

Kaprelyants Leonid, Dr. of Tech. Sc., Prof., Head of the Department of Biochemistry, Microbiology and Nutrition Physiology Chair of Odessa National Academy of Food Technologies. Address: Kanatna str., 112, Odessa, Ukraine, 65039. Tel.: (048)712-40-21; e-mail: leonid@onaft.edu.ua.

DOI: 10.5281/zenodo.3937764

УДК 643.33:635.965.2

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПАСТИ

**О.Є. Загорулько, А.М. Загорулько, М.В. Сашньова,
В.В. Лаврук, Е.Б. Ібаєв**

Розроблено спосіб виробництва плодоовочевого пастоподібного напівфабрикату із проведенням концентрування за щадних температурних режимів (50...55 °С) у роторному плівковому апараті до вмісту 45% сухих речовин протягом 1,25–2,00 хв. Визначено структурно-механічні характеристики пюре з окремих компонентів сировини і купажованих концентрованих паст відповідно до запропонованого способу. Отримана паста порівняно з контролем характеризується підвищеним вмістом фізіологічно-функціональних інгредієнтів та має хороші органолептичні властивості.

Ключові слова: *плодоовочева паста, купажування, структурно-механічні властивості, фізіологічно-функціональні інгредієнти, роторний плівковий апарат.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТАННОЙ ПЛОДООВОЩНОЙ ПАСТЫ

**А.Е. Загорулько, А.Н. Загорулько, М.В. Сашнева,
В.В. Лаврук, Е.Б. Ибаев**

Разработан способ производства плодоовощного пастообразного полуфабриката с проведением концентрирования при щадящих температурных режимах (50...55 °С) в роторном пленочном аппарате до содержания 45% сухих веществ в течение 1,25–2,00 мин. Определены

© Загорулько О.Є., Загорулько А.М., Сашньова М.В., Лаврук В.В., Ібаєв Е.Б., 2020

структурно-механические характеристики пюре из отдельных компонентов сырья и купажированных концентрированных паст согласно предложенному способу. Полученная паста по сравнению с контролем характеризуется повышенным содержанием физиологически-функциональных ингредиентов и обладает хорошими органолептическими свойствами.

Ключевые слова: *плодоовощная паста, купажирование, структурно-механические свойства, физиологически-функциональные ингредиенты, роторный пленочный аппарат.*

RESEARCH OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES AND QUALITY INDICATORS OF THE DEVELOPED FRUIT AND VEGETABLE PASTE

O. Zagorulko, A. Zahorulko, M. Sashnova, V. Lavruk, E. Ibaiev

The use of vegetable raw materials to create pasty blended semi-finished products not only increases their nutritional value, improves the properties of products, but also helps to expand the range and meet the demand of the population for a variety of catering and food industries. To ensure the possibility of objective control of structural and mechanical characteristics of the product, in particular its consistency, in the process of processing fruit and vegetable raw materials into pasty semi-finished and finished products, it is necessary to determine structural and mechanical properties and quality indicators.

A method for the production of fruit and vegetable pasty semi-finished products based on Antonivka apples, Pearl nutmeg and Bona beets has been developed. Blending with different ratios of raw materials will allow to obtain functional semi-finished products with the necessary structural-mechanical and organoleptic properties. The method differs by carrying out the concentration in gentle temperatures (50... 55 °C) to a content of 45% dry matter in the rotary film apparatus for 1.25... 2.00 minutes. The structural and mechanical characteristics of the puree of individual components of raw materials and blended concentrated pastes according to the developed method are established. The strengthening of the structure of the developed fruit and vegetable paste was confirmed, as its maximum dynamic viscosity is 283 Pa·s, which is 1.9 times more than in the control (apple paste). This allowed to allocate a rational composition for further research with the content of components in the paste: apples – 60%; pumpkin – 20%; beets – 20% (composition 1). Compared with the control, it has a high content of physiological and functional ingredients and has good organoleptic properties.

