рис. 3.8 видно, що в продукті з заміною молока на БК 2,5%, 5%, 7,5%, 10% час термостійкості змінюється наступним чином: відповідно, $(4,4...31,5) \times 60$ с, $(5,4...36,8) \times 60$ с, $(6,1...40,1) \times 60$ с, $(6,5...42,2) \times 60$ с. Зразки СПМ із підвищенням заміни СЗМ на БК є найбільш термостійкими порівняно з відповідними зразками продукту із заміною СЗМ на КЯА. Можливо, таке зниження термостійкості за присутності концентрату пояснюється утворенням відносно неміцного просторового каркасу внаслідок набрякання водонерозчинних білків арахісу та наявності, переважно, фізичної взаємодії. Висока термостійкість зразків із борошном пов'язана, імовірно, з дією сил міжмолекулярної взаємодії, а саме з підвищенням взаємодії поверхневих шарів та фаз сирного тіста і БК [116; 191; 203; 223; 228]. Борошно кукурудзяне має в своєму складі 67...76% вуглеводів, з яких близько 57...70% складає крохмаль [207]; температура клейстеризації кукурудзяного крохмалю коливається в межах 64...68⁰ С, що, ймовірно, впливає на стійкість просторового каркасу продукту та підвищує термостійкість зразків із борошном кукурудзяним. Також зі збільшенням у продукті гідрофільних компонентів за рахунок залучення борошна кукурудзяного кількість поверхневих зарядів зростає, що призводить до підвищення колоїдної стійкості сирного продукту та сприяє утворенню міцного хімічного зв'язку. За рахунок високого вмісту крохмалю борошно кукурудзяне набуває функції стабілізатора, який

виконує захисну роль і надає можливість формувати вторинну структуру після значних термомеханічних навантажень [191; 223; 238]. Механізм дії стабілізуючої добавки полягає в наступному. При перемішуванні сквашеної системи казеїновий гель руйнується на окремі структуровані частинки, що складаються з великої кількості міцел і сироватки, яка утримується ними. Частина сироватки звільняється та знаходиться у вільному стані. При нагріванні частинки зближуються і утворюють агломерати, втрачають частину затриманої сироватки та тверднуть, що надає міцності просторовому каркасові. Стабілізуючий ефект борошна кукурудзяного залежить від здатності до адгезії до поверхні білкових частинок, яким надається однорідний заряд. Кукурудзяний крохмаль утворює з казеїном змішаний гель, що складається зі взаємопроникних сіток полімеру [116; 222; 223; 232; 238]. Залежність часу термостійкості сирного продукту м'якого з різним вмістом рослинних компонентів із загальною заміною СЗМ 5% від температури наведена на рис. 3.9. Рис. 3.9 свідчить, що час термостійкості зразка продукту із співвідношенням КЯА та БК як 1 до 1 в інтервалі температур 30...90° С змінюється в межах (4,1...33,6)×60 с та наближується до відповідного зразка, який містить заміну 5% лише на борошно кукурудзяне.

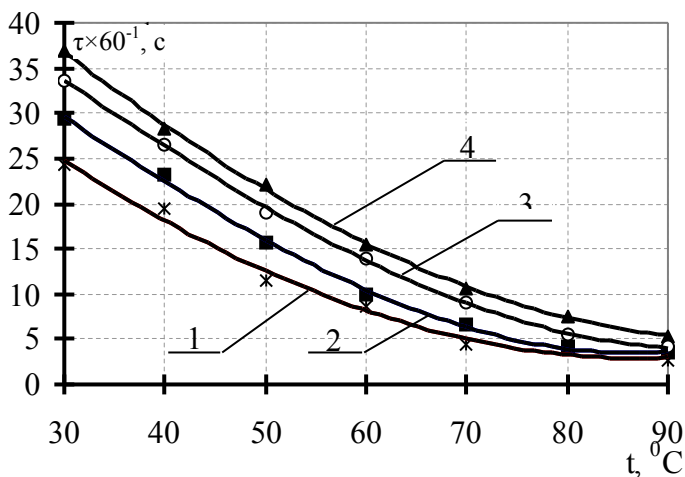


Рис. 3.9 Залежність часу термостійкості СПМ від температури: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

Узагальнюючи результати досліджень щодо дії теплової обробки на СПМ з КЯА та БК, можна відзначити наступне. Внаслідок набрякання розпочинається процес гелеутворення крохмалю на який безпосередній вплив має температура.

Процес гелеутворення крохмалю при нагріванні полягає в тому, що гранула крохмалю набрякає, частина молекул малого розміру розчиняється і знову з'єднується, утворюючи гель. Наявність білка і жиру, супроводжується обволокуванням зерен крохмалю, що уповільнює гідrataцію гранули і знижує як швидкість гелеутворення, так і рівень адгезії та ВУЗ [4; 9; 28; 191; 203]. Така зміна вказаних властивостей характерна для зразків, в яких присутній КЯА.

Зі збільшенням температури час до початку плавлення системи зменшується та при температурах, близьких до температур плавлення продукту, збігається майже для всіх зразків незалежно від їх виду та концентрації. Зі збільшенням вмісту рослинних компонентів час термостійкості підвищується, що є більш вагомим для зразків із БК.

3.6.2. Зміна температури плавлення. Температура плавлення сиру обумовлює параметри температурно-вологісного режиму зберігання, а також текстурні характеристики. Температура плавлення СПМ обумовлюється впливом рецептурних компонентів та має визначений характер. На рис. 3.10 представлена залежність зміни температури плавлення СПМ від заміни СЗМ на КЯА та БК.

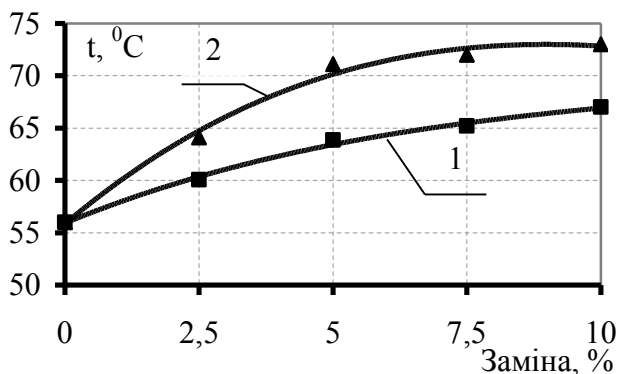


Рис. 3.10. Залежність температури плавлення СПМ від заміни СЗМ на КЯА та БК: 1– КЯА; 2 – БК

Встановлено, що зі збільшенням заміни СЗМ на рослинні

компоненти температура плавлення продукту підвищується, причому більш інтенсивно для зразків із борошном.

Підвищення температури плавлення із збільшенням вмісту концентрату до максимального значення відносно контрольного зразка має рівномірний характер і призводить до зміни температури плавлення з 56 до 67⁰ С, тобто має місце підвищення температури плавлення відносно контролю приблизно на 19,6%.

Зміна температури плавлення зразка з максимальною заміною СЗМ на БК відносно контролю складає приблизно 30,4%, тобто температура плавлення підвищується з 56 до 73⁰ С.

Зміна температури плавлення сирного продукту з раціональним рецептурним складом представлено на рис. 3.11. Контрольний зразок має температуру плавлення приблизно 56⁰ С. СПМ із загальною заміною 5%, що містить лише БК має найвищу температуру плавлення – 71⁰ С; КЯА знижує її приблизно на 7⁰ С. Співвідношення КЯА та БК як один до одного наближує температуру плавлення СПМ до зразка з борошном: відповідно 69 та 71⁰ С.

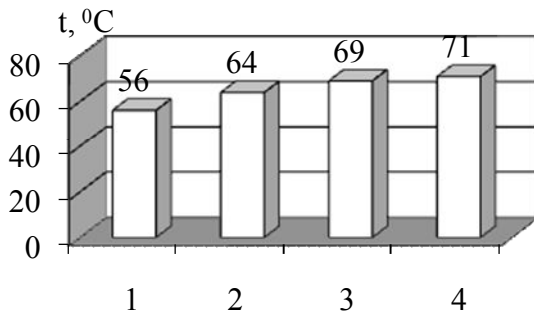


Рис. 3.11. Температура плавлення СПМ: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

Таким чином, дослідження по визначенню впливу рецептурного складу СПМ на зміну його температури плавлення довели, що заміна СЗМ на КЯА та БК 2,5...10%, а також співвідношення рослинних складників дозволяють керувати температурою плавлення СПМ та підвищити її відносно контролю, що узгоджуються з вищевикладеними експериментальними дослідженнями.

На основі досліджень з визначення термостійкості та температури

плавлення СПМ можна зробити висновок, що використання КЯА та БК дозволяє на етапах термообробки послабити дію теплової денатурації та підвищити термостійкість сирного продукту, що є більш суттєвим для зразків, які містять в своєму складі борошно кукурудзяне.

*За результатами проведених експериментальних досліджень щодо вивчення показників якості готового сирного продукту м'якого, встановлено низку тверджень та зроблено такі **висновки**.*

Дослідження органолептичних, структурно-механічних, фізичних властивостей СПМ та за допомогою оптимізації методами математичного моделювання дозволили розробити рецептуру та технологічний процес виробництва СПМ.

Результати визначення загального хімічного складу довели, що залучення до технології СПМ концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного сприяє підвищенню вмісту білку в продукті в середньому на 14%. Рациональний зразок СПМ характеризується високим вмістом білку (29,1%) в якому ідентифіковано 18 амінокислот, зокрема відзначено значний вміст лізину, триптофану, метіоніну. Загальний вміст амінокислот в рациональному зразку СПМ складає 26953,5 мг/100 г продукту, що на 7,2% вище за вміст амінокислот в контрольному зразку; вміст незамінних амінокислот перевищує на 13,5%, а замінних – на 3%.

Залучення до рецептурного складу сирного продукту концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного дає можливість збагатити сирний продукт поліненасиченими жирними кислотами, речовинами полісахаридної природи, багатим спектром жирно- та водорозчинних вітамінів, а також мінералами.

Рослинні білки концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного знижують інтенсивність білкової взаємодії в СПМ внаслідок наявності водонерозчинних білкових фракцій. СПМ є джерелом повноцінного білка, збалансованого за амінокислотним складом; коефіцієнт утилізації білка СПМ складає 0,71, індекс якості білка – 0,88, а його біологічна цінність – 69,4%. Білки СПМ характеризуються високою перетравлюваністю в умовах *in vitro*.

Дослідження впливу високої температури на СПМ показали, що присутність рослинних компонентів сприяє підвищенню часу термостійкості, температури плавлення розробленого продукту та зниженню вмісту вільної вологи.

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СИРНОГО ПРОДУКТУ М'ЯКОГО ПРОТЯГОМ ЗБЕРІГАННЯ ТА ЗАМОРОЖУВАННЯ

4.1. Дослідження змін властивостей сирного продукту м'якого протягом зберігання

Важливим чинником, який обумовлює якість та споживчі властивості свіжовиготовленого сирного продукту є подальше дозрівання та зберігання, оскільки під час цих процесів перебігає низка складних фізико-хімічних, колоїдних і біохімічних процесів. Температура дозрівання та зберігання СПМ склала $8 \pm 2^{\circ} \text{C}$. Знання змін властивостей сирного продукту в часі має велике значення для оцінки його якості з метою промислової орієнтації СПМ [12; 41; 177; 190; 192; 225; 239]. Початковою інформацією для економетричного аналізу виробництва СПМ є одновимірний часовий ряд – послідовність спостережень показника, який змінюється в часі. Для СПМ з метою побудови трендів здійснено попередній аналіз часових рядів, які складають дані результатів дослідження зміни титрованої кислотності, граничної напруги зсуву та ВУЗ у зразках із заміною СЗМ на КЯА та БК 2,5...10% і співвідношенням рослинних компонентів один до одного при заміні 5% протягом 28 днів зберігання, а також контрольного зразка. Однією з головних цілей дослідження трендових моделей є розрахунок динаміки показників. Побудовані апроксимуючі функції дозволяють виконати розрахунок прогнозних значень титрованої кислотності, граничної напруги зсуву та ВУЗ у дослідних зразках на 30 добу збереження для найбільш раціональної заміни. Розраховані значення коефіцієнтів варіації часових рядів ($V_i \leq 0,1$) свідчать, що найбільш раціонального заміною є повна 5% заміна для t , який належить інтервалу 10 – 18 днів (в середньому 14 днів). У цей період спостерігається різке зниження варіації, яка в подальшому має незначне зменшення, що свідчить про насиченість зразків титрованою кислотністю і стабілізацію граничної напруги зсуву та ВУЗ. Встановлено, що найбільш оптимальні значення показників мають зразки із заміною молочної сировини на обидва рослинні компоненти: 2,5% концентрату ядра арахісу і 2,5% борошна кукурудзяного.

4.1.1. Вивчення мікробіологічних показників. Серед чинників, які визначають якість СПМ, першочергове значення належить перебігу мікробіологічних процесів у продукті, результати досліджень яких наведено в табл. 4.1. Молочна основа є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів. Рослинні інгредієнти в сирному продукті підвищують ризик залучення до нього плісень та дріжджів.

Таблиця 4.1

Дослідження змін мікробіологічних показників сирного продукту м'якого впродовж зберігання за температури 8 ± 2^0 С

Зразок	Показники				
	КМАФА М, КОЕ в 1г	БГКП	Умовно- патогенні мікроорганізм и, в тому числі Staphylococcus aureus, КУО в 0,1г	Патогенні мікроорганізм и, в тому числі бактерії роду Salmonella	Дріжджі і плісені, КОЕ в 1 г
СПМ на початку зберігання	60	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 25 г	Не виявлені
СПМ після зберігання 28 діб	100	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 25 г	Не виявлені

За результатами досліджень встановлено, що зберігання сирного продукту протягом 28 діб не призводить до перевищення кількості мікроорганізмів, яку визначає чинна нормативна документація. Таким чином, строк зберігання 28 діб гарантує мікробіологічну нешкідливість СПМ.

4.1.2. Дослідження фізико-хімічних змін. Зміна кислотності продукту обумовлюється, передусім, зміною молочного цукру, молочної кислоти та її солей, білків та внесенням до системи бактеріальних заквасок, технологічними режимами процесу виробництва продукту. Зміну титрованої кислотності СПМ впродовж зберігання представлено на рис. 4.1–4.3.

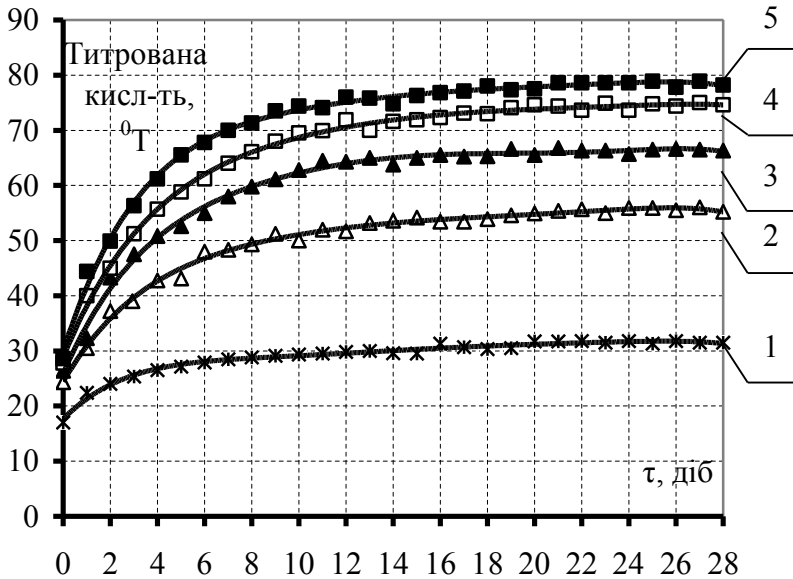


Рис. 4.1. Залежність титрованої кислотності СПМ із заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

З рис. 4.1 видно, що збільшення заміни на КЯА від 2,5 до 10% призводить до підвищення загальних значень титрованої кислотності порівняно з контролем. Характер змни кислотності більш інтенсивніший: впродовж перших 7 днів зберігання підвищення кислотності для зразків із заміною 2,5, 5, 7,5 та 10% відповідно змінюється ($^{\circ}T$) з 24,3 до 48,3, з 26,4 до 58, з 28 до 64 та з 28,6 до 70, а значення кислотності даних зразків на 28 добу складають 55,2, 66,3, 74,6 та 78,2. Отже, загальне підвищення титрованої кислотності цих зразків складає близько 127%, 151%, 166% та 173,4%.

Тенденція до підвищення титрованої кислотності при збільшенні заміни СЗМ притаманна і зразкам, які містять в своєму складі БК (рис. 4.2). Однак, загальні значення, в порівнянні зі зразками з КЯА, менші. Впродовж досліджуваного терміну титрована кислотність зразків із заміною на БК 2,5, 5, 7,5 та 10% підвищується, відповідно ($^{\circ}T$): приблизно з 18,7 до 38, з 24,7 до 50, з 27,5 до 55,2 та з 29 до 61,5, тобто на 103%, 102%, 101% та 112%. Відомо, що значним змінам підлягають білки внаслідок чого підвищується кількість розчинних сполук – продуктів

розпаду білків. Тому, підвищення кислотності СПМ з КЯА пов'язане з підвищеним вмістом в продукті білка; також під час зберігання збільшується кількість продуктів розпаду білка [12; 41; 139; 177; 242]. Відомо, чинником розпаду білків під час дозрівання СПМ є сумісна дія ферментів, що виділяють молочнокислі бактерії та сичужного ферменту. На діяльність ферментів під час дозрівання сирів та сирних продуктів впливає вільна волога (зразки СПМ із КЯА характеризуються більш високим вмістом вільної вологи в порівнянні з відповідними зразками з БК), підвищення вмісту якої збільшує ферментативну активність [12; 41; 177; 190; 192; 225; 239].

