



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2022-1

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 1 (116) / 2022

м. Вінниця - 2022

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /
Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2022. 1(116). С. 169.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету
(протокол № 10 від 29.04.2022 р.)*

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України
від 02.07.2020 року №886);*

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);

- індексується в CrossRef, Google Scholar;

- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік НААН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Яронуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

*Калетнік Г.М., Яропуд В.М.***СИМУЛЯЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ТЕПЛООБМІННИКА ПОБІЧНО-ВИПАРНОГО ТИПУ..... 4***Грушецький С.М., Омелянов О.М.***ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ КОРЕНЕБУЛЬБОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ..... 16***Ковальчук Ю.О., Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук А.О.***ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В АПК ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО НАПЛАВЛЕННЯ 25***Oleksandr Kholodiuk, Volodymyr Kuzmenko, Zhukov Volodymyr***PREPARATION FEATURES OF TECHNICAL MEANS FOR HAUMAKING..... 32***Спірін А.В., Цуркан О.В. Твердохліб І.В., Борисюк Д.В.***ЕРГОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ОХОРОНИ ПРАЦІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ..... 41**

II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Алієв Е.Б., Лінко М.О.***АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕКСПАНДОВАНОГО ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ..... 51***Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Яцук Є.В., Гречко Р.О.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ ТИПУ ГСТ-90... 58***Возняк О.М., Бабин І.А***АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА СУШКИ ЖОМУ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА..... 65***Ivan Sevostianov, Yaroslav Ivanchuk***MODELLING OF WORKING PROCESS OF EQUIPMENT WITH HYDRAULIC DRIVE FOR SEPARATION OF DAMP DISPERSIVE MATERIALS..... 77***Матвійчук В.А., Гайдамак О.Л., Карпійчук М.Ф.***ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ З ПІДВИЩЕНИМИ ТРИБОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ 83***Пазюк В.М., Токарчук О.А.***ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД 96***Полевода Ю.А., Соломон А.М., Бондар М.М.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕФІРУ..... 105***Присяжнюк Д.В.***ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОФІЗИЧНИХ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОННОМУ ПРИСТРОЇ ДЛЯ СИНТЕЗУ ОЗОНУ..... 114***Svitlana Kravets***PERFECTION OF FUNDAMENTALS OF MATHEMATICAL METHOD OF DESIGN OF HYDROSYSTEMS OF DRIVE OF TECHNICAL MACHINES..... 121***Сивак Р.І., Островський А.Й., Богатюк М.О.***ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНОВКИ УНІВЕРСАЛЬНО-СКЛАДАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ІЗ ЗМІНОЮ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ВТУЛКИ РОЗРІЗНОЇ..... 128***Цуркан О.В.***ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШНІННЯ НАСІННЯ ГАРБУЗА..... 136***Яропуд В.М., Купчук І.М., Бурлака С.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНОГО ТРИТРУБНОГО ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРА ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ..... 142**

III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

*Возняк О.М., Штуць А.А., Тихонов В.К.***ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ..... 150***Граняк В.Ф., Кожушко О.В.***ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМАТИЧНИХ ПОХИБОК СМУГОВОГО НЕСИМЕТРИЧНОГО СЕНСОРА ВОЛОГОСТІ..... 164**



УДК 664.849:664.144

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-1-12

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ
ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕФІРУ**

Полєвода Юрій Алікович, к.т.н., доцент
Соломон Алла Миколаївна, к.т.н., доцент
Бондар Мар'яна Михайлівна, асистент
Вінницький національний аграрний університет

Yurii Polievoda, Ph.D., Associate Professor
Alla Solomon, Ph.D., Associate Professor
Mariana Bondar, Assistant
Vinnytsia National Agrarian University

В статті досліджували рецептурний склад та спосіб низькотемпературного концентрування плодовоовочевого пюре з вмістом компонентів: 20% яблука, 20% гарбузу, 15% буряку, 15% журавлини, 15% глоду. Концентрування пюре здійснюється у роторному випарнику до вмісту сухих речовин 50% за температури 50...56°C під вакуумом. При цьому було зменшено час обробки, що становить 1...2 хв, що в рази менше порівняно з традиційними однокорпусними вакуум-випарними апаратами (60...90 хв). Зменшення температурного впливу концентрування сприяє підвищенню органолептичних і фізико-хімічних показників отриманої пасти. Для встановлення впливу внеску кожного компонента на структуру пасти досліджено структурно-механічні властивості пюре кожної сировини і концентрованих напівфабрикатів. Розроблена паста має підвищену міцність структури зі значенням динамічної в'язкості – 394 Па·с, що 2,5 рази більше контрольного зразка. Розроблена купажована плодовоовочева паста має збільшений вміст фізіологічно-функціональних інгредієнтів та кращі органолептичні показники на відміну від контрольного варіанту (яблучна паста).