Keywords: *fruit and vegetable paste, blending, structural and mechanical properties, physiological and functional ingredients, rotary film apparatus.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Використання рослинної сировини для створення пастоподібних купажованих напівфабрикатів не тільки підвищує їх харчову цінність, покращує властивості виробів, але і сприяє розширенню асортименту кулінарних

виробів для задоволення попиту населення на різноманітну продукцію громадського харчування і харчової промисловості. Для забезпечення об'єктивного контролю структурно-механічних характеристик продукту, зокрема його консистенції, під час переробки плодоовочевої сировини в пастоподібні напівфабрикати й готові вироби необхідно визначати структурно-механічні властивості та показники якості, що дозволить охарактеризувати отримувану консистенцію та якість паст числовими показниками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Щороку збільшується попит на якісну харчову продукцію рослинного походження за доступною ціною. Це обумовлює необхідність збереження початкових властивостей природної сировини, визначення її структури, вмісту поживних речовин та енергетичної цінності, а також удосконалення технологічно-апаратурних рішень для виробництва оздоровчих продуктів харчування, що у своєму складі мають природну сировину [1]. Сучасні плодовоочеві пастоподібні напівфабрикати повною мірою можуть відповідати попиту споживчої кооперації за всіма показниками шляхом максимального збереження їх якості під час технологічних операцій [2]. Використання плодовоочевих пастоподібних напівфабрикатів у раціоні дозволить ліквідувати сезонність уживання населенням природної продукції функціонального призначення.

Сьогодні в більшості випадків переробка плодовоочевих сировини в пастоподібні напівфабрикати здійснюється на вітчизняних лініях, які порівняно із зарубіжними аналогами мають значні питомі ресурсовитрати. При цьому перебіг тепломасообмінних процесів не відповідає основним закономірностям зі стабілізації термодинамічних параметрів, що призводить до погіршення якості отримуваних продуктів. Отримання якісних пастоподібних напівфабрикатів високого ступеня готовності забезпечується використанням сучасного ресурсоефективного тепломасообмінного обладнання з раціональними параметрами при попередній та основній тепловій обробці [3].

У праці [4] зазначається необхідність визначення структурно-механічних властивостей отримуваних плодовоочевих пастоподібних напівфабрикатів та кондитерських виробів на їх основі. Їх урахування дозволяє визначити вплив рослинної сировини на структуру отримуваної продукції. Залишилися невизначеними питання з урахування консистенції виробів під час розрахунку трубопровідного транспорту та робочих вузлів технологічного обладнання. Тут визначальним є технологічно-апаратурне рішення в цілому, що зумовлює доцільність дослідження реологічних властивостей на всіх стадіях виробництва.

У роботі [5] визначено реологічні властивості дитячих рослинних пюре за різних температур (5...65 °С). Установлено діапазон швидкості зсуву (5–200 с⁻¹) залежно від тривалості процесу. Визначено вплив рН, температури та додавання глюкози на реологічну поведінку рослинних пюре з персика, папаї та манго в праці [6], де також зазначено увагу на необхідності визначення структурно-механічних властивостей для отримання високоякісної функціональної продукції.

Метою статті є вдосконалення способу виробництва плодоовочевого пастоподібного напівфабрикату та визначення його структурно-механічних властивостей із показниками якості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Реалізація зазначених завдань відповідно до мети дослідження здійснювалася на базі Науково-дослідного центру «Новітні біотехнології та обладнання для виробництва харчової продукції з високими оздоровчими властивостями» Харківського державного університету харчування та торгівлі (Україна).

Під час дослідження плодоовочевого напівфабрикату як основну сировину використовували яблуко (сорту Антонівка), мускатний гарбуз (сорту Перлина), буряк (сорту Бона) з високим вмістом БАР та лікувально-профілактичними властивостями. Визначено структурно-механічні властивості отриманих однокомпонентних пюре, купажованих паст із різним рецептурним співвідношенням основної сировини та зефірних виробів із додаванням розробленої пасти. Реологічні властивості дослідних зразків визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» (Німеччина).

Органолептичні властивості отриманих дослідних зразків досліджено експертною комісією у складі п'яти науковців Харківського державного університету харчування та торгівлі (м. Харків, Україна) за п'ятибальною шкалою.

Під час дослідження способів удосконалення виробництва пастоподібного напівфабрикату запропоновано обґрунтований рецептурний склад купажованих композицій плодоовочевих паст з урахуванням вмісту БАР, органолептичних та структурно-механічних властивостей кожного з компонентів і їх впливу на консистенцію отриманого продукту. Структуроутворювачами виступали всі обрані компоненти зі значним вмістом пектину. Обрана сировина має великий вміст харчових волокон (ХВ) та лікувально-профілактичні властивості [7].