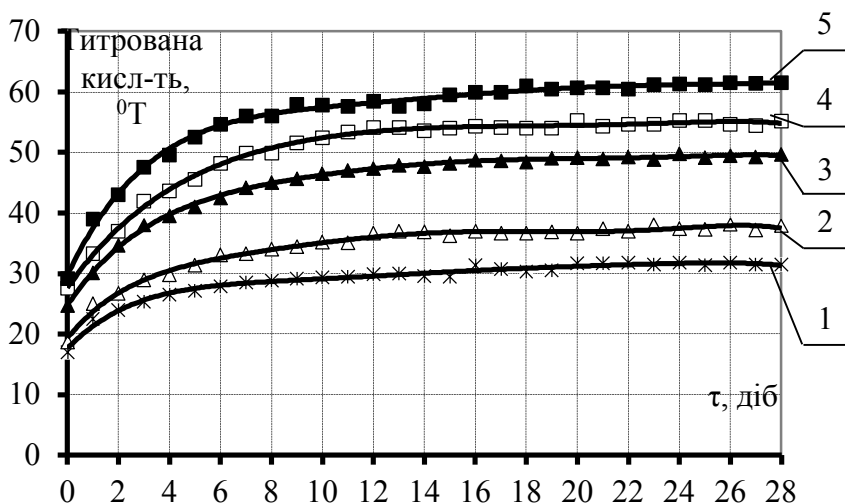


Рис. 4.2. Залежність титрованої кислотності СПМ із заміною СЗМ на борошно кукурудзяне від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Отже, високий вміст вільної вологи (внаслідок того підвищення ферментативної активності), білків та продуктів їх розпаду в СПМ з КЯА призводять до підвищення титрованої кислотності, оскільки перелічені чинники діють як синергісти. Як свідчить рис. 4.3, зміна титрованої кислотності зразка сирного продукту із заміною (5%) та співвідношенням КЯА та БК як один до одного наближена до відповідних значень зразка з концентратом. Так, впродовж 28 діб зберігання титрована кислотність підвищується від 25⁰ Т до 61⁰ Т, тобто приблизно на 144%. Можна констатувати, що більш вираженим змінам титрованої кислотності

підлягають зразки впродовж першого тижня їхнього зберігання. Одночасно зі зміною складових частин молока сир набуває певного смаку і запаху, консистенції, кольору та рисунку.

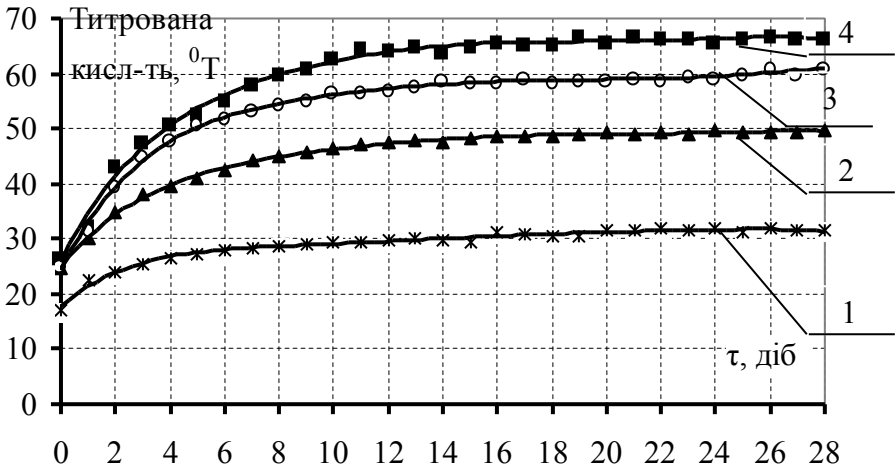


Рис. 4.3. Залежність титрованої кислотності СПМ від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу

Титрована кислотність контрольного зразка інтенсивно зростає протягом першого тижня зберігання з 17^0 Т до $28,5^0$ Т. Впродовж останніх двох тижнів підвищення кислотності відбувається рівномірно та майже не змінюється (значення на 28 добу приблизно 32%). Загальне підвищення титрованої кислотності контрольного зразка (впродовж 28 діб) складає приблизно 88%. Можна констатувати, що використання КЯА та БК як складників сирного продукту призводить до помітного зростання титрованої кислотності, причому вплив КЯА на підвищення титрованої кислотності більш суттєвий. Показники перекисного та кислотного чисел для розробленого СПМ наведені в табл. 4.2. Узагальнюючи результати досліджень з фізико-хімічних змін зразків СПМ, достатнім терміном дозрівання слід вважати час близько перших 12...14 діб; подальше зберігання – також близько двох тижнів.

Таблиця 4.2

Дослідження змін якісних показників сирного продукту м'якого впродовж зберігання за температури $8 \pm 2^{\circ} \text{C}$

Показник	Зберігання, діб	
	0	28
Перекисне число жиру, % I_2	0,27	0,28
Кислотне число жиру, мг КОН/г жиру	0,31	0,34

4.1.3. Дослідження текстурних властивостей. Важливим чинником з точки зору споживчих властивостей СПМ є текстурні характеристики, які можна визначити як комбінацію фізичних властивостей та які під час зберігання інтенсивно змінюються. необхідними виявляються дослідження консистенції СПМ впродовж зберігання. В якості приладу був використаний пенетрометр, який вимірює величину деформуючої дії на продукт. На рис. 4.4–4.6 побудована залежність граничної напруги зсуву зразків СПМ від тривалості зберігання ($\sigma_o = f(\tau)$), де представлено і максимальну заміну СЗМ.

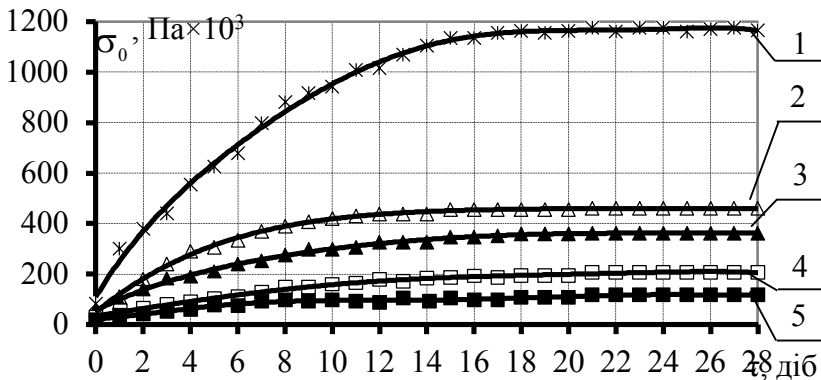


Рис. 4.4. Залежність граничної напруги зсуву СПМ із заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

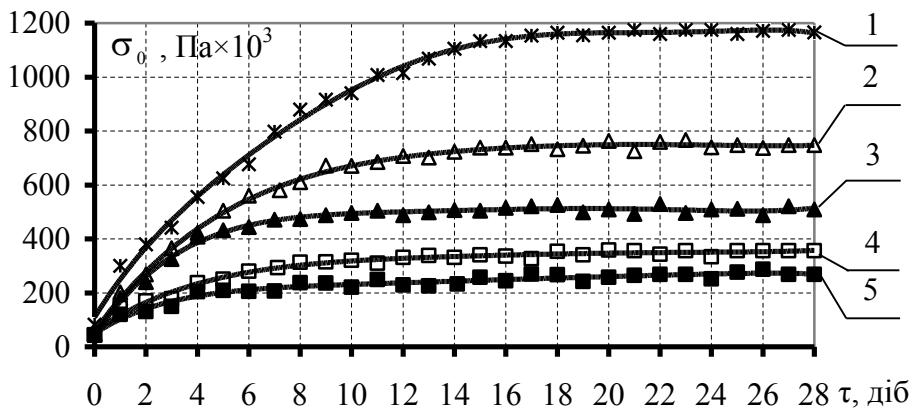


Рис. 4.5. Залежність граничної напруги зсуву СПМ із заміною СЗМ на борошно кукурудзяне від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

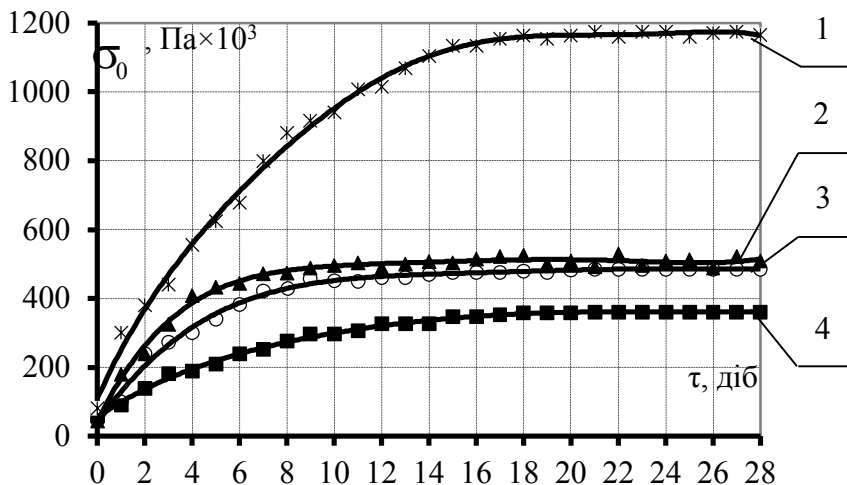


Рис. 4.6. Залежність граничної напруги зсуву СПМ від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу

Дослідженнями зміни текстурних властивостей продукту впродовж зберігання виявлено, що гранична напруга зсуву свіжовиготовлених зразків майже однакова незалежно від вмісту рецептурних компонентів; впродовж зберігання показник підвищується. Суттєве збільшення опірності продукту відбувається протягом перших 12...15 діб; після 21 діб вимірювань суттєві зміни не спостерігаються. Такий характер зміни граничної напруги зсуву свідчить про ущільнення структури, зміцнення просторового каркасу внаслідок взаємодії рецептурних компонентів. Максимальна гранична напруга зсуву притаманна контрольному зразку: впродовж перших 15 діб зберігання вона підвищується з $81,6 \times 10^3$ Па до $1134,0 \times 10^3$ Па. Далі, наступні 6 діб, характеризуються неінтенсивною зміною граничної напруги зсуву: значення, виміряне на 21 добу складає $1175,0 \times 10^3$ Па. З підвищенням вмісту в продукті концентрату ущільнення каркасу продукту відбувається неінтенсивно. Так, гранична напруга зсуву зразка із заміною на концентрат 2,5% інтенсивно підвищується близько 12 перших діб дослідження: з $54,0 \times 10^3$ Па до $438,0 \times 10^3$ Па. Значення, виміряні на 21 добу склали 459×10^3 Па. Гранична напруга зсуву зразка із 10%-ю заміною СЗМ на КЯА впродовж перших 12 діб збільшується від $19,0 \times 10^3$ Па до $88,0 \times 10^3$ Па. Її значення на 21 добу 117×10^3 Па. Збільшення строку досліджень не є доцільним, оскільки надалі не відбувається інтенсивних перетворень текстури. Таким чином, видно що збільшення вмісту концентрату ядра арахісу не сприяє утворенню міцного просторового каркасу, ймовірно, через морфологічну будову та наявність значної кількості гідрофобних груп. Виявлено, що загалом присутність борошна кукурудзяного в продукті підвищує аналогічні значення граничної напруги зсуву відносно концентрату. Підвищення граничної напруги зсуву зразків із 2,5%-ю та 10%-ю замінами за перші 12 діб має наступний характер: відповідно від $49,4 \times 10^3$ Па до 707×10^3 Па та від $44,3 \times 10^3$ Па до 230×10^3 Па; значення на 21 добу склали, відповідно, 748×10^3 Па та 265×10^3 Па. Тобто, аналогічно зразкам із концентратом, підвищення вмісту борошна кукурудзяного уповільнює зміцнення каркасу. Однак перший тиждень характеризується більшою інтенсивністю підвищення граничної напруги зсуву та загальне ущільнення просторового каркасу також відбувається впродовж перших 12...17 діб. З визначення зміни текстурних властивостей СПМ встановлено, що рослинні добавки, зокрема КЯА, знижують граничну напругу зсуву. Слід відмітити, що суттєве зміцнення структури відбувається в середньому за 14 перших діб зберігання СПМ.

4.1.4. Дослідження ВУЗ. Після пресування продукт досягає вологості $55,3 \pm 2,7\%$. Зміна властивостей СПМ під час зберігання є результатом низки складних фізико-хімічних, колоїдних і біохімічних процесів. У процесі дозрівання вміст вологи в системі поступово зменшується, що відбувається на

інтенсивності бактеріальних і ферментних процесів. Вміст вологи може знижуватися через усушку сирного продукту. Однак, головним чином, вміст вологи знижується внаслідок перерозподілу вологи та утворення міцного зв'язку, що веде до підвищення ВУЗ [33; 41; 87; 100; 177; 192; 420; 241].

Залежність зміни ВУЗ зразків продукту, які мають заміну СЗМ від 2,5 до 10% на КЯА представлено на рис. 4.7, на БК – на рис. 4.8. На рис. 4.9 представлено зміни ВУЗ зразків продукту з заміною 5% СЗМ на рослинні добавки.

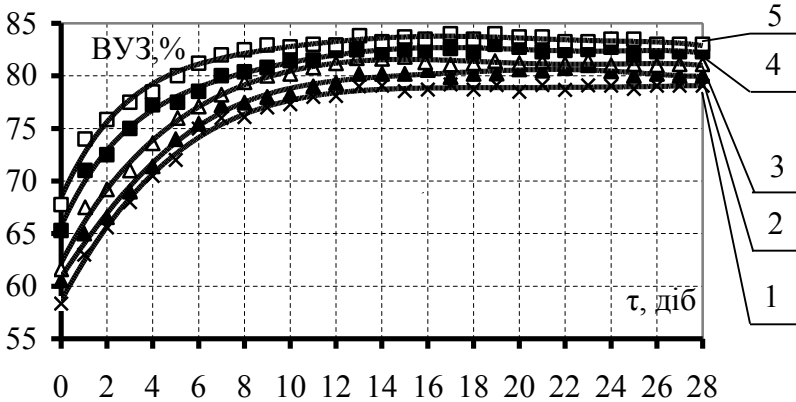


Рис. 4.7. Залежність вологостійкості СПМ із заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Аналіз рис. 4.7–4.9 свідчить, що характер зміни ВУЗ СПМ залежно від концентрації КЯА та БК не суперечить характеру зміни зразків сирної маси з відповідним рецептурним складом. ВУЗ всіх зразків СПМ інтенсивно підвищується протягом перших двох тижнів вимірювань. Особливо інтенсивне підвищення характерне зразкам із БК, причому, чим більша заміна СЗМ на БК, тим інтенсивніше змінюється ВУЗ та значення ВУЗ вищі. Виявлено, що ВУЗ контрольного зразка, а також зразка із 2,5%-ю заміною СЗМ на БК інтенсивно підвищується впродовж перших 14 діб, в той час, коли зразок із 10%-ю заміною досягає постійних значень за перші 9...11 діб. Видно, що наприкінці вимірювань при загальній заміні СЗМ 5% значення ВУЗ зразка зі співвідношенням КЯА та БК один до одного (близько 85%) наближені в більшій мірі до значення ВУЗ зразка з борошном (близько 87%), ніж до зразка лише з концентратом, ВУЗ якого складає приблизно 81%.

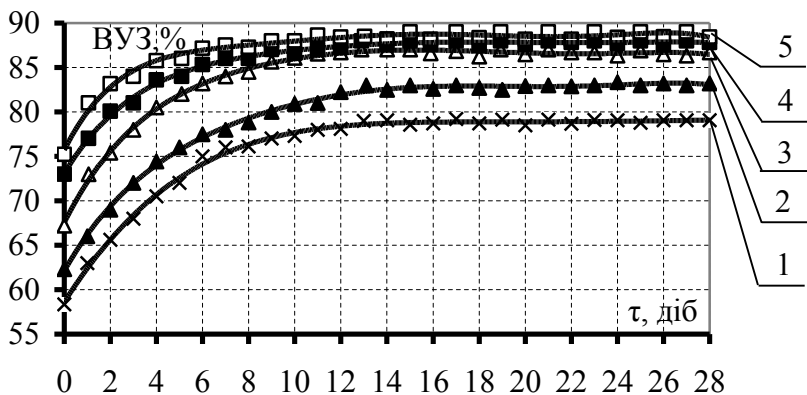


Рис. 4.8. Залежність вологоутримуючої здатності СПМ із заміною СЗМ на борошно кукурудзяне від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

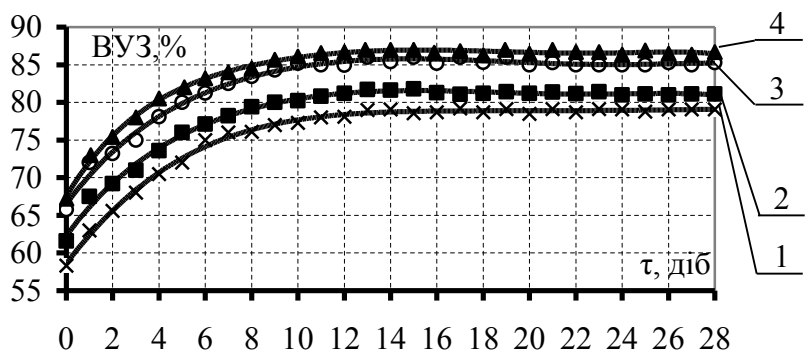


Рис. 4.9. Залежність вологоутримуючої здатності СПМ від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

Таким чином, збільшення заміни молочної сировини на рослинні компоненти більше, ніж 5% не веде до суттєвого підвищення ВУЗ; ВУЗ підвищується впродовж перших двох тижнів зберігання.

4.1.5. Визначення зміни ЯМР. Результати щодо рухомих молекул води залежно від рецептурного складу СПМ отримано за допомогою методу ядерного магнітного резонансу – ЯМР – спінова луна.

Оскільки на швидкість перерозподілу енергії в досліджуваному продукті впливає спін-спінова взаємодія і молекулярна рухливість води, тому на час релаксації (T_2) впливає хімічний склад продукту. Отже, T_2 характеризує стан і взаємодію води в досліджуваному продукті [44; 128; 200].