Купажовані багатокомпонентні плодоовочеві пасти виробляли з певним рецептурним співвідношенням компонентів (табл. 1) таким чином: яблучне, гарбузове та бурякове пюре готували за чинною

технологією для виробництва плодкових і овочевих пюре. Отримані пюре змішували згідно з рецептурним співвідношенням. Після цього підігрівали (45...50 °С) та концентрували за температури 50...55 °С в ротаторному плівковому апараті (РПА) до вмісту сухих речовин (СР) 45% протягом 1,25–2,00 хв [8].

Таблиця 1

Рецептурне співвідношення плодоовочевих компонентів у композиціях

Компонентний склад, %	Композиція		
	1	2	3
Яблуко	60	65	60
Гарбуз	20	20	30
Буряк	20	15	10
Контроль	100	100	100

Під час виробництва купажованих композицій необхідною складовою є визначення реологічних властивостей сировини з метою встановлення її структури. Визначено зсувні характеристики кожного компонента зразків пюре (рис. 1), як контроль використовували яблучне пюре. Усі залежності задовільно описуються рівнянням

$$\theta - \theta_0 = K_I \cdot \gamma^n, \quad (1)$$

де θ_0 – гранична напруга зсуву, Па; K_I – коефіцієнт, пропорційний в'язкості за градієнта швидкості, що дорівнює одиниці, Па·сⁿ; γ – швидкість зсуву, с⁻¹; n – індекс течії.

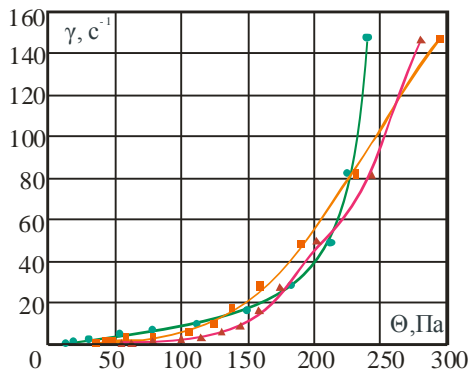


Рис. 1. Зсувна характеристика пюре (t=20 °С): ● – яблуко сорту Антонівка; ■ – мускатний гарбуз сорту Перлина; ▲ – буряк сорту Бона

Визначено граничну напругу зсуву θ_0 : яблуко – 9 Па, гарбуз – 36 Па, буряк – 54 Па (рис. 1), що підтверджує належність сировини до неідеально пластичних твердоподібних тіл. Збільшення граничної напруги зсуву для всієї плодоовочевої сировини порівняно з контролем пояснюється насамперед більшим вмістом СР та пектинових речовин.

Повні реологічні криві купажованих пастоподібних напівфабрикатів із плодоовочевої сировини відповідно до рецептури (табл. 1) подано на рис. 2. Ці залежності описуються рівнянням

$$\omega_{ef} = B \cdot \dot{\gamma}^{-m}, \quad (2)$$

де B – ефективна в'язкість за одиничного значення градієнта швидкості, Па·с; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву, s^{-1} ; m – темп руйнування структури.

Максимальне значення ефективної в'язкості η_{ef} (Па·с) досліджених паст становить для зразків композицій: 1 – 283; 2 – 252; 3 – 195, для контролю – 147. Отже, запропоноване рецептурне співвідношення компонентів та обрана сировина в розробленій купажованій пасті сприяють зростанню показника ефективної в'язкості порівняно з контролем (яблучна паста), що позитивно впливає на зміцнення отримуваної структури.

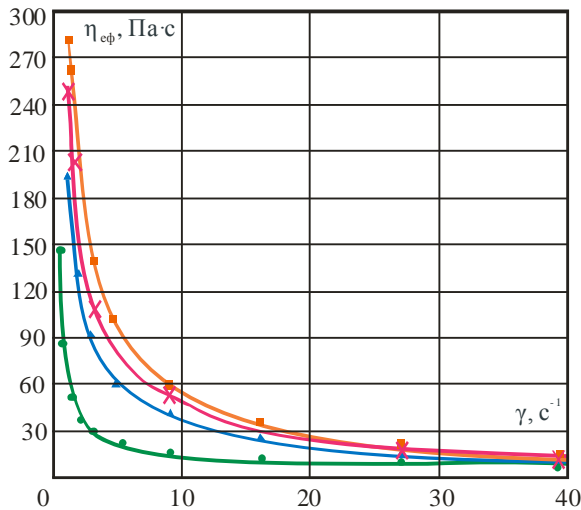


Рис. 2. Повна реологічна крива паст за $t=20$ °C: ● – контроль (яблучна паста); ■ – композиція 1; ✕ – композиція 2; ▲ – композиція 3

Для визначення оптимального рецептурного співвідношення представлених зразків здійснено їх органолептичну оцінку (табл. 2).

Таблиця 2

**Результати органолептичного оцінювання композицій
плодоовочевих паст**

Показник	Характеристика		
	Композиція 1	Композиція 2	Композиція 3
Зовнішній вигляд	Однорідна протерта пореподібна маса без насіння та протертих частинок шкірки		
Смак і запах	Приємний гармонійний смак гарбуза та буряку	Виражені смак і запах буряку, гарбуз майже не відчувається	Ледь відчутні запах і смак буряку, яскраво виражені смак і запах гарбуза
Колір	Яскраво-рожевий	Рожевий	Світло-рожевий
Консистенція	Однорідна мазка маса		

Уведення гарбуза та буряку у великій кількості надає неприємного специфічного присмаку, а в невеликій кількості веде до погіршення колірної гама паст. Таким чином, найкращі показники має композиція 1 із рецептурним співвідношенням компонентів: яблуко – 60%; гарбуз – 20%; буряк – 20% порівняно з композиціями 2 і 3. Результати оцінювання хімічного складу рекомендованої для подальших досліджень плодоовочевої пасті (композиція 1) порівняно з контролем (яблучна паста) підтверджують збагачення композиції ФФІ (табл. 3) [7].

Таблиця 3

Порівняння хімічного складу паст

Хімічний склад	Одиниця виміру	Паста яблучна (контроль)	Композиція 1	Композиція 2	Композиція 3
1	2	3	4	5	6
Сухі речовини	%	45,0±2,3	45,0±2,3	45,0±2,3	45,0±2,3

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6
Сума цукрів		11,0±0,6	11,75±0,6	11,54±0,6	11,93±0,6
Пектинові речовини		3,47±0,2	5,71±0,3	5,44±0,3	5,82±0,3
Аскорбінова кислота	мг у 100 г	21,05±1,1	57,25±2,9	57,03±2,8	57,38±2,8
Каротин		–	2,12±0,01	2,06±0,01	2,25±0,01
Антоціани		107±5,4	66±3,3	64,3±3,2	61±3,0
Катехіни		105±5,3	63±3,1	62,4±3,1	63,6±3,2
Бетанін		–	40±2,0	38,7±1,9	40,2±2,0
Активна кислотність	pH	3,03±0,15	3,2±0,16	3,13±0,15	3,23±0,16

Отримана паста (композиція 1), виготовлена вдосконалим способом, порівняно з яблучною пастою (контроль) відрізняється підвищеним вмістом пектинових речовин у 1,6 разу, аскорбінової кислоти у 2,7 разу (табл. 3).

Висновки. Розроблено спосіб концентрування купажованого пюре з визначеним вмістом компонентів: 60% яблук, 20% гарбуза, 20% буряку. Подальше концентрування здійснювали в роторному плівковому апараті до вмісту СР 45% за щадних температур (50...55 °С) протягом 1,25–2,00 хв, порівняно з традиційними вакуум-випарними апаратами. Визначено структурно-механічні характеристики пюре компонентів і купажованих композицій. Підтверджено зміцнення отримуваної структури розробленої пасти, оскільки її максимальна динамічна в'язкість становить 283 Па·с, що в 1,9 разу більше яблучної пасти (контроль). Розроблена композиція пасти порівняно з контролем має підвищений вміст ФФІ та хороші органолептичні властивості.

Список джерел інформації / References

1. König, L.M., Renner, B. (2019), “Boosting healthy food choices by meal colour variety: results from two experiments and a just-in-time”, *Ecological Momentary Intervention*. BMC Public Health, No. 975. DOI:10.1186/s12889-019-7306-z
2. Misra, N.N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., Inácio, R.S., Saraiva, A., Barba, F. (2017), “Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies”, *Food Research International*, Vol. 97, pp. 318-339.
3. Zagorulko, A., Zahorulko, A., Kasabova, K., Chervonyi, V., Omelchenko, O., Sabadash, S., Zahorko, N., Peniov, O. (2018), “Universal Multifunctional Device For Heat And Mass Exchange Processes During Organic Raw Material Processing”,

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6, No. 1(96), pp. 47-54. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148443>

4. Mardani, M., Yeganehzad, S., Ptichkina, Nepovinnikh, N., Naji-Tabasi, S. (2019), "Study on foaming, rheological and thermal properties of gelatin-free marshmallow", *Food Hydrocolloids*, No. 93, pp. 335-341.