Залежність T_2 продукту з заміною молочної сировини на КЯА та БК від тривалості зберігання представлена, відповідно, на рис. 4.10 та 4.11; на рис. 4.12 – з раціональним рецептурним складом.

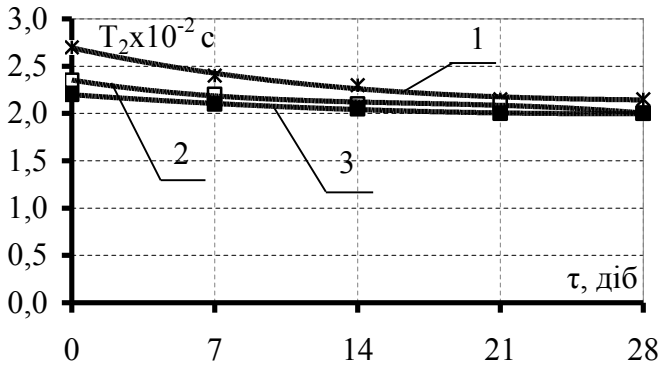


Рис. 4.10. Залежність часу спінової релаксації СПМ із заміною СЗМ на концентрат ядра арахісу від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – 5%; 3 – 10%

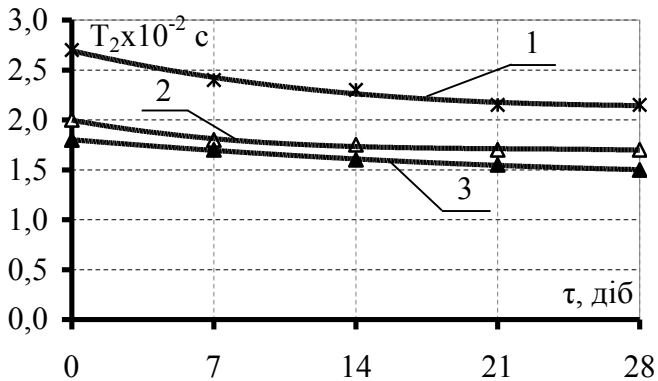


Рис. 4.11. Залежність часу спінової релаксації СПМ із заміною СЗМ на борошно кукурудзяне від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – 5%; 3 – 10%

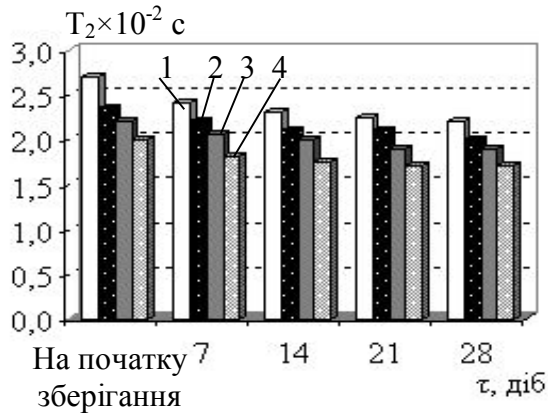


Рис. 4.12. Залежність часу спин-спінової релаксації СПМ від тривалості зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

З результатів досліджень видно, що підвищення заміни СЗМ на рослинні компоненти призводить до зменшення часу спин-спінової релаксації, який також знижується впродовж 28 діб зберігання. Встановлено, що впродовж зберігання T_2 контрольного зразка знижується від 0,027 до 0,0215 с. Заміна СЗМ на КЯА змінює тривалість спин-спінової релаксації впродовж 28 діб від 0,0235 до 0,02 с для зразків із 5%-ю заміною та від 0,022 до 0,02 с із заміною 10%. Виявлено, що для свіжовиготовлених зразків сирного продукту з КЯА тривалість спин-спінової релаксації диполя води в діапазоні підвищення заміни СЗМ 5...10% відносно контролю знижується, відповідно, на 0,0035 та 0,005 с, а для готового продукту – на 0,0015 с для обох замін. Зниження значень T_2 зразків із заміною СЗМ на БК 5...10% має більш виражений характер, ніж для зразків СПМ з КЯА. Впродовж терміну зберігання T_2 зразків із заміною на борошно 5 та 10% знижується від 0,02 до 0,017 с та від 0,018 до 0,015 с відповідно. Отже, відносно контролю тривалість спин-спінової релаксації зразків із заміною 5 та 10% знижується, відповідно, на 0,007 та 0,009 с для свіжовиготовлених зразків та на 0,0045 і 0,0065 с для готових. T_2 зразка з раціональним співвідношенням рослинних складників займає проміжне положення між зразками з заміною на єдину добавку. Характер зміни тривалості спин-спінової релаксації диполя води пояснюється зростанням ВУЗ продукту із збільшенням вмісту рослинних компонентів, зокрема борошна кукурудзяного та впродовж визначеного строку зберігання внаслідок поступового збільшення частки зв'язаної вологи в

СПМ. Таким чином, результати досліджень з вивчення ЯМР продукту вказали на присутність в ньому полісахаридів, що сприяє зв'язуванню вільної вологи. При заміні на концентрат до системи потрапляє додатковий жир; білки концентрату, переважно, водонерозчинні [43; 59; 220...223]. Відомо, що жир розподілений в сирному продукті у вигляді дрібних кульок. Вочевидь, гідрофобні жирові кульки, які знаходяться в капілярах, «фіксують» вільну вологу в каркасі та обмежують рухомість диполів води в зразках продукту з концентратом [41]. Встановлена тенденція зменшення тривалості спін-спінової релаксації диполя води зразків СПМ при збільшенні вмісту рослинних компонентів, зокрема БК. Як виявлено, при цьому зменшується молекулярна рухливість та водночас збільшується кількість зв'язаної води внаслідок зростання гідратації білка та підвищення водозв'язуючої активності за рахунок взаємодії молочних білків з рослинними, а також полісахаридами. Таким чином, зменшення часу спін-спінової релаксації зразків сирного продукту, які мають в своєму складі рослинні компоненти свідчить про обмеження рухомості диполів води в таких зразках та підвищення вологоутримуючої здатності при зменшенні вмісту вільної вологи, що підтверджується відповідними дослідженнями. Видно, що час спін-спінової релаксації знижується також впродовж 28 діб зберігання. Отже використання рослинних компонентів дозволяє знизити ризик синерезису як у свіжовиготовленому продукті, так і при подальшому зберіганні.

4.1.6. Дослідження впливу низьких температур на вміст вільної та зв'язаної вологи. З метою вивчення стану вологи в СПМ відносно рецептурного складу впродовж зберігання варто дослідити вплив на продукт низької температури.

Дипольні частинки води за допомогою адсорбції міцно зв'язані з іонами і полімерними групами білків. При заморожуванні продуктів зв'язана волога не бере участі в фазових перетвореннях [24; 136; 201; 221]. Оскільки вільна волога перебуває в міжклітинному просторі продукту, то, по мірі її виморожування, збільшується концентрація солей у незамерзлому міжклітинному розчині, що призводить до зміщення кріоскопічної температури в область більш низьких температур. Виморожування вологи відбувається поступово, з підвищенням концентрації залишкового розчину. При досягненні концентрації, визначеної для даного розчину, він застигає на суцільну масу, що називають евтектикою. У холодильній технології волога, що перейшла в твердий стан, називається вимороженою [24; 87; 133; 199]. Зміна відносного вмісту вільної вологи свіжовиготовленого та готового СПМ із заміною СЗМ на КЯА та БК 2,5...10% представлена на рис. 4.13, з раціональним рецептурним складом – на рис. 4.14.

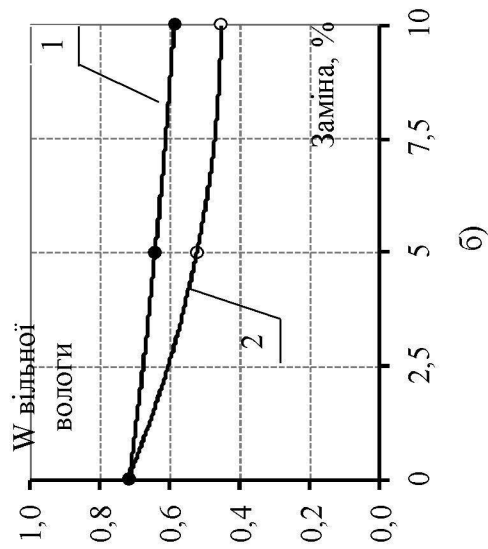
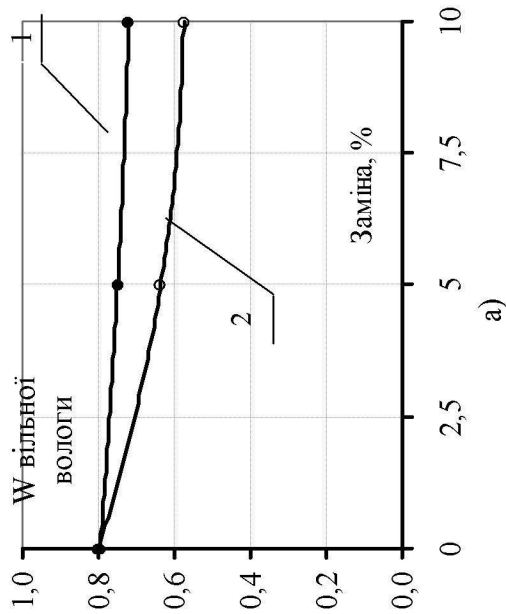


Рис. 4.13. Вплив заморожування на відносний вміст вільної вологи СПМ з заміною СЗМ на КЯА (1) та БК (2): а) на початку зберігання; б) після зберігання 28 діб

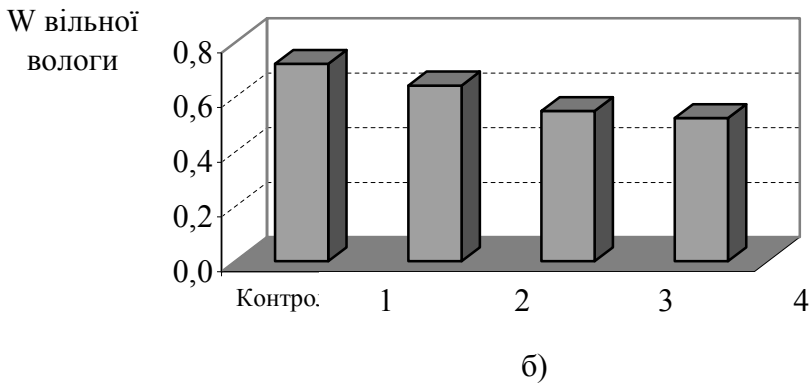
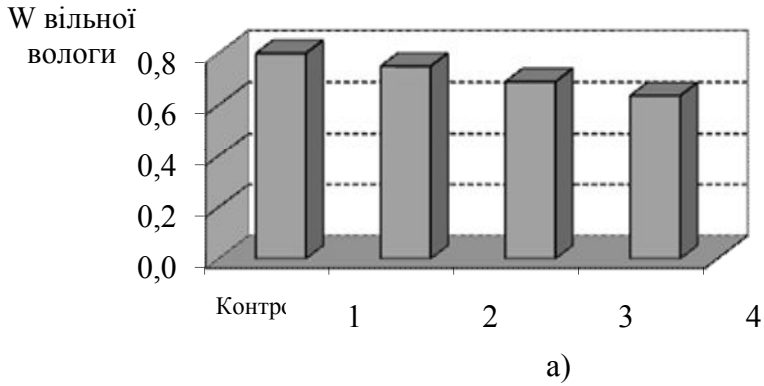


Рис. 4.14. Вплив заморожування на відносний вміст вільної вологи СПМ: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного; а) на початку зберігання; б) після зберігання 28 днів

Найбільший вміст вільної вологи притаманний свіжовиготовленим зразкам (рис. 4.13 а): найвищим вмістом вільної вологи характеризується контрольний зразок – 0,8 в. од. Із підвищенням заміни СЗМ на КЯА вміст вільної вологи рівномірно знижується та складає приблизно 0,75 та 0,72 в. од. для зразків із заміною СЗМ 5 та 10% відповідно. Зі збільшенням заміни СЗМ на БК до 5 та 10% вміст вільної вологи знижується більш інтенсивно порівняно з відповідними зразками, що містять концентрат. Вміст вільної вологи для зразка із заміною СЗМ на БК 5% складає близько 0,64 в. од., а для 10%-ї заміни змінюється незначно – приблизно до 0,58 в. од. З рис. 4.13 б) видно, що зберігання веде до зниження загального вмісту вільної вологи всіх зразків продукту зі збереженням тенденції її зміни за різного вмісту рослинних добавок. Вміст вільної вологи контрольного зразка складає близько 0,72 в. од. Заміна на КЯА в кількості 5 та 10% знижує цей показник, відповідно, до 0,64 та 0,59 в. од., на БК – до 0,52 та 0,45 в. од. відповідно. Таким чином, для свіжовиготовлених зразків СПМ вміст вільної вологи за максимальної заміни відносно контролю знижується приблизно на 10% за присутності концентрату та на 27,5% при залученні борошна; після зберігання – відповідно, на 18 та 37,5%. Тобто, аналіз результатів дослідження зміни вмісту вільної вологи (рис. 4.13) встановив, що зберігання веде до зниження вільної вологи в продукті: від 0,8 до 0,72 (приблизно на 10%) – контрольні зразки; від 0,75 до 0,64 (на 15%) – зразки із 5%-ю заміною СЗМ на концентрат; від 0,72 до 0,59 (на 18%) – зразки із 10%-ю заміною СЗМ на концентрат; від 0,64 до 0,52 (на 18,8%) – зразки із 5%-ю заміною СЗМ на борошно; від 0,58 до 0,45 (на 22,4%) – зразки із 10%-ю заміною СЗМ на борошно. Аналіз зразків СПМ з різним рецептурним складом при заміні СЗМ 5% засвідчив, що співвідношення рослинних добавок в продукті один до одного обумовлює проміжні значення досліджуваного показника відносно зразків з одним рослинним компонентом. Збільшення заміни молочної сировини на БК має більш вагомий вплив на зниження вмісту вільної вологи в сирному продукті, що узгоджується з попередніми дослідженнями.

4.1.7. Динаміка втрати маси сирним продуктом м'яким у процесі зберігання. З метою обґрунтування умов зберігання сирного продукту з раціональною заміною СЗМ 5% і залежно від концентрації КЯА та БК були визначені втрати маси – $M, \%$ – за різного значення відносної вологості повітря – $W, \%$ під час зберігання (рис. 4.15). Температуру, за якої були проведені дослідження, складала $8 \pm 2^{\circ} \text{C}$.

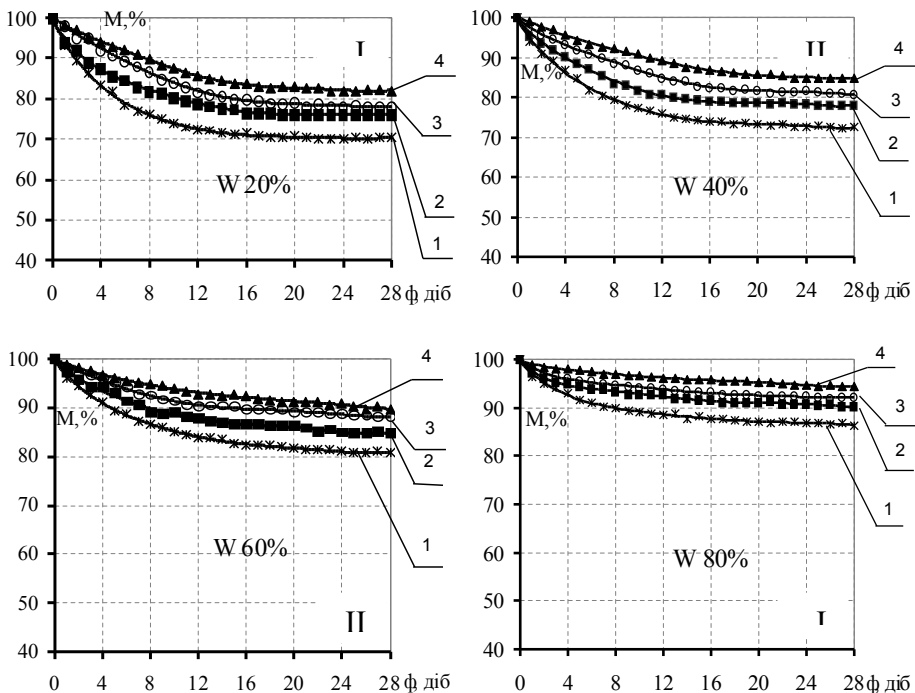


Рис. 4.15. Динаміка втрати маси СПМ за відносної вологості повітря 20% (I); 40% (II); 60% (III); 80% (IV): 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

Аналізуючи рис. 4.15, видно, що динаміка втрати маси зразками суттєво залежить від значень відносної вологості повітря, а також від концентрації рослинних компонентів в продукті. Відзначена висока інтенсивність втрати маси зразками сирного продукту впродовж перших 14...18 дб зберігання, тобто, по закінченню цього терміну зразки мають більшу хімічну сталість щодо вільної вологи. Впродовж визначеного терміну зберігання (28 дб) спостерігаються втрати маси всіма зразками сирного продукту. Однак, із підвищенням значень відносної вологості повітря в діапазоні 20...80%, втрати маси мають тенденцію до зниження. Загальні втрати маси для відносних вологостей повітря 20; 40; 60 та 80% до досягнення рівноважного стану мають наступні значення. Загальні втрати маси для контрольних зразків порівняно зі зразками, які містять рослинні

добавки є найбільшими та для відносних вологостей повітря 20; 40; 60 та 80% складають відповідно, близько 30%, 28%, 19,2% та 14%. Для зразків, які містять в своєму складі КЯА, загальні втрати маси при вказаних відносних вологостях повітря складають, відповідно, 24%, 22%, 15,2%, 10%, а для зразків із співвідношенням КЯА та БК – 22%, 19,4%, 12% та 8%. Збільшення вмісту БК в продукті призводить до зниження загальної втрати маси продукту. Загальні втрати маси зразків сирного продукту лише з БК найменші та за вказаних вологостей повітря складають приблизно 18%, 15,2%, 10,3% та 6%. Поступове зниження втрати маси всіма зразками сирного продукту впродовж визначеного терміну досліджень вказує, що агрегативна стійкість зразків не змінюється. Отже надана система перебуває у відносно рівноважному стані. Використання заміни молочної сировини на рослинні добавки призводить до зменшення втрати маси, що в більшій мірі проявляється зі збільшенням вмісту БК в продукті. Отже, зазначені компоненти, зокрема БК, сприяють утриманню вологи в продукті. У перший період втрата вологи відбувається зі змінною швидкістю до моменту вирівнювання з навколишнім повітрям, а волога переміщується від центру до поверхневих шарів внаслідок різниці у її вмісті у внутрішніх і зовнішніх шарах зразка [24; 75]. Побудовані ізотерми десорбції, які відображають залежність втрати маси зразками сирного продукту за діапазону відносних вологостей повітря від 0 до 100% при досягненні стану рівноважної вологості (рис. 4.16).