5. Dolores Alvarez, M., Wenceslao Canet (2013), "Time-independent and time-dependent rheological characterization of vegetable-based infant purees", *Journal of Food Engineering*, Vol. 114, Iss. 4, pp. 449-464.

6. Guerrero, S.N., Alzamora, S.M. (1998), "Effects of pH, temperature and glucose addition on flow behaviour of fruit purees: II. Peach, papaya and mango purees", *Journal of Food Engineering*, Vol. 37, Iss. 1, pp. 77-101.

7. Процеси виробництва багатокомпонентних паст із органічної сировини : монографія / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, Л. В. Кіптєла, В. О. Захаренко, О. Є. Загорулько. – Х. : ХДУХТ, 2015. – 167 с.

Cherevko, O., Mikhailov, V., Kiptela, L., Zakharenko, V., Zagorulko, O. (2015), *Processes of production of multicomponent pastes from organic raw materials : monograph [Procesy vyrobnyctva bagatokomponentnyh past iz organichnoi' syrovyny]* KhDUHT, 167 p.

8. Cherevko, O., Mykhaylov, V., Zagorulko, O., Zahorulko, A. (2018), "Improvement of a rotor film device for the production of high-quality multicomponent natural pastes", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 2, No. 11(92), pp. 11-17. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126400>

Загорулько Андрій Миколайович, канд. техн. наук, Навчально-науковий інститут харчових технологій та бізнесу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0505474173; e-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Загорулько Андрей Николаевич, канд. техн. наук, Учебно-научный институт пищевых технологий и бизнеса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 0505474173; e-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Zahorulko Andrii, PhD in Tech. Sc., Educational and Scientific Institute of Food Technology and Business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: 0505474173; e-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Загорулько Олексій Євгенович, канд. техн. наук, доц., Навчально-науковий інститут харчових технологій та бізнесу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. e-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

Загорулько Алексей Евгеньевич, канд. техн. наук, доц., Учебно-научный институт пищевых технологий и бизнеса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. e-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

Zahorulko Oleksii, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Educational and Scientific Institute of Food Technology and Business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. e-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

Сашнюва Мар'яна Василівна, канд. техн. наук, доц., кафедра інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки, Київський національний торговельно-економічний університет. Адреса: вул. Кіото, 19, м. Київ, Україна, 02156. e-mail: m.sashnova@gmail.com.

Сашнева Марьяна Васильевна, канд. техн. наук, доц., кафедра інженерии программного обеспечения и кибербезопасности, Киевский национальный торгово-экономический университет. Адрес: ул. Киото, 19, м. Киев, Украина, 02156. e-mail: m.sashnova@gmail.com

Sashnova Mariana, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of Software Engineering and Cybersecurity, Kyiv National University of Trade and Economics. Address: Kyoto str., 19, Kyiv, Ukraine, 02156. e-mail: m.sashnova@gmail.com

Лаврук Владислав Валерійович, асп., кафедра процесів та устаткування харчової і готельно-ресторанної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. e-mail: Lavruk_V@hduht.edu.ua.

Лаврук Владислав Валерьевич, асп., кафедра процессов и оборудования пищевой и гостинично-ресторанной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. e-mail: Lavruk_V@hduht.edu.ua.

Lavruk Vladyslav, Graduate Student, Department of Processes and Equipment of the Food and Hotel and Restaurant Industry named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. e-mail: Lavruk_V@hduht.edu.ua.

Ібаєв Ельдар Байрам оглы, асп., кафедра процесів та устаткування харчової і готельно-ресторанної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051.

Ибаев Эльдар Байрам оглы, асп., кафедра процессов и оборудования пищевой и гостинично-ресторанной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051.

Ibaiev Eldar, Graduate Student, Department of Processes and Equipment of the Food and Hotel and Restaurant Industry named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051.

DOI: 10.5281/zenodo.3937766