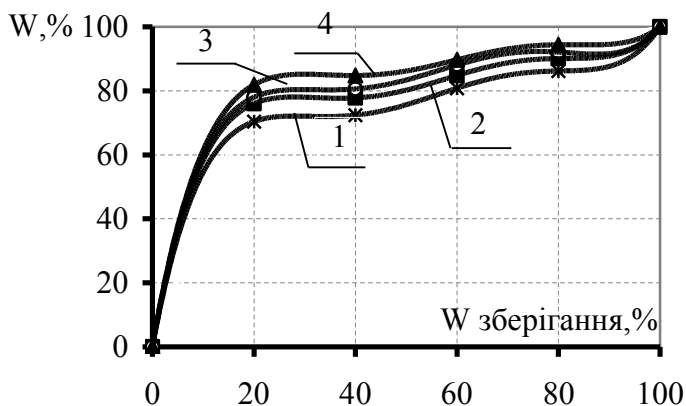


Рис. 4.16. Ізотерми десорбції СПМ: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

Рис. 4.16 свідчить, що всі досліджувані зразки втрачають вологу в процесі визначеного терміну зберігання. Тобто, можна умовно виділити вологу, що втрачена зразками – вона розміщена над ізотермами. Волога, яка утримується зразками знаходиться під ізотермами.

В діапазоні відносної вологості повітря 40...100% має місце підвищення здатності утримувати вологу дослідними зразками. Аналіз втрати маси досліджуваними зразками сирного продукту дозволив зробити висновок, що використання рослинних добавок сприяє утриманню вологи, зниженню втрати маси; доведена необхідність присутності борошна кукурудзяного, яке більшою мірою сприяє зниженню ризику висихання продукту під час зберігання.

4.2. Дослідження впливу заморожування на зміну властивостей сирного продукту м'якого

Варто детально дослідити зміну показників якості СПМ в процесі низькотемпературного зберігання та обумовити строк зберігання. СПМ піддавали холодильній обробці, яка включає наступні етапи: пакування, заморожування, зберігання та розморожування. В якості упаковки використовували поліетиленову плівку; маса СПМ 1,0 кг.

СПМ заморожували до температури $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$; тривалість заморожування складала 1,5...2,0 год. Розморожували на повітрі при вільному його русі (повільне розморожування – температура складала 1...80 $^{\circ}\text{C}$). Особливості зміни стану системи при заморожуванні визначаються фазовим переходом води в лід і підвищенням концентрації розчинених в рідкій фазі речовин [21; 60]. Структурні зміни при заморожуванні СПМ пов'язані з порушенням структури в результаті утворення кристалів льоду. Кристалоутворення призводить до змін фізичних характеристик СПМ та може супроводжуватися змінами фізико-хімічних, біохімічних і морфологічних властивостей, у тому числі білків [152].

4.2.1. Вивчення мікробіологічних показників у процесі низькотемпературного зберігання сирного продукту м'якого. Результати мікробіологічних досліджень СПМ в процесі низькотемпературного зберігання представлено в табл. 4.3.

За допомогою мікробіологічних досліджень встановлено, що заморожування негативно впливає на життєдіяльність мікроорганізмів: під час зберігання СПМ протягом 9 місяців в замороженому стані 33% мікроорганізмів загинуло. Крім низької температури негативного впливу на кількість мікроорганізмів мають: знижена вологість СПМ, що створюється в результаті вимержання води, зміна білків і механічна дія льоду [60; 119].

Таблиця 4.3

Дослідження змін мікробіологічних показників сирного продукту м'якого
випродовж зберігання за температури $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$

Зразок	Показники				
	КМАФАМ, КОЕ в 1г	БГКП	Умовно-патогенні мікроорганізми, в тому числі Staphylococcus aureus, КУО в 0,1г	Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Salmonella	Дріжджі і плісені, КОЕ в 1 г
СПМ дозрілий (до заморожування)	75	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 25 г	Не виявлені
СПМ після зберігання 3 міс.	65	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 25 г	Не виявлені
СПМ після зберігання 6 міс.	50	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 25 г	Не виявлені
СПМ після зберігання 9 міс.	50	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 0,01 г	Не виявлені в 25 г	Не виявлені

4.2.2. Дослідження фізико-хімічних змін сирного продукту м'якого в процесі низькотемпературного зберігання. В процесі низькотемпературного зберігання СПМ варто дослідити зміни показників титрованої кислотності (рис. 4.17).

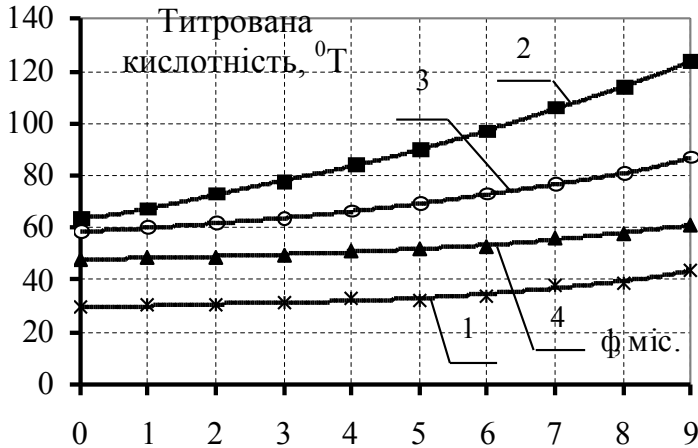


Рис. 4.17. Залежність титрованої кислотності СПМ від тривалості низькотемпературного зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

На рис. 4.17 спостерігається рівномірне підвищення титрованої кислотності зразків СПМ протягом досліджуваного терміну (9 місяців): для контрольного зразка, зразка з борошном кукурудзяним та раціонального підвищення показника складає, відповідно, приблизно 14, 13,5 та 28⁰ Т. Для зразка СПМ лише з КЯА характерна більша інтенсивність підвищення показника впродовж досліджуваного часу (приблизно вдвічі). Зміни перекисного та кислотного чисел раціонального СПМ, що зберігали в замороженому стані представлено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Дослідження змін якісних показників сирного продукту м'якого впродовж зберігання за температури $-18 \pm 1^0 \text{ C}$

Показник	Зберігання, міс.					
	0	3	6	7	8	9
Перекисне число жиру, % I ₂	0,27	0,28	0,29	0,32	0,34	0,34
Кислотне число жиру, мг КОН/г	0,31	0,34	0,38	0,40	0,39	0,38

Результати досліджень табл. 4.4 свідчать, що продукт характеризується рівномірним підвищенням кислотного та перекисного чисел протягом 6 місяців (відзначається суттєве зростання кислотного числа, а перекисне число зростає незначно).

Результати досліджень, отримані вже на 7 місяць зберігання СПМ в замороженому стані характеризуються різким зростанням перекисного числа, що з подальшим зниженням кислотного числа вказує на появу продуктів окислення та зниження загальної якості СПМ.

За результатами фізико-хімічних досліджень можна допустити, що в замороженому СПМ наявна вільна волога, яка під час зберігання продукту є переважним чинником псування за рахунок окислення. За фізико-хімічними результатами рекомендований термін зберігання СПМ в замороженому стані складає 6 місяців.

4.2.3. Дослідження текстурних властивостей сирного продукту м'якого після низькотемпературного зберігання. Оскільки при заморожуванні СПМ вода в ньому кристалізується, то після розморожування продукт може набути зміненої текстури, яку варто дослідити після розморожування зразків СПМ, що зберігались 6 місяців в замороженому стані.

На рис. 4.18 представлено результати дослідження граничної напруги зсуву зразків СПМ до заморожування та розморожених.

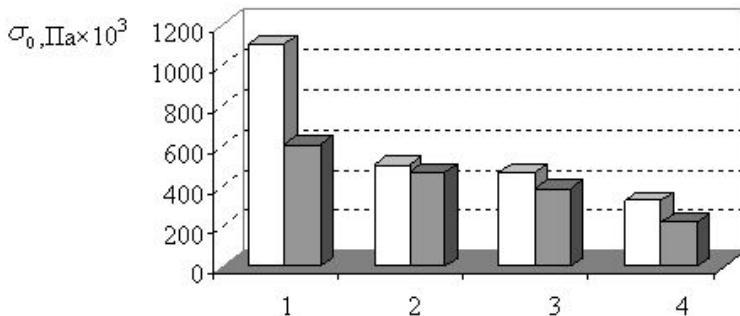


Рис. 4.18. Гранична напруга зсуву СПМ за різних температурних режимів зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу

□ продукт перед заморожуванням;

■ продукт після 6 міс. зберігання за температури $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$

Видно, що заморожування сприяє зменшенню граничної напруги зсуву, тобто змінює текстурні властивості в негативний бік. Гранична напруга зсуву розмороженого контрольного зразка майже вдвічі менша, ніж для аналогічного зразка до заморожування. Загальне зниження опірності структури СПМ безпосередньо пов'язане з розривом кристалами льоду структури продукту під час розморожування та перерозподілом, внаслідок цього, вологи. Присутність рослинних компонентів (більшою мірою) борошна кукурудзяного сприяє менш інтенсивному зниженню граничної напруги зсуву відповідних зразків після їх розморожування; зниження досліджуваного показника зразка лише з КЯА складає приблизно 33%, раціонального зразка – 17% та зразка з БК – 7,3%. Тобто, має місце утримання вологи за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей полісахаридів і, особливо, крохмалю борошна кукурудзяного.

Зміни колоїдної структури продукту, викликані перерозподілом води та збільшенням концентрації рідкої фази при заморожуванні, відображаються на величині ВУЗ.

4.2.4. Дослідження ВУЗ сирного продукту м'якого після низькотемпературного зберігання. Дослідженнями ВУЗ СПМ, яку визначено після розморожування зразків, встановлено закономірність утримання вологи зразками продукту з рослинними компонентами (особливо борошном кукурудзяним); констатовано загальне зниження ВУЗ зразків СПМ, які перебували 6 місяців в замороженому стані (рис. 4.19). Загальне зниження ВУЗ контрольного зразка, зразків лише з КЯА, раціонального зразка та зразка лише з БК складає, відповідно, 17,8, 16,7, 7,5 та 4,6%. Вологість СПМ після розморожування коливалась в межах 48...52%.

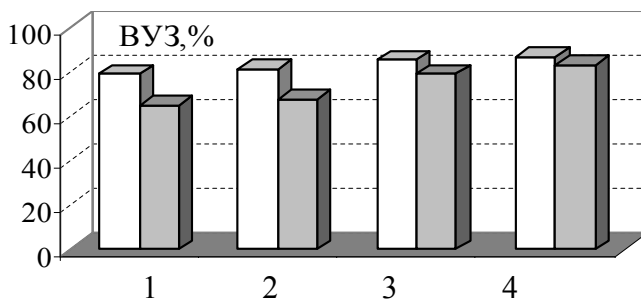


Рис. 4.19. Вологоутримуюча здатність СПМ за різних температурних режимів зберігання: 1 – контроль (без добавок); 2 – із заміною СЗМ на 5% концентрату ядра арахісу; 3 – із заміною СЗМ на 2,5% концентрату ядра арахісу та 2,5% борошна кукурудзяного; 4 – із заміною СЗМ на 5% борошна кукурудзяного

□ продукт перед заморожуванням;

■ продукт після 6 міс. зберігання за температури $-18 \pm 1^{\circ} \text{C}$

Вищевизначені фізико-хімічні та текстурні зміни СПМ під час його зберігання в замороженому стані безпосередньо впливають на органолептичні властивості продукту. Порівняльну характеристику органолептичних властивостей зразків СПМ до заморожування та зразків після зберігання в замороженому стані 6 місяців надано в табл. 4.5. З точки зору органолептичних властивостей заморожування сприяє зникненню пружності, еластичності, зменшенню ламкості та появи більш шпаристої структури. Присутність в продукті борошна кукурудзяного сприяє запобіганню негативної дії заморожування.

Таблиця 4.5

Порівняльна характеристика змін органолептичних властивостей СПМ з різним рецептурним складом при заміні 5% СЗМ за різних температурних режимів зберігання

Зразок	Зовнішній вигляд, консистенція	Смак и запах	Колір	Рисунок
Контроль до заморожування	Щільна, еластична, ламка на згині, однорідна	Виражений сирний, злегка кислуватий	Білий	Тісто без вічок або з вічками неправильної форми, які рівномірно розподілені по всій масі
Контроль після зберігання 6 міс.	Шпариста, злегка ламка на згині, однорідна			
КЯА до заморожування	Ніжна, пружна, злегка ламка на згині, однорідна	Сирний з вираженим присмаком арахісу	Білий з сіруватим відтінком	
КЯА після зберігання 6 міс.	Ніжна, шпариста, однорідна	Сирний з вираженим присмаком арахісу, злегка кислуватий		
Співвідношення КЯА:БК (1 : 1) до заморожування	Ніжна, еластична, злегка ламка на згині, однорідна	Сирний, з наявністю присмаку арахісу та кукурудзи	Світло-жовтий, рівномірний за всією масою	
Співвідношення КЯА:БК (1 : 1) після зберігання 6 міс.	Ніжна, в міру еластична, в міру щільна, злегка ламка на згині, однорідна			
БК до заморожування	Еластична, в міру щільна, ламка на згині, однорідна по всій масі	Сирний з характерним присмаком кукурудзи	Жовтий, нерівномірний	

БК після зберігання 6 міс.	В міру щільна, ламка на згині, в міру еластична, однорідна по всій масі			
----------------------------	---	--	--	--

4.2.5. Дослідження хімічного складу сирного продукту м'якого після низькотемпературного зберігання. В процесі заморожування СПМ відбуваються зміни його білкових речовин внаслідок денатурації (в результаті відділення води від білкової субстанції) та агрегації білків: дестабілізуюча дія низьких температур на білки продукту зводиться до пошкодження білкових молекул великими кристалами льоду і зниження їх заряду концентрованими розчинами солей, які також викликають дегідратацію, денатурацію та потім агрегування білків.

В результаті оцінки амінокислотного складу зразків незамороженого та замороженого СПМ (табл. 4.6) встановлено, що більш висока загальна кількість амінокислот притаманна зразкам СПМ, які підлягали заморожуванню. Підвищення загальної кількості амінокислот замороженого та незамороженого контрольного зразка СПМ складає 357,4 (приблизно 1,4%), а раціонального зразка – 257,1 (близько 1%).

Таким чином, раціональний зразок СПМ тривалого зберігання після розморожування втрачає менше вологи, ніж контрольний зразок, в якому амінокислоти знаходяться в більш концентрованому стані внаслідок інтенсивної дегідратації; рослинні добавки сприяють утриманню більшої кількості вологи, що узгоджується з попередніми дослідженнями.

Виявлено, що заморожування сприяє незначному зниженню загальної кількості незамінних амінокислот в обох зразках продукту, зокрема валіну, ізолейцину, лізину, метіоніну, фенілаланіну, а також цистину. Розроблений СПМ містить рослинні олії, які істотно підвладні окисленню та гідролізу.

Визначення вмісту жирних кислот (табл. 4.7) вказує на підвищення їх кількості в зразках СПМ тривалого зберігання та, особливо, ненасичених. Результати досліджень жирнокислотного складу СПМ свідчать, що в замороженому раціональному зразку СПМ домінує лінолева кислота підвищення вмісту якої складає близько 12%; загальне підвищення жирних кислот контрольного зразка складає близько 11%, раціонального – 21%. Узагальнюючи результати хімічних досліджень замороженого СПМ можна стверджувати, що продукт навіть після 6 місяців зберігання в замороженому стані є джерелом білка, жирних кислот і СПМ можна характеризувати як продукт з високою харчовою та біологічною цінністю.

Таблиця 4.6

Порівняльна характеристика амінокислотного складу сирного продукту м'якого до та після заморожування

Найменування	Сирний продукт м'який			
	до заморожування (дозрівання 14 діб)		після 6 міс. зберігання за температури $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$	
	Контрольний (без добавок)	Розроблений	Контрольний (без добавок)	Розроблений
Вода, %	55,3	55,3	50,0	50,0
Білок, %	25,5	29,1	26,4	29,6
Незамінні амінокислоти, %:	9,12	10,54	9,10	10,48
валін	1,18	1,35	1,13	1,30
ізолейцин	1,16	1,35	1,15	1,34
лейцин	2,32	2,66	2,40	2,74
лізин	1,41	1,64	1,41	1,56
метіонін	0,50	0,59	0,50	0,58
треонін	1,07	1,24	1,04	1,27
триптофан	0,27	0,33	0,28	0,34
фенілаланін	1,20	1,38	1,19	1,35
Замінні амінокислоти, %:	15,92	16,41	16,29	16,73
аланін	0,81	0,97	0,84	0,99
аргінін	0,65	0,69	0,68	0,70
аспарагінова кислота	2,1	2,42	2,13	2,43
гістидін	0,51	0,41	0,52	0,42
гліцин	0,52	0,80	0,53	0,82
глутамінова кислота	5,36	5,65	5,49	5,79
пролін	2,92	2,00	3,00	2,07
серин	1,56	1,74	1,60	1,77
тирозин	1,28	1,47	1,30	1,49
цистин	0,21	0,26	0,20	0,25
Загальна кількість амінокислот, %	25,03	26,96	25,39	27,21

Таблиця 4.7

Порівняльна характеристика жирнокислотного складу СПМ
до та після заморожування

Жирна кислота		Вміст, %			
найменування	індекс	СПМ до заморожування (дозрівання 14 діб)		СПМ після низькотемпературного зберігання 6 міс.	
		Контрольний (без добавок)	Розроблений	Контрольний (без добавок)	Розроблений
Насичені:		1,979	2,124	2,15	2,313
пальмітинова	C ₁₆₀	1,22	1,3	1,25	1,34
пальмітолеїнова	C ₁₆₁	0,019	0,042	0,060	0,093
стеаринова	C ₁₈₀	0,7	0,722	0,78	0,8
арахінова	C ₂₀₀	0,04	0,06	0,06	0,08
Ненасичені:		12,4	12,96	13,8	15,9
олеїнова	C ₁₈₁	3,65	3,92	4,0	4,9
лінолева	C ₁₈₂	8,75	9,04	9,8	11,0
Всього		14,38	15,084	15,95	18,213

4.2.6. ІЧ-спектроскопійний аналіз сирного продукту.

Дослідження впливу рослинних добавок та заморожування на зміну якості раціонального та контрольного зразків СПМ було встановлено під час вивчення ІЧ-спектрів, які дозволяють встановити присутність в молекулах важливих групировок і зв'язків (табл. 4.8) та служать засобом ідентифікації цих речовин за рахунок виявлення смуг поглинання (рис. 4.20). Співставленням ІЧ-спектрів контрольного та раціонального зразків СПМ, які перебували 6 місяців в замороженому стані (відповідно 1' та 2') з ІЧ-спектрами контрольного та раціонального зразків продукту, що не підлягали заморожуванню (відповідно 1 та 2) виявлено схожу тенденцію зміни смуг поглинання: заморожування зменшує інтенсивність поглинання. Тобто, заморожування сприяє руйнуванню всіх міжмолекулярних і внутрішньо молекулярних зв'язків, що супроводжують процеси деструкції та дезагрегації. Натомість, зразки СПМ з рослинними добавками (2 та 2') характеризуються більш високою інтенсивністю смуг поглинання відносно контрольних зразків (1 та 1') та мають більш виражений характер зв'язків.

Валентні коливання груп

Валентні коливання груп, см^{-1}				
ОН-	NH-	CH-	S-H-	C=O
3645...3500	3500...3300	3350...2850	2600...2550	1750...1720
Валентні коливання груп, см^{-1}				
COOH-	CH ₃ -	C-O-	C=N	S=S-
1750...1700	1470...1355	1300...1000	1230...1030	550...450

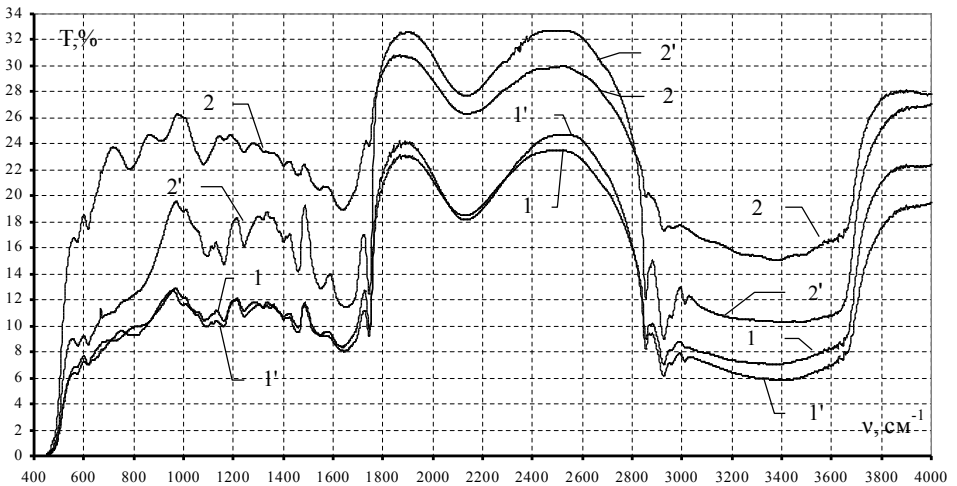


Рис. 4.20. ІЧ-спектри сирного продукту м'якого: контрольний зразок (без добавок) за традиційних умов зберігання (1), розроблений зразок за традиційних умов зберігання (2); контрольний зразок (без добавок) після 6 місяців низькотемпературного зберігання (1'), розроблений зразок після 6 місяців низькотемпературного зберігання (2')

Порівнянням ІЧ-спектрів зразків СПМ, які перебували 6 місяців в замороженому стані з відповідними незамороженими зразками встановлено яскраві зміни валентних коливань груп ОН-: спостерігається зменшення інтенсивності поглинання при $\nu=3645\text{...}3500\text{ см}^{-1}$, причому в контрольних зразках групи ОН-, більшою мірою, перебувають у вільному стані; вони беруть участь у внутрішньо молекулярних і міжмолекулярних водневих зв'язках і входять до складу вільної та зв'язаної води.

Заморожування СМП призводить до зменшення інтенсивності поглинання при $\nu=3500\text{...}3300\text{ см}^{-1}$, $\nu=3350\text{...}2850\text{ см}^{-1}$, $\nu=1750\text{...}1720\text{ см}^{-1}$, $\nu=1470\text{...}1355\text{ см}^{-1}$, $\nu=550\text{...}450\text{ см}^{-1}$, характерних для валентних коливань, відповідно, груп NH-, CH- (вказує на руйнування міжмолекулярних і внутрішньо молекулярних зв'язків), C=O-, CH₃, S=S- (вказує на зменшення вивільнення низькомолекулярних речовин).

Виявлено, що заморожування сприяє збільшенню інтенсивності поглинання (1' відносно 1 та 2' відносно 2) при $\nu=2600\text{...}2550\text{ см}^{-1}$, властивих валентним коливанням груп S-H-, що вказує на збільшення низькомолекулярних сірковмісних сполук в розморожених зразках.

Більш детальне розглядання смуг поглинання виявило наступне. Всі спектри містять чітко виражені смуги коливань в області $500\text{...}1800\text{ см}^{-1}$ та $2600\text{...}3700\text{ см}^{-1}$. Перша область ($500\text{...}1800\text{ см}^{-1}$) містить смуги коливань фрагментів молекул та зв'язків. Максимуми другої області ($2600\text{...}3700\text{ см}^{-1}$) за присутності рослинних добавок в зразках підвищують інтенсивність поглинання.

Спектри також мають смуги поглинання в області коливань $3200\text{...}3300\text{ см}^{-1}$, що відносяться до валентних коливань груп OH- в гідратних оболонках функціональних груп.

Всім зразкам характерні смуги поглинання в області $2850\text{...}2930\text{ см}^{-1}$, які вказують на наявність симетричних та асиметричних валентних груп CH₃-; максимуми в інтервалі частот близько 1460 см^{-1} свідчать про асиметричні деформаційні коливання CH₃- груп.

Смуга 1925 см^{-1} вказує на присутність асиметричних валентних груп -CH₂-; смуга в області близько 2850 та 1470 см^{-1} свідчать про симетричне та ножичне коливання груп -CH₂-. Смуги 738 та 742 см^{-1} вказують на маятникові коливання груп -CH₂-. Для незамороженого раціонального зразка СПМ (2) характерний слабкий максимум в області смуги поглинання $720\text{...}770\text{ см}^{-1}$, який характеризує коливання метиленових груп.

Смуги поглинання $1090\text{...}1190\text{ см}^{-1}$ всіх досліджуваних зразків СПМ вказують на наявність зв'язків C-O- та спиртових гідроксилів. Смуга в області 1170 см^{-1} всіх зразків обумовлює наявність гем-діметильної групи та її скелетне коливання.

Смуга 1210 см^{-1} для всіх зразків, крім раціонального незамороженого зразка (2) вказує на присутність скелетного коливання триметильної групи.

Смуги поглинання 958 см^{-1} вказують на коливання груп P=O. У всіх спектрах наявні слабкі максимуми $1402\text{...}1404\text{ см}^{-1}$, які вказують на симетричні коливання карбоксилат-іонів.

Виявляються смуги поглинання $1720\text{...}1728\text{ см}^{-1}$, що характеризують валентні коливання зв'язку C=O в недисоційованих карбоксильних групах і складних ефірах. Всім зразкам притаманне сильне

поглинання при 2000...2300 cm^{-1} та слабке при 1350 cm^{-1} , що вказує на асиметричні та симетричні валентні коливання подвійних і потрійних зв'язків.

Валентні коливання ненасиченої групи $=\text{C}=\text{H}-$ характерні всім зразкам в смузі 3020 cm^{-1} .

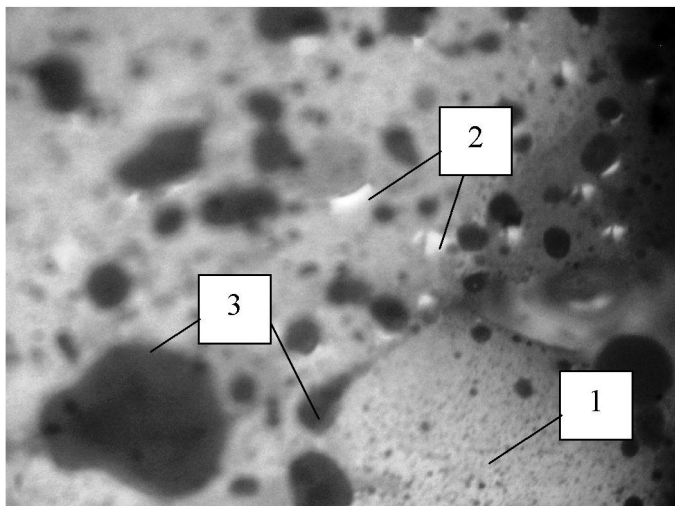
Смуга 1600...1650 cm^{-1} вказує на наявність дієнів і трієнів та спряжених подвійних зв'язків. Смуга в області приблизно 3030 cm^{-1} вказує на вміст ароматичних сполук. Смуги 1560... 1640 cm^{-1} , що характерні всім зразкам, свідчать про деформаційні коливання групи NH_2 .

Враховуючи вищенаведені результати, можна заключити, що порівняння ІЧ-спектрів контрольних зразків СПМ з тими, що містять рослинні добавки виявило наступне. Рослинні добавки сприяють утворенню додаткових внутрішньо молекулярних та міжмолекулярних водневих зв'язків; відбувається міжмолекулярна перебудова в комплексах сполук – органічних кислот, білків, амінокислот. Заморожування сприяє появі деструкції та дезагрегації, а також утворенню додаткових груп S-H.

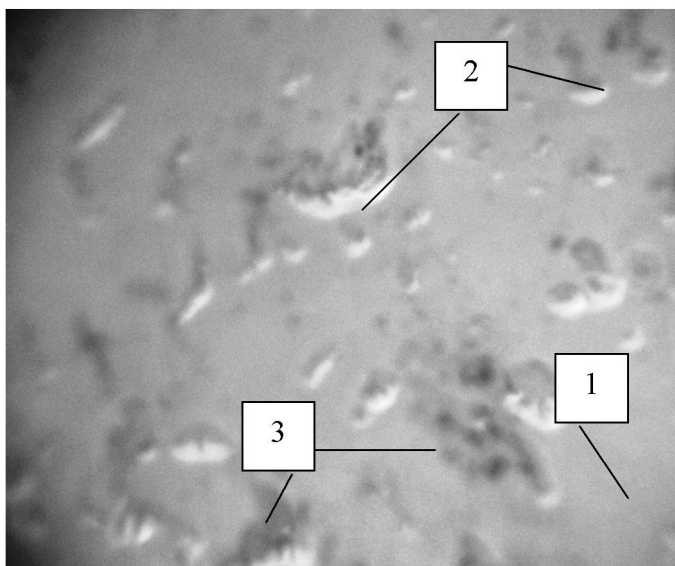
4.2.7. Дослідження мікроструктури сирного продукту. Низка фізико-хімічних процесів, що відбуваються при заморожуванні СПМ пов'язана з кристалізацією води, а також її дифузією та призводить до змін мікроструктури такого продукту.

На рис. 4.21 та 4.22 приведені отримані фотографії найбільш характерних ділянок мікроструктури контрольного та раціонального зразків СПМ після дозрівання та відповідних зразків продукту після 6 місяців низькотемпературного зберігання, а також рослинних добавок за різного збільшення. Позначення структурних елементів СПМ наступне: 1 – молочно-білкова основа, 2 – вічки, 3 – жирові кульки, 4 – КЯА; 5 – БК.

Мікрофотографії зразків свідчать, що основним структурним елементом СПМ є однорідна, дрібнозерниста білкова маса, яка складається з міцел казеїну, з'єднаних із утворенням сітчастої структури. В структурі наявні різноманітні за формою порожнини (вічки) – від 50 до 140 мкм.

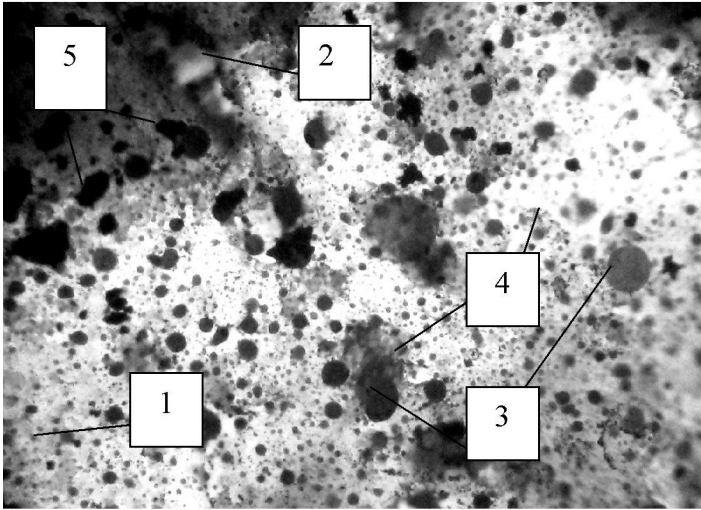


а)

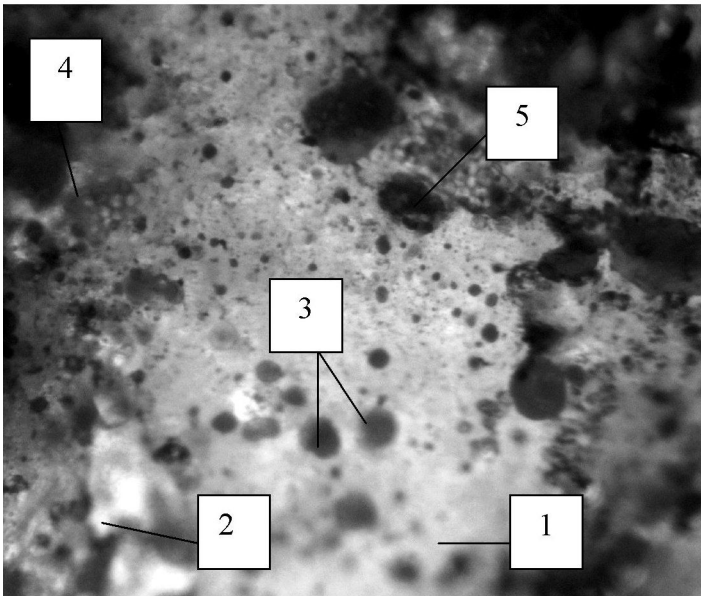


б)

Рис. 4.21. Мікроструктура контрольного зразка СПМ при збільшенні в 120 разів: а) дозрілого; б) після 6 місяців низькотемпературного зберігання



а)



б)

Рис. 4.22. Мікроструктура раціонального зразка СПМ при збільшенні в 120 разів: а) дозрілого; б) після 6 місяців низькотемпературного зберігання

В зразках білкової маси СПМ із заміною СЗМ спостерігаються рівномірно розподілені фрагменти відповідних рослинних компонентів. Розмір часточок борошна кукурудзяного неоднорідний та коливаються в межах 100...160 мкм, подекуди розмір часточок досягає 400 мкм. За технологічним процесом виробництва концентрату ядра арахісу розмір його часточок складає близько 50 мкм. Результати дослідження мікрорельєфу всіх зразків показали наявність рівномірно розподілених жирових кульок. Більша їхня частина розподілена у вигляді дрібних кульок діаметром близько 20...60 мкм; спостерігається більш великий діаметр жирових кульок – до 250 мкм.

Порівнянням фотографій мікрорельєфу зразків СПМ, які підлягали впливу заморожування з дозрілими зразками СПМ виявлені втрати специфічної структури, обумовлені впливом низької температури. Видно, що заморожування впливає на щільність структури: з'являються додаткові вічки неправильної форми внаслідок послаблення білкової сітки кристалами льоду, однак вагомий порок структурі СПМ від кристалів льоду не наноситься через кристалізацію води в мікропорожнинах білкової основи. Тобто, швидкість кристалізації води більша, ніж швидкість її дифузії [2; 15; 19...21; 60; 69].

Вплив заморожування обумовлює формування кристалів льоду, які викликають деформацію та локальне порушення білкової основи з можливим утворенням неупорядкованих структурних елементів СПМ. Під час розморожування відбувається часткове порушення однорідності та дрібнозернистості білкової основи дослідних зразків. Варто зазначити, що зміни мікроструктури залежать від температури низькотемпературного зберігання: високі температури можуть призвести до дифузії вологи та її перерозподілу, що обумовить збільшення великих кристалів льоду. Мікроструктурні дослідження по вивченню впливу заморожування на СПМ дозволили виявити, що заморожування сприяє агрегації жирових кульок і утворенню конгломератів неправильної форми.

На рис. 4.23 представлена мікроструктура КЯА, а на рис. 4.24 – мікроструктура БК при різних збільшеннях. Виявлені часточки насінневої оболонки арахісу розміром до 120 мкм. Спостерігаються часточки борошна кукурудзяного. Наявні зерна крохмалю розміром від 5 до 20 мкм, які безпосередньо беруть участь у підвищенні вмісту зв'язаної вологи в продукті. Таким чином, вибір рослинних компонентів сирного продукту є раціональним, оскільки, разом із запропонованим технологічним процесом виробництва, сприяє отриманню структурного каркасу, який характеризується однорідністю та рівномірністю розподілу рецептурних компонентів.

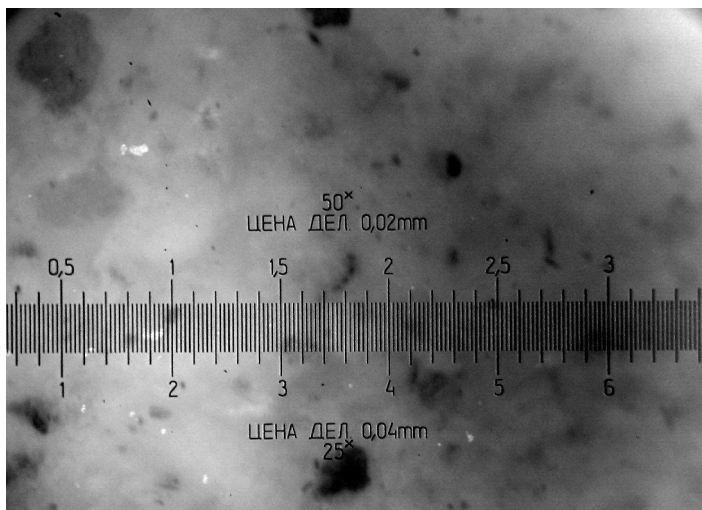
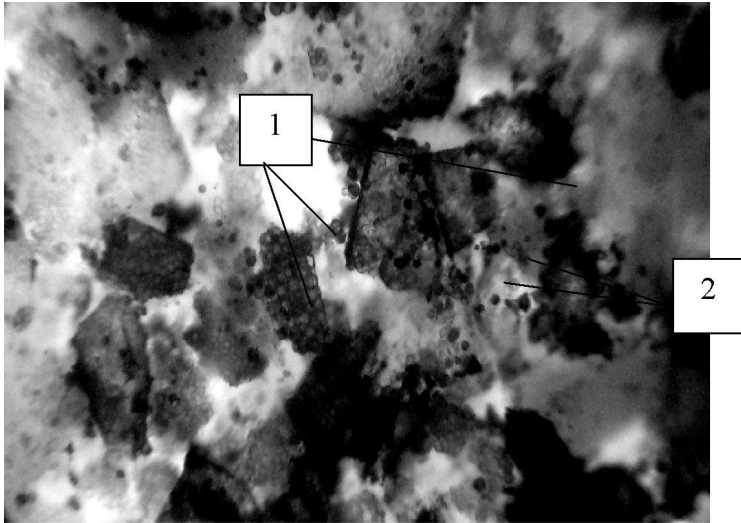
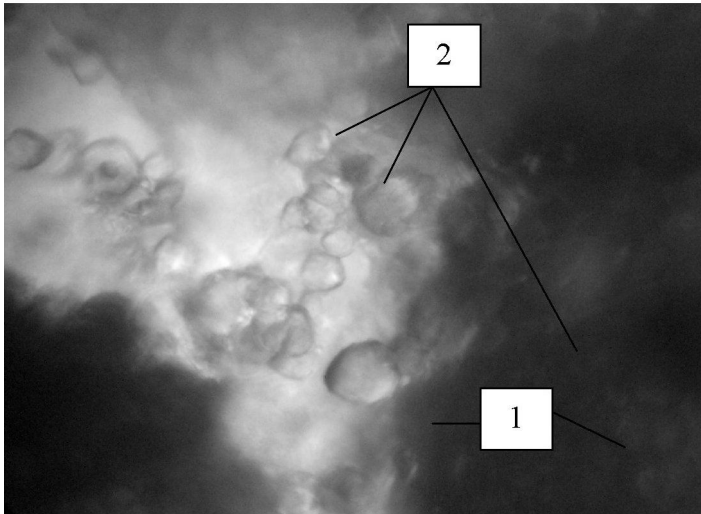


Рис. 4.23. Мікроструктура КЯА при збільшенні в 50 разів

Тобто, СПМ являє собою дисперсну систему. Дисперсним середовищем виступає молочно-білкова основа, дисперсною фазою – рівномірно розподілені в ній часточки борошна кукурудзяного, концентрату ядра арахісу та кульки олії. З урахуванням розміру дисперсної фази, система є грубодисперсною. За ступенем зв'язаності часточок дисперсної фази система зв'язнодисперсна, оскільки її елементи з'єднані між собою силами різної природи, тобто структура СПМ являє собою зв'язну дисперсну систему з просторовою конфігурацією, яка перешкоджає вільному та спонтанному пересуванню її складових (особливо в зразках, які не підлягали заморожуванню). У зв'язку з цим обумовлюється висока сполучуваність рослинних компонентів з молочно-білковою основою продукту та міцність структури. Встановлено, що заморожування та низькотемпературне зберігання СПМ призводять до того, що білкова основа втрачає чіткі контури та білкові волокна зливаються внаслідок зменшення гідратації параказеїнового комплексу зі збільшенням розмірів і округлення кристалів при рекристалізації льоду. Ймовірно, білкові молекули в меншій мірі відновлюють воду в тих місцях, де були зневоднені та денатуровані, проте зберігають агрегацію білкових структур. Жирові кульки також підлягають агрегації. Рослинні добавки не підлягають вагомим змінам. Таким чином, структурні зміни внаслідок дії заморожування безпосередньо впливають на консистенцію СПМ: вона стає менш еластичною та втрачає зв'язність і виникає ризик утворення шаруватої структури.



а)



б)

Рис. 4.24. Мікроструктура БК: а) збільшення в 400 разів; б) збільшення в 600 разів (1 – частки борошна; 2 – зерна крохмалю)

В розрізі проведених наукових досліджень щодо вивчення змін показників якості розробленого сирного продукту м'якого з рослинними добавками під час його зберігання за різних термічних умов, зроблено такі висновки.

За показниками безпечності сирний продукт є мікробіологічно нешкідливим впродовж 28 діб зберігання при температурі $8 \pm 2^{\circ} \text{C}$, а при температурі зберігання $-18 \pm 1^{\circ} \text{C}$ – 9 місяців; вміст токсичних елементів в сирному продукті нижчий, ніж у нормативних вимогах.

Результати досліджень фізико-хімічних показників сирного продукту вказують на інтенсивні зміни титрованої кислотності протягом перших 12...14 діб зберігання. Заморожування сприяє рівномірному підвищенню титрованої кислотності протягом 9 місяців зберігання за низької температури. Виявлено, що введення рослинних компонентів до системи сприяє підвищенню показника титрованої кислотності за різних температурних умов; вплив КЯА на підвищення титрованої кислотності більш вагомий. Перекисне та кислотне числа жиру за умов зберігання СПМ при температурі $8 \pm 2^{\circ} \text{C}$ змінюються несуттєво; результати їх досліджень вже на 7 місяці низькотемпературного зберігання свідчать про появу продуктів окислення.

Виявлено, що рослинні компоненти, зокрема борошно кукурудзяне, сприяють утриманню вологи продуктом за різних умов зберігання. Вологість продукту після розморожування знижується на 4...6%.

Виявлено, що заморожування СПМ сприяє збільшенню загальної кількості амінокислот внаслідок збільшення сухих речовин при втраті вологи та підвищенню вмісту жирних кислот.

Результати мікроструктурного аналізу дали можливість дослідити структуру сирного продукту з огляду рецептурного складу: досліджені зразки характеризуються однорідністю та рівномірністю розподілу рецептурних компонентів. Структура сирного продукту являє собою зв'язну дисперсну систему з просторовою конфігурацією, яка перешкоджає вільному та спонтанному пересуванню її складових. В системі виявлені вічки розміром від 50 до 140 мкм, часточки борошна кукурудзяного розміром 100...160 мкм, а також жирові кульки діаметром 20...60 мкм і, подекуди, до 250 мкм, незначна кількість часточок насінневої оболонки арахісу. Виявлено, що заморожування сприяє втраті специфічної структури продукту: з'являються додаткові вічки неправильної форми, а консистенція стає менш еластичною, що є наслідком послаблення білкової сітки кристалами льоду. Унаслідок аналізу ІЧ-спектрів низки зразків сирного продукту доведено, що рослинні добавки сприяють міжмолекулярній перебудові сполук і утворенню додаткових внутрішньомолекулярних та міжмолекулярних водневих зв'язків; заморожування ж сприяє появі дезагрегації та деструкції, утворенню додаткових груп S-H- у розробленому продукті.

ВИСНОВКИ

1. На основі даних аналітичних узагальнень і результатів експериментальних досліджень обґрунтовано та експериментально доведено доцільність створення нової технології сирного продукту замороженого на основі сухого знежиреного молока, що містить в якості рецептурних добавок концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне. Обґрунтовано технологічні процеси, технологічні параметри та режими виробництва сирного продукту, засновані на сумісному використанні концентрату ядра арахісу та борошна кукурудзяного. Запропоновано, науково-обґрунтовано та розроблено новий спосіб отримання сирного продукту за традиційною технологією та замороженого.

2. Встановлено оптимальну заміну сухого знежиреного молока на концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне, що забезпечує високі органолептичні, реологічні, фізико-хімічні показники продукту – загальна заміна молочної сировини склала 5% зі співвідношенням рослинних компонентів один до одного.

3. Визначено оптимальні технологічні параметри та режими введення рослинних компонентів до системи – під час гідротермічної обробки протягом 10...15 хв за температури 50...65⁰ С. На підставі проведених органолептичних, фізико-хімічних, реологічних і мікробіологічних досліджень модельної системи сирного продукту обґрунтовано технологічні процеси, технологічні параметри та режими його виробництва та розроблено технологію сичужного сирного продукту м'якого замороженого з рослинними добавками, сумісне використання яких покращує якісні показники продукту.

4. Встановлено, що рослинні компоненти впливають на реологічні показники сирного продукту, а зміцнення структури продукту відбувається протягом перших 12...14 діб зберігання. Дослідженнями з визначення вологоутримуючої здатності продукту доведено, що показник інтенсивно підвищується протягом перших двох тижнів (приблизно на 30%) і наприкінці випробувань складає близько 85%; борошно кукурудзяне вагомо впливає на його зміну та сприяє зменшенню вмісту вільної вологи в продукті за рахунок фізико-хімічної взаємодії.

5. Визначено, що за результатами економетричного аналізу дослідження заміни молочної сировини на концентрат ядра арахісу та борошно кукурудзяне, проведеного стосовно показників граничної напруги зсуву, вологоутримуючої здатності та титрованої кислотності модельної системи сирного продукту м'якого протягом 28 діб зберігання, раціональною є повна заміна 5 % сухого знежиреного молока зі співвідношенням рослинних компонентів в її межах як один до одного. Гарантований термін зберігання продукту при температурі 8 ± 2^0 С

становить 14 діб, що не погіршує органолептичні, реологічні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники.

6. Виявлено, що введення рослинних добавок, особливо борошна кукурудзяного, сприяє підвищенню стійкості сирного продукту стосовно дії високих температур.

7. Встановлено, що розроблений продукт має в складі близько $29,1 \pm 1,4\%$ білка, $12,0 \pm 0,6\%$ жиру, широкий спектр мінералів і вітамінів.

8. Дослідженнями з вивчення фізико-хімічних властивостей сирного продукту м'якого за умов його зберігання за температури $-18 \pm 1^{\circ} \text{C}$ встановлений термін зберігання продукту, який не знижує органолептичні, реологічні, фізичні та мікробіологічні показники – 6 місяців. Встановлено, що заморожування та зберігання сирного продукту 6 місяців за температури $-18 \pm 1^{\circ} \text{C}$ призводить до зниження вологоутримуючої здатності в середньому на 7,5%, до зниження опірності структури та до збільшення загальної кількості амінокислот.

9. Вивченням ІЧ-спектрів зразків сирного продукту виявлено, що рослинні добавки сприяють утворенню додаткових внутрішньомолекулярних та міжмолекулярних водневих зв'язків; відбувається міжмолекулярна перебудова в комплексах сполук – органічних кислот, білків, амінокислот. Заморожування сприяє появі деструкції та дезагрегації, а також утворенню додаткових груп S-H- в сирному продукті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей : [пер. с англ.] / А. Адамсон. – М. : Мир, 1979. – 360 с.
2. Алмаши Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой ; под ред. Э. Алмаши, А. Ф. Наместникова ; пер. с венг. О. А. Воронова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 408 с.
3. Алямовский И. Г. Исследования в области технологии пищевых продуктов / И. Г. Алямовский, Н. А. Головкин, Г. Б. Чижов // Холодильная техника. – 1981. – № 5. – С. 53.
4. Арет В. А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 448 с.
5. Арсеньева Л. Ю. Методологічні підходи до розроблення нових видів хлібобулочних виробів зі збалансованим хімічним складом / Л. Ю. Арсеньєва, В. Ф. Доценко // Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи : IX міжнар. наук.-практ. конф. : матеріали. – К. : НУХТ, 2005. – С. 105–106.
6. Асафов В. А. Перспективы использования растительного сырья в производстве молочных продуктов / В. А. Асафов, О. Г. Фоломеева // Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 1. – С. 37–38.
7. Баль-Прилипка Л. В. Значення води у формуванні якості харчових продуктів / Л. В. Баль-Прилипка, О. М. Ляшенко // Молочное дело. – 2010. – № 8. – С. 8–12.
8. Баранов Б. А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «активность воды» в технологии продуктов питания : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : спец. 05.18.16 «Технология продуктов общественного питания» / Б. А. Баранов. – СПб., 2000. – 240 с.
9. Бартнев Г. М. Физика полимеров / Г. М. Бартнев, С. Я. Френкель. – Л. : Химия, 1990. – 419 с.
10. Басати З. К. Формирование потребительских свойств и исследование качества рассольных сыров с применением биологически активных добавок : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / З. К. Басати. – СПб., 2007. – 16 с.
11. Басовский Л. Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка / Л. Е. Басовский. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 260 с.
12. Белов Г. А. Технология сыра : справочник / Г. А. Белов, И. П. Бузов, К. Д. Бугкус ; под общ. ред. Г. Г. Шилера. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 312 с.

13. Березов Т. Т. Биологическая химия : учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин ; под ред. акад. АМН СССР С. С. Дебова. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Медицина, 1990. – 528 с.
14. Берлин А. А. Основы адгезии полимеров / А. А. Берлин, В. Е. Басин. – М. : Химия, 1974. – 320 с.
15. Большаков С. А. Холодильная техника и технология продуктов питания / С. А. Большаков. – М. : Академия, 2003. – 224 с.
16. Большакова В. А. Технология паст эмульсионного типа з використанням зернобобової сировини : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування» / В. А. Большакова. – Х., 2001. – 20 с.
17. Боровиков В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. П. Боровиков. – [2-е изд.]. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.
18. Бровкин С. И. Хлебопекарные свойства кукурузной муки / С. И. Бровкин, Л. Я. Ауэрман. – М. : ЦИНТИПИЩЕПРОМ, 1961. – 28 с.
19. Бурмакин А. Г. Справочник по производству замороженных продуктов / А. Г. Бурмакин. – М. : Пищевая пром-сть, 1970. – 464 с.
20. Буянова И. В. Замораживание и хранение крупных сыров : особенности поведения молочной кислоты / И. В. Буянова // Сыроделие и маслоделие. – 2004. – № 1. – С. 21–23.
21. Буянова И. В. Разработка и исследование технологии замораживания и низкотемпературного хранения твердых сыров : дисс. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 / Буянова Ирина Владимировна. – Кемерово, 2006. – 326 с.
22. Власова Ж. А. Качество молока для производства сыра / Ж. А. Власова, Б. Г. Цугкиев // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 34–35.
23. Влияние сезонных особенностей состава молока на сыропригодность / [Т. Г. Прошкина, А. Н. Белов, Н. И. Одегов, Е. В. Шалимова] // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 3. – С. 28–31.
24. Вода в пищевых продуктах / [пер. с англ. под ред. Р. Б. Дакуорта]. – М. : Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.
25. Волков Г. О. Разработка и товароведная оценка мягких сыров с крупяными добавками : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / Г. О. Волков. – Кемерово, 2009. – 18 с.
26. Выродов И. П. Физико-химическая природа процессов набухания зерна / И. П. Выродов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2001. – № 1. – С. 9–11.

27. Гаврилова Н. Б. Технология мягкого порционного сыра из восстановленного молока / Н. Б. Гаврилова, О. В. Пасько, Л. Г. Германская // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 1. – С. 33–34.
28. Голубев В. Н. Функциональные свойства пектинов и крахмала / В. Н. Голубев, С. Ю. Беглов, А. В. Поджуев // Пищевые ингредиенты. Сырьё и добавки. – 2000. – № 1. – С. 14–18.
29. Голубева Л. В. Перспективы использования СОМ в производстве сыров с чеддеризацией сырной массы / Л. В. Голубева, А.Б. Авакимян, Г. М. Смольский // Вестник Воронежской государственной технологической академии. – 2010. – № 3. – С. 30–32.
30. Голубева Л. В. Хранимоспособность молочных консервов / Л. В. Голубева, Л. В. Чекулаева, К. К. Полянский. – М. : Дели принт, 2001. – 115 с.
31. Горбатов А. В. Реология мясных и молочных продуктов / А. В. Горбатов. – М. : Пищевая пром-сть, 1979. – 383 с.
32. Горбатов А. В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов : справочник / А. В. Горбатов – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 286 с.
33. Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 344 с.
34. Гришин М. А. Криоконцентрирование молочного сырья / М. А. Гришин, О. Т. Бурдо, Ф. Р. Атлуханов // Мясная и молочная промышленность. – 1990. – № 6. – С. 21–43.
35. Губа Е. Н. Разработка и исследование потребительских свойств твердых сычужных сыров функционального назначения : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / Е. Н. Губа. – Краснодар, 2009 – 24 с.
36. Гуль В. В. Структура и механические свойства полимеров : [учеб. для хим.-технол. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. / В. В. Гуль, В. Н. Кулезнев. – М. : Лабиринт, 1994. – 367 с.
37. Гурьский П. В. Технология паст закусочных на основе кисломолочного сыру нежирного : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Гурьский Петро Васильевич. – Х., 2008. – 175 с.
38. Гуськов К. Г. Реология пищевых масс / К. Г. Гуськов, Ю. А. Мачихин, Л. Н. Лунин. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1970. – 208 с.
39. Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіо-нуклідів Cs¹³⁷, Sr⁹⁰ в продуктах харчування та питній воді» : ДГН № 256-06. – [Чинні від 2006-05-03]. – К. : Держстандарт України, 2006. – 14 с.
40. Дибирасулаев М. А. Влияние холодильной обработки на питательную ценность пищевых продуктов / М. А. Дибирасулаев, И. И. Соколова // Холодильная техника. – 1991. – № 10. – С. 17–20.

41. Диланян З. Х. Сыроделие / З. Х. Диланян. – М. : Пищевая пром-сть, 1973. – 378 с.
42. Дмитровська Г. П. Сирки глазурані. Продукти молокомісні сиркові та сирково-рослинні / Г. П. Дмитровська // Молочное дело. – 2010. – № 1. – С. 8–10.
43. Доморощенко М. Л. Современные технологии получения пищевых белков из соевого шрота / М. Л. Доморощенко // Пищевая промышленность. – 2001. – № 4. – С. 6–10.
44. Дьяков А. Г. Система управления спектрометром ЯМР / А. Г. Дьяков, А. Ф. Даниленко // Сборник научных трудов НТУ ХПИ. Информатика и моделирование. – 2003. – № 26. – С. 119–123.
45. Дьяконов В. П. Компьютерная математика. Теория и практика / В. П. Дьяконов. – М. : Нолидж, 2001. – 1296 с.
46. Дьяченко П. Ф. Атакуемость фракций казеина протеолитическими ферментами / П. Ф. Дьяченко, Е. А. Жданова // Приклад, биохим. и микробиол. – 1965. – Т. 1. – С. 49–51.
47. Економіка підприємства : підручник / [за заг. ред. С. Ф. Покропивного]. – [2-ге вид., перероб. та доп.]. – К. : КНЕУ, 2000. – 528 с.
48. Журбина Т. С. Разработка технологии и оценка потребительских свойств сырного продукта с использованием картофельного пюре : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / Т. С. Журбина. – Новосибирск, 2007. – 16 с.
49. Зимон А. Д. Адгезия пищевых масс / А. Д. Зимон, А. М. Евтушенко. – М. : Дели, 2008. – 398 с.
50. Зимон А. Д. Коллоидная химия : [учебник для вузов] / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – 3-е изд., доп. и исправл. – М. : АГАР, 2001. – 320 с.
51. Зобкова З. С. О консистенции кисломолочных продуктов / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова // Молочная пром-сть. – 2002. – № 11. – С. 27–29.
52. Зобкова З. С. Растительные жиры в молочных продуктах / З. С. Зобкова, С. К. Кутилина // Молочная пром-сть. – 1999. – № 1. – С. 13–16.
53. Зонтаг Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / Г. Зонтаг, К. Штрэнге ; пер. с нем. под ред. О. Г. Усьярова. – Л. : Химия, 1973. – 152 с.
54. Измайлова В. Н. Структурообразование в белковых системах / В. Н. Измайлова, П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1974. – 268 с.
55. Инвестиционный проект молочной товарной фермы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://agroprim.com>.

56. Инихов Г. С. Методы анализа молока и молочных продуктов : справочное руководство / Г. С. Инихов, Н. П. Брио. – М. : Пищевая пром-сть, 1971. – 423 с.
57. Инновационная технология натуральных сырно-овощных начинок для кондитерских изделий панкейков, круассанов / [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, Е. И. Лазаренко и др.] // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 45-річчю ХДУХТ, 18 жовтня 2012 р. : тези у 2 ч. Ч. 1 / ХДУХТ, 2012. – С. 161–163.
58. Інноваційні технології натуральних вітамінних добавок із ягід та нових видів заморожених молочно-рослинних десертів // [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Г. В. Носіченко та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі / Харківський державний університет харчування та торгівлі. – 2011. – Вип. 2 (14). – С. 62–71.
59. Інноваційні технології функціональних тонізуючих напоїв та дресінгів з використанням молочної сироватки та наноструктурованого плодовоовочевого поре / [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, А. А. Берестова та ін.] // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса, 2010. – Вип. 2 (38). – С. 239–244.
60. Как влияет замораживание и низкотемпературное хранение на качество сыров / [И. В. Буянова, О. В. Кригер, И. О. Ларина, В. О. Буянов] // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 22–23.
61. Клинок Э. Адгезия и адгезивы. Наука и технология / Э. Клинок ; пер. с англ. А. В. Зильбермана. – М. : Мир, 1991. – 484 с.
62. Коновалова Т. М. Жиры немолочного происхождения для плавленых сырных продуктов / Т. М. Коновалова // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 3. – С. 32–33.
63. Конц К. Исследование пригодности молока и молочных продуктов для замораживания / К. Конц, К. Фехер // Развитие теоретических основ и практики холодильной технологии пищевых продуктов : сб. науч. трудов. – Л., 1986. – С. 75–78.
64. Кострицька О. О. Удосконалення технології сиру кисломолочного із застосуванням високотемпературного оброблення молока : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Кострицька Олена Олександрівна. – К., 2009. – 123 с.
65. Крუსь Г. Н. Концепция сычужной коагуляции казеина / Г. Н. Крუსь // Молочная пром-сть. – 1990. – № 5. – С. 43–45.
66. Крусь Г. Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусь, А. М. Шальгина, З. В. Волокитина. – М. : Колос, 2000. – 368 с.

67. Кузнецов В. В. Использование сухих молочных компонентов в пищевой промышленности : справочник / В. В. Кузнецов. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 480 с.
68. Кушманова О. Д. Руководство по практическим занятиям по биологической химии / О. Д. Кушманова, Г. М. Ивченко ; под ред. А. А. Покровского. – М. : Медицина, 1974. – 424 с.
69. Лагоны Х. Влияние хранения молока и сливок при низких температурах на стабильность коллоидов молока / Х. Лагоны, К. Петере // 17-й Междунар. конгресс по молочному делу : материалы. – М. : Пищевая пром-сть, 1971. – 164 с.
70. Лепилкина О. В. Особенности производства сырных продуктов с растительным жиром / О. В. Лепилкина, А. В. Чубенко, В. Е. Шутов // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 6. – С. 34–36.
71. Лепилкина О. В. Пищевая ценность сырных продуктов с растительными жирами / О. В. Лепилкина // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 20–21.
72. Липатов Н. Н. Восстановленное молоко / Н. Н. Липатов, К. И. Тарасов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 256 с.
73. Липатов Н. Н. Производство творога: теория и практика / Н. Н. Липатов. – М. : Пищевая пром-сть, 1973. – 273 с.
74. Лисиченок О. В. Разработка технологии и оценка потребительских свойств сырного продукта «Особый» : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / О. В. Лисиченок. – Новосибирск, 2007. – 16 с.
75. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 472 с.
76. Майоров А. А. О проблемах сезонности и сыропригодности молока / А. А. Майоров, И. М. Мироненко, А. А. Байбикова // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 1. – С. 10–12.
77. Майоров А. А. Производство мягких сыров / А. А. Майоров, В. М. Силаева // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 10–14.
78. МакКена Б. М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б. М. МакКена ; пер. с англ. под. науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базарновой. – СПб. : Профессия, 2008. – 480 с.
79. Малкин А. Я. Реология: концепции, методы, приложения : [пер. с англ.] / А. Я. Малкин, А. И. Исаев. – СПб. : Профессия, 2007. – 560 с.
80. Масла растительные. Метод измерения перекисного числа : ГОСТ 26593-85. – [Введ. 1986-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.

81. Масла растительные. Методы определения кислотного числа : ГОСТ 5476-80. – [Введ. 1981-07-01]. – М. : Госстандарт, 1987. – 9 с.
82. Маслов А. М. Инженерная реология в пищевой промышленности / А. М. Маслов. – Л. : ЛТИХП МВ и ССО РСФСР, 1977. – 88 с.
83. Мачихин Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 216 с.
84. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов : МБТиСН № 5061-89. – [Введ. 1990-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 125 с.
85. Метельська Н. С. Формування асортименту плавлених сирів підвищеної біологічної цінності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товарознавство харчових продуктів» / Н. С. Метельська. – К., 2005. – 21 с.
86. Методи контролю якості харчової продукції : [навч. посібник для студ. вищих навч. закл. технол. спец.] / [О. І. Червко, Л. М. Крайнюк, Л. О. Касілова та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2005. – 230 с.
87. Мишенина З. А. О возможности хранения замороженного творога при температуре минус 12⁰ С / З. А. Мишенина, Н. Н. Фильчакова // Холодильная техника. – 1984. – № 4. – С. 31–34.
88. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення Salmonella : ДСТУ EN 12824:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К. : Держспоживстандарт, 2005. – 25 с.
89. Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування Listeria monocytogenes : ДСТУ ISO 11290-1-2:2003. – [Чинний від 2003-10-02]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 18 с.
90. Могильный В. А. Использование пищевых волокон в молочной промышленности / В. А. Могильный // МОЛОКОпереробка. – 2010. – № 5. – С. 37.
91. Модели оценки, анализа и прогнозирования социально-экономических систем : монография [под ред. Т. С. Клебанова, Н. А. Кизима]. – Х. : ИНЖЭК, 2010. – 280 с.
92. Молоко и молочные продукты. Метод определения Staphylococcus aureus : ГОСТ 30347-97. – [Введ. 1997-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 10 с.
93. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества : ГОСТ 3626-73. – [Введ. 1974-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 12 с.
94. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира : ГОСТ 5867-91. – [Введ. 1992-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 11 с.

95. Молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу : ГОСТ 26809-86. – [Введ. 1987-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.
96. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности : ГОСТ 3624-93. – [Введ. 1994-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 11 с.
97. Молоко і молочні продукти. Визначення Salmonella : ДСТУ IDF 93A:2003. – [Чинний від 2003-01-01]. – К. : Держстандарт України, 2003. – 14 с.
98. Молоко. Методы определения белка : ГОСТ 25179-90. – [Введ. 1991-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
99. Мордвинова В. А. Вопросы стандартизации при выработке мягких сыров / В. А. Мордвинова, И. Л. Остроухова, Н. Н. Оносовская // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 2. – С. 19–20.
100. Мордвинова В. А. Технологические аспекты производства сырных продуктов / В. А. Мордвинова, О. В. Лепилкина // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 15–17.
101. Мостовая Л. Н. Технология десертной продукции эмульсионного типа с использованием стабилизационных систем на основе крахмала : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Мостовая Людмила Николаевна. – Х., 2001. – 180 с.
102. Мусина О. Н. Краткий обзор мировых тенденций по теме «Мягкий сыр и творог» / О. Н. Мусина, М. В. Желнов // Молочное дело. – 2010. – № 8. – С. 8.
103. Мусина О. Н. Молочно-белковые продукты с нетрадиционным зерновым сырьем / О. Н. Мусина // Молочная промышленность. – 2006. – № 11. – С. 24–25.
104. Мусина О. Н. Перспективы использования бобовых культур в молочной промышленности / О. Н. Мусина // Молочное дело. – 2010. – № 2. – С. 38–40.
105. Мусина О. Н. Поликомпонентные сыры / О. Н. Мусина // Молочное дело. – 2010. – № 4. – С. 28–30.
106. Мусина О. Н. Ретроспективный анализ создания комбинированных продуктов в отечественном сыроделии / О. Н. Мусина // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 5. – С. 28–29.
107. Нанотехнології заморожених кріопаст із плодів та овочів з унікальними характеристиками – добавок для функціональних молочних продуктів / [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, С. М. Лосева та ін.] // Молокопереробка. – К., 2010. – Вип. 1. – С. 24–29.
108. Нечаев А. П. Пищевые добавки : учеб. пособие / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – М. : Колос, 2001. – 256 с.
109. Николаев Б. А. Структурно-механические свойства мучного теста / Б. А. Николаев. – М. : Пищевая пром-сть, 1976. – 247 с.

110. Новые технологии функциональных оздоровительных продуктов : монография / [В. В. Погарская, А. И. Черевко, Р. Ю. Павлюк и др.]. – Х. : ХГУПТ, 2007. – 262 с.

111. Ожгихина Н. Н. Органолептическая оценка молокосодержащих продуктов / Н. Н. Ожгихина, Л. И. Тетерева // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 5. – С. 26–28.

112. Оноприйко В. А. Механизм адгезии сырных зерен / В. А. Оноприйко // XXXVIII науч.-техн. конф. по итогам работы проф.-преп. состава СевКавГТУ за 2008 год / Северо-Кавказский государственный технический университет. – 2009. – Т. 1. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки. – Ставрополь, 2009. – 218 с.

113. Оноприйко В. А. Пенетрометр для сыра / В. А. Оноприйко // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 6. – С. 44–45.

114. Оноприйчук О. О. Удосконалення технології сиркових виробів із зерновими інгредієнтами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування» / О. О. Оноприйчук. – К., 2008. – 22 с.

115. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство : ДСТУ ISO 6658:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 26 с.

116. Особенности технологии термизированных (пастеризованных) сквашенных молочных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://food-forum.com.ua>.

117. Остриков А. Н. Исследование гороха с белковой добавкой методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, В. Н. Василенко // Известия вузов Пищевая технология. – 2003. – № 2. – С. 94–96.

118. Остриков А. Н. Исследование форм связи влаги в топинамбуре методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 7. – С. 33–35.

119. Остроумов Л. А. Холодильное консервирование твердых сычужных сыров / Л. А. Остроумов, О. Н. Буянов, И. В. Буянова // Пищевая промышленность. – 1998. – № 4. – С. 78–79.

120. Падохин В. А. Физико-механические свойства сырья и пищевых продуктов : учебное пособие / В. А. Падохин, Н. Р. Кокина. – Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т, Институт химии растворов РАН, 2007. – 128 с.

121. Пат. 2119750 Российская Федерация, МКП⁶ А 23 С 19/076. Способ получения мягкого сыра / Шалдеева Н. В. – № 97108155/13 ; заявл. 29.05.97 ; опубл. 10.10.98, Бюл. № 14.

122. Пат. 2124297 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076, А 23 С 19/093. Способ получения мягкого сыра / Классен Н. В., Ким Г. Н., Ким И. Н. – № 98102216/13 ; заявл. 16.02.98 ; опубл. 10.01.99.

123. Пат. 2169476 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076, А 23 С 9/20. Способ получения мягкого сыра для детского питания / Липатов Н. Н., Кузнецов В. В., Кузнецова И. М., Сажин Г. Ю., Зубова С. В. – № 2000101637/13 ; заявл. 20.01.2000 ; опубл. 27.06.2001.

124. Пат. 2170517 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076. Способ получения мягкого сыра из соевой эмульсии / Никулин П. А., Фещенко Т. Т., Родионов А. Г., Мавроди В. Г. – № 99114267/13 ; заявл. 29.06.99 ; опубл. 20.04.2001., Бюл. № 7.

125. Пат. 2210923 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076. Способ производства сыра мягкого без созревания с пшеничными зародышевыми хлопьями / Смирнова И. А., Гутова С. В. – № 2001121409/13 ; заявл. 30.07.2001 ; опубл. 27.08.2003, Бюл. № 17.

126. Пат. 2212804 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076, 19/02, 23/00. Способ получения диетического комбинированного мягкого сыра / Остроумов Л. А., Смирнова И. А., Юрченко Н. А., Кильмухаметова О. И., Бобырева Л. Я. – № 200133363/13 ; заявл. 20.12.00 ; опубл. 27.09.03, Бюл. № 27.

127. Пат. 2285425 Российская Федерация, МПК А 23 С 19/068. Способ получения комбинированного мягкого сыра / Юрченко Н. А., Кильмухаметова О. И., Лисиченок О. В., Лунева Н. М. – № 2004113184/13 ; заявл. 13.04.04 ; опубл. 20.11.06, Бюл. № 29.

128. Пат. 45798 А Україна, МПК G 01 N 24/00. Спосіб визначення кількості вологи у харчових продуктах / Торяник О. І., Дьяков О. Г. – № 2001074759 ; заявл. 09.07.01 ; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4.

129. Пат. 6780445 США, МПК⁷ А 23 С 9/12, А 23 С 19/00. Способ производства сыра улучшенного качества и установка для его осуществления (System and method for making enhanced cheese) / Rhodes Ken. № 09/562482 ; заявл. 01.05. 2000; опубл. 24.08.2004 ; НПК 426/36. (Англ).

130. Перцевой Ф. В. Дослідження структурно-механічних показників сирного продукту м'якого з використанням борошна кукурудзи / Ф. В. Перцевой, В. В. Рубіна, М. В. Обозна // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2009. – Вип. 88 : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. – С. 223–229.

131. Пивоваров П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування : навч. посібник в 4 ч. Ч. 1. Білки в технології продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.

132. Пивоваров П. П. Теоретичні основи технології громадського харчування : навч. посібник в 4 ч. Ч. 2. Вуглеводи в

технологічному процесі виробництва продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко. – Харків : ХДАТОХ, 2001. – 162 с.

133. Пивоваров П. П. Теоретичні основи технології харчових виробництв : навч. посібник в 4 ч. Ч. 4. Вода та її значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продуктів харчування / П. П. Пивоваров, Д. Ю. Прасол. – Харків : ХДАТОХ, 2003. – 48 с.

134. Пищевая химия / [А. П. Нечаев, С. Е. Траунбенберг, А. А. Кочеткова и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. – [2-е изд., перераб. и испр.]. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 640 с.

135. Плавленые сыры, обогащенные натуральными источниками пищевых волокон / Л. М. Захарова [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 1. – С. 24–25.

136. Поверхностное натяжение и прилипание воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.okeani.ru>.

137. Поголів'я корів в Україні надалі зменшується [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zik.com.ua>.

138. Покровский А. А. Атакуемость белков протеолитическими ферментами / А. А. Покровский, И. П. Ертанов // Вопросы питания. – 1965. – № 3. – С. 38–45.

139. Практическая химия белка : [пер. с англ.] / [под ред. А. Дарбре]. – М. : Мир, 1989. – 623 с.

140. Продукты пищевые и вкусовые. Методы культивирования микробиологических анализов : ГОСТ 26670-85. – [Введ. 1985-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.

141. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26668-85. – [Введ. 1986-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 6 с.

142. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов : ГОСТ 10444.12-88. – [Введ. 1990-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.

143. Продукты пищевые. Метод определения железа : ГОСТ 26928-86. – [Введ. 1988-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 4 с.

144. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий семейства Enterobacteriaceae : ГОСТ 29184-91. – [Введ. 1993-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 7 с.

145. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) : ГОСТ 30518-97. – [Введ. 2001-07-01]. – К. : Госстандарт Украины, 2001. – 10 с.

146. Производство восстановленных и рекомбинированных молочных продуктов : обзорная информация / Н. Н. Липатов [и др.]. – М. : ЦНИИТЭИ, 1981. – 50 с.

147. Разработать предложения по унификации методов определения функциональных свойств растительных белков : отчет о НИР № 01850019372 / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т жиров. – Л., 1985. – 45 с.
148. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания : метод. указания / А. С. Ратушный, В. Г. Топольник. – М. : Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.
149. Ребиндер П. А. Структурообразование в белковых системах / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1974. – 268 с.
150. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник / А. Б. Горальчук [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 63 с.
151. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник [под ред. Ю. А. Мачихина]. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.
152. Рогов И. А. Электрофизические методы в холодильной технике и технологии / И. А. Рогов, Б. С. Бабакин, В. А. Выгодин. – М. : Колос, 1996. – 326 с.
153. Роздова В. Ф. Растительные белки в составе плавленных сырных продуктов / В. Ф. Роздова // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 3. – С. 36–37.
154. Ростроса Н. К. Изучение комплексной коагуляции казеина и сывороточных белков молока при производстве белковых продуктов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Н. К. Ростроса. – М., 1986. – 23 с.
155. Ростроса Н. К. Производство молочно-белковых продуктов на основе совместной коагуляции казеина и сывороточных белков / Н. К. Ростроса, П. Ф. Дьяченко. – М. : ЦНИИТЭИмясомолпром, 1969. – 32 с.
156. Рудакова Т. В. Розроблення технології комбінованих продуктів тривалого строку зберігання на основі сиру кисломолочного : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Рудакова Тетяна Василівна. – К., 2006. – 155 с.
157. Рынок молока в Украине: сезонный рост цен на сырое молоко [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.agriagency.com.ua>.
158. Санина Т. В. Вопросы регулирования структурно-механических свойств теста / Т. В. Санина, Е. И. Пономарева. – Воронеж : Воронежская гос. технол. акад., 1998. – 72 с.
159. Седюкин В. К. Методы оценки и управления качеством про-мышленной продукции / В. К. Седюкин, В. Д. Дурнев, В. Г. Лебедев. – М. : Филинь : Рилант, 2000. – 328 с.
160. Сири м'які. Загальні технічні умови : ДСТУ 4395:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 7 с.

161. Системи управління безпечністю харчових продуктів : ДСТУ 4161. – [Чинний від 2003-07-01]. – К. : Держспоживстандарт, 2003. – 18 с.
162. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / [О. Н. Сафонова, Ф. В. Перцевой, А. Л. Фощан и др.] ; под ред. О. Н. Сафоновой. – Х. : ХГАТОП и ХГТУСХ, 2000. – 200 с.
163. Скоупс Р. Методы очистки белков: [пер. с англ.] / Р. Скоупс. – М. : Мир, 1985. – 358 с.
164. Скурихин И. М. О методах определения содержания минеральных веществ в продуктах / И. М. Скурихин // Вопросы питания. – 1981. – № 2. – С. 10–15.
165. Смирнова И. А. Влияние содержания жира на консистенцию сыров / И. А. Смирнова, Д. В. Доня, С. В. Маньлов // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 2. – С. 28–29.
166. Смоляр В. И. Рациональное питание / В. И. Смоляр. – К. : Наук. думка, 1991. – 386 с.
167. Смыков И. Т. Структурные изменения в гетерогенных белково-жировых системах / И. Т. Смыков // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 1. – С. 48–52.
168. Снегова В. Н. Применение растительных жиров, в том числе ЗМЖ, при производстве сырных продуктов / В. Н. Снегова // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 31–32.
169. Снегова В. Н. Сенсорный анализ при контроле качества / В. Н. Снегова // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 2. – С. 45.
170. Снегова В. Н. Тенденции в пищевой промышленности / В. Н. Снегова // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 1. – С. 13.
171. Снегова В. Н. Фокус на снижение содержания насыщенных жирных кислот / В. Н. Снегова, Е. А. Тюленева // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 18.
172. Соловьева М. С. Разработка технологии творожного продукта на основе сухих компонентов / М. С. Соловьева, Л. А. Забодалова // Молочное дело. – 2010. – № 5. – С. 14–15.
173. Соя. Польза и вред сои. Соевые продукты. Кому показана соя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.citydoctor.ru>.
174. Спивакова Л. В. Микроструктура плавленого сыра / Л. В. Спивакова, Ю. А. Дуденков, Н. А. Жеребцов // Молочная пром-сть. – 1987. – № 8. – С. 25–28.
175. Справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия / Р. Ш. Абиев [и др.]. – СПб. : Профессионал, 2004. – 838 с.
176. Степанова Л. И. Использование растительных жиров в сырных продуктах / Л. И. Степанова // Молочная промышленность. – 2005. – № 10. – С. 56.

177. Степанова Л. И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. В 3 т. Т. 1. Цельномолочные продукты / Л. И. Степанова. – СПб. : ГИОРД, 1999. – 384 с.
178. Стойко А. Заменители молочного жира в свете мировых тенденций / А. Стойко // МОЛОКОпереработка. – 2010. – № 8. – С. 6–7.
179. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / [А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и др.] ; под ред. А. В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.
180. Стурова Ю. Г. Влияние технологических факторов на органолептические показатели сыра / Ю. Г. Стурова, М. П. Щетинин // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 1. – С. 36–37.
181. Сучасний стан питання якості та безпечності молока та молочних продуктів в Україні / Л. М. Хомічак, Г. Д. Гуменок, Л. В. Баль-Прилипка, Ю. В. Слива // Молочное дело. – 2010. – № 4. – С. 8–14.
182. Суюнчев О. А. Малоотходные технологии мягких рассольных сыров / О. А. Суюнчев // Молочное дело. – 2010. – № 4. – С. 36–37.
183. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов : ГОСТ 30178-96. – [Введ. 1996-01-01]. – К. : Госстандарт Украины, 1998. – 16 с.
184. Сырье и продукты пищевые. Метод определения свинца : ГОСТ 26932-86. – [Введ. 1986-12-01] : сборник. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – С. 55–63.
185. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка : ГОСТ 26934-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.
186. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия : ГОСТ 26933-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
187. Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди : ГОСТ 26931-86. – [Введ. 1986-12-01] : сборник. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – С. 41–54.
188. Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка : ГОСТ 26930-86. – [Введ. 1987-01-01] : сборник. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – С. 34–40.
189. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути : ГОСТ 26927-86. – [Введ. 1986-01-01] : сборник. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – С. 14–28.
190. Твердохлеб Г. В. Технология молочных продуктов / Г. В. Твердохлеб. – М. : Агропромиздат, 1999. – 463 с.
191. Технология крахмала и крахмалопродуктов / [Н. Н. Трегубов и др.] ; под ред. Н. Н. Трегубова. – [5-е изд., перераб. и доп]. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 472 с.

192. Технология молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусь [и др.] ; под ред. А. М. Шальгиной. – М. : КолосС, 2004. – 455 с.
193. Технология переработки продуктов питания с использованием модификаторов : монография / [Ф. В. Перцевой, Ю. А. Савгира, А. Л. Фошан и др.] ; под ред. Ф. В. Перцева. – Х. : ХГАТОП, 1998. – 177 с.
194. Технологія харчової та кулінарної продукції з використанням білків молока : монографія / [Ф. В. Перцевой, П. В. Гурський, С. Л. Юрченко та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2010. – 225 с.
195. Тильгнер Д. Е. Органолептический анализ пищевых продуктов / Д. Е. Тильгнер. – М. : Пищепромиздат, 1962. – 338 с.
196. Тимофеевская С. А. Гелеобразование в сырных продуктах на основе сухого молока и растительных жиров / С. А. Тимофеевская // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2008. – № 3. – С. 942.
197. Тиняков Г. Г. Микроструктура молока и молочных продуктов / Г. Г. Тиняков, В. Г. Тиняков. – М. : Пищевая пром-сть, 1972. – 256 с.
198. Товароведение зерна и продуктов его переработки : учебник / [А. В. Мясникова, Ю. С. Ралль, Л. И. Трисвятский, И. С. Шатилов] ; под ред. Л. А. Трисвятского. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Колос, 1978. – 496 с.
199. Торяник А. И. Молекулярная подвижность и структура водных систем : дисс. ... д-ра хим. наук / А. И. Торяник. – Донецк, 1978. – 368 с.
200. Торяник А. И. Определение влагосодержания в пищевых продуктах методом ЯМР : методическое пособие для аспирантов / А. И. Торяник, А. Г. Дьяков, Д. А. Торяник. – Х. : ХГУПТ, 2003. – 20 с.
201. Урьев Н. Б. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс / Н. Б. Урьев, М. А. Талейник. – М. : Пищевая пром-сть, 1978. – 239 с.
202. Фаррар Т. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР / Т. Фаррар, Э. Беккер. – М. : Мир, 1973. – С. 163.
203. Филипс Г. О. Справочник по гидроколлоидам / Г. О. Филипс, П. А. Вильяме ; пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой и Л. А. Сарафановой. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 536 с.
204. Формування смако-ароматичних компонентів у сирних продуктах із заміниками молочного жиру / [Г. Ф. Насирова, Я. Ф. Жукова, Ф. А. Федін, К. В. Пашук] // Молочное дело. – 2010. – № 6. – С. 36–40.
205. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А. А. Халафян. – [3-е изд.]. – М. : Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
206. Химический состав пищевых продуктов : справочник в 2 кн. Кн. 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, витаминов,

макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / [под ред. Н. М. Скурихина и М. Н. Волгарева]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 360 с.

207. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетическая ценность пищевых продуктов / ред. А. А. Покровский. – М. : Пищевая пром-сть, 1977. – 227 с.

208. Химия и биохимия бобовых растений / [пер. с англ. К. С. Спектрова] ; под ред. М. Н. Запрометова. – М. : Агропромиздат, 1986. – 336 с.

209. Чекулаева Л. В. Технология продуктов консервирования молока и молочного сырья / Л. В. Чекулаева, К. К. Полянский, Л. В. Голубева. – М. : Дели принт, 2002. – 249 с.

210. Черников М. П. Протеолиз и биологическая ценность белков / М. П. Черников. – М. : Медицина, 1975. – 231 с.

211. Черников М. П. Скорость гидролиза α_s , β и χ -казеина трипсином и химотрипсином и влияние денатурирующих факторов на ферментативный гидролиз χ -казеина / М. П. Черников, Е. Я. Стан // Биохимия. – 1970. – Т. 35, № 3. – С. 463–469.

212. Шергина И. А. Классификация и особенности производства мягких сыров / И. А. Шергина // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 8–10.

213. Шидловская В. П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов : справочник / В. П. Шидловская. – М. : КолосС, 2004. – 360 с.

214. Шидловская В. П. Справочник технолога молочного производства / В. П. Шидловская. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 296 с.

215. Щербаков В. Г. Химия и биохимия переработки масличных семян / В. Г. Щербаков. – М. : Пищевая пром-сть, 1977. – 164 с.

216. Эксперт: в Украине может подорожать молоко [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://korrespondent.net>.

217. Юрченко Н. А. Мягкие сыры с люпиновым концентратом / Н. А. Юрченко // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 2. – С. 17.

218. Ярошкевич А. П. О физической структуре мицелл казеина. XXI Международный конгресс по молочному делу / А. П. Ярошкевич. – М. : Пищевая пром-сть, 1982. – Т. 1, кн. 2. – С. 143.

219. Allen K. W. In Aspects of Adhesion / K. W. Allen, D. J. Alner. – London : Univ. of London Press, 1969. – 11 p.

220. Applewhite T. H. Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs / T. H. Applewhite // The American Oil Chemists Society. – 1989. – 575 p.

221. Doxastakis G. Novel macromolecules in food systems / G. Doxastakis, V. Kiosseoglou. – Elsevier, 2000. – 448 p.
222. Eliasson A. C. Carbohydrates in food / A. C. Eliasson. – CRC/Taylor & Francis, 2006. – 546 p.
223. Eliasson A. C. Starch in food: structure, function and applications / A. C. Eliasson. – Abington : Woodhead Pub., 2004. – 605 p.
224. El-Shobery M. A. Kinetics of coagulum syneresis / M. A. El-Shobery, S. O. Shalaby // Egypt. J. Dairy Sci. – 1992. – № 1. – P. 151–158.
225. Fox Patrick F. Fundamentals of cheese science / Patrick F. Fox, P. F. Fox. – Aspen : Springer, 2000. – 587 p.
226. Functional properties of food macromolecules / [S. E. Hill, D. A. Ledward, J. R. Mitchell, J. R. Mitchell]. – Springer, 1998. – 348 p.
227. Goldberg I. Functional foods: designer foods, pharmafoods, nutraceuticals / I. Goldberg. – New York : Chapman & Hall, 1994. – 571 p.
228. Grosclande F. Genetic aspects of casein research. / F. Grosclande, J. C. Mercier, Ribadeau Dumas // Neth. Milk Dairy J. – 1973. – Vol. 27. – P. 328.
229. Hudson B. J. F. New and developing sources of food proteins / B. J. F. Hudson. – London : Springer, 1994. – 369 p.
230. Laemmli U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U. K. Laemmli // Nature. – 1970. – 227. – P. 680–685.
231. Milk proteins chemistry and molecular biology / Ed. H. A. McKenzie. – 1970. – Vol. 1.
232. Phillips G. O. Handbook of hydrocolloids / G. O. Phillips, P. A. Williams. – Abington : Woodhead Publishing Limited, 2009. – 944 p.
233. Rinzler C. A. The new complete book of food: a nutritional, medical, and culinary guide / C. A. Rinzler, M. Kroger, J. E. Brody. – New York : Infobase Publishing, 2009. – 474 p.
234. Scott R. Cheesemaking practice / R. Scott, R. K. Robinson, R. A. Wilbey. – New York : Springer, 1998. – 449 p.
235. Slyke L. Science and Practice of Cheese-Making / L. Slyke, C. Publow. – Bedford : Applewood Books, 2008. – 516 p.
236. Souheng W. Polymer Interface and Adhesion / W. Souheng. – New York and Bael : Marcel Dekker, Inc., 1982. – 337 p.
237. Technologies of food products on the base of milk protein : monograph / [F. Pertsevoy, P. Hurskyi, S. Yurchenko and oth.]. – Kharkiv (Ukraine) ; Wroclaw (Poland) ; San Sebastian (Spain), 2009. – 206 p.
238. Thickening and Gelling Agents for food / Edited by Alan Imeson, Academic & Professional, UK. – 1994. – P. 343–389.
239. Thom C. Book of Cheese / C. Thom, W. Fisk. – Bedford : Applewood Books, 2008. – 420 p.

240. Walstra P. Dairy science and technology / P. Walstra, J. T. M. Wouters, T. J. Geurts. – Marcel : CRC/Taylor & Francis, 2006. – 782 p.
241. Walstra P. Dairy technology: principles of milk properties and processes / P. Walstra. – Marcel : Marcel Dekker, 1999. – 727 p.
242. Yada R. Y. Proteins in food processing / R. Y. Yada. – Abington : Woodhead Publishing, 2004. – 686 p.

Науково-практичне видання

Обозна Маргарита Василівна
Бідюк Дмитро Олегович
Перцевой Микола Федорович
Гурський Петро Васильович
Шильман Лев Залманович
Гарнцарек Барбара Чеславівна
Гарнцарек Збігнев Елігюсович
Бірка Адріана
Перцевой Федір Всеволодович

ТЕХНОЛОГІЯ СИРНОГО ПРОДУКТУ ЗАМОРОЖЕНОГО
З КОНЦЕНТРАТОМ ЯДРА АРАХІСУ

Монографія

Під редакцією Гурського П.В., Перцевого Ф.В.

Авторська редакція

Наукове видання

**Обозна Маргарита Василівна
Бідюк Дмитро Олегович,
Перцевой Микола Федорович та ін.**

**Технологія сирного продукту, замороженого
з додаванням концентрату ядра арахісу**

Монографія

Дизайн обкладинки В.Б. Гайдабрус.

Друкується в авторській редакції

Підписано до друку 25.05.2016. Формат 60x84 1/16.

Папір офсетний. Друк цифровий.

Ум. друк. арк. 22,4. Обл.-вид. арк. 21,8.

Тираж 300 прим. Замовлення № 92

Відділ реалізації. Тел./факс: (0542) 65-75-85.

E-mail: info@book.sumy.ua

ТОВ «ВТД «Університетська книга».

40009, м. Суми, вул. Комсомольська, 27

E-mail: publish@book.sumy.ua. www.book.sumy.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 489 від 18.06.2001

Віддруковано на обладнанні ВТД «Університетська книга»
вул. Комсомольська, 27, м. Суми, 40009, Україна

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 489 від 18.06.2001