Встановлено, що часткова заміна яблучного пюре (до 75%) в рецептурному складі зефіру на розроблену багатокомпонентну плодовоовочеву пасту надає виробу оригінальні властивості. Забезпечується збільшення величини динамічної в'язкості зефіру з вмістом 75% заміни яблучного пюре розробленою пастою порівняно контрольному зразку (зефір без добавок) з 408 Па·с до 908 Па·с. Колір зефірної маси за внесення 75% заміни яблучного пюре становить яскраво-рожевий з довжиною хвилі 596,7 нм та яскравістю 62,3%. Отримані данні дозволяють покращувати якість оригінальних зефірних виробів при додаванні плодовоовочевого напівфабрикату з підвищенням функціональних властивостей.

Ключові слова: процес низькотемпературного концентрування, багатокомпонентна плодовоовочева паста, зефірна маса, структурно-механічні властивості, структуроутворення, харчова сировина.

Рис. 4. Табл. 1. Літ. 11.

1. Постановка проблеми

Одним з пріоритетних напрямків розвитку харчової промисловості сьогодення є створення функціональних кондитерських виробів. А саме, завдяки збагаченню їх хімічного складу рослинними інгредієнтами можливо отримати оригінальний спектр структурно-механічних та органолептичних властивостей.

Плодовоовочева сировина є природним джерелом функціонально фізіологічних інгредієнтів (ФФІ), що дає можливість максимально забезпечувати населення необхідними поживними речовинами, проте багато країн світу в повній мірі не використовує потенціал рослинної сировини.

Більш раціональне використання плодовоовочевої сировини можливо за рахунок впровадження новітніх технологічно-апаратурних рішень для виробництва якісних природних напівфабрикатів функціонально призначення, з використанням сучасних досягнень в науці та техніці.

Внесення в рецептуру харчових виробів рослинної сировини підвищує функціональність виробу, наприклад за рахунок збільшення вмісту пектинових речовин, що сприятиме виведенню важких металів з організму людини [1]. Потреба в здоровому харчуванні зумовлює необхідність створення харчової продукції функціональної дії за рахунок запровадження сучасних технологій та



апаратурної складової для їх реалізації, зокрема за рахунок низькотемпературної обробки рослинної сировини.

Забезпечення розширення асортименту оздоровчої продукції, зокрема кондитерських виробів можливе за рахунок мінімізації в рецептурному складі компонентів з низьким вмістом функціонально фізіологічних інгредієнтів та заміні її на плодоовочеві пасти зі збільшеною харчовою цінністю [2].

Тому актуальним є спрямування науково-практичної роботи на удосконалення способів виробництва плодоовочевих напівфабрикатів високого ступеня готовності з можливістю подальшого внесення до рецептурного складу харчових виробів (кондитерських, хлібобулочних тощо).

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Провівши аналіз останніх досліджень [3, 4, 5] можливо навести данні, що підтверджують позитивний вплив вживання рослинної сировини людиною для підвищення функціональності раціону харчування різноманітними фенольними сполуками, кислотами тощо, формуючи міцний імунітет. Проте при виробництві функціональних виробів природного походження значної уваги приділяють формуванню раціональної добової норми їх вживання в залежності від потреб людини та реалізації відповідних конструктивно-технологічних рішень.

У роботі [4] наведено порівняння традиційних способів обробки різноманітної сировини, що використовуються у харчовій промисловості для визначення можливих шляхів ресурсоефективності, проте не здійснюється визначення ефективності використовуваних переробних та виробничих технологій. Саме тому, увага приділяється харчуванню людини протягом життя, проте зроблено огляд узагальнених чинників ефективності впровадження здорового харчування без врахування ефективності та доцільності використання власних органічних ресурсів. Це пов'язано зі зростанням потреб споживачів, погіршенням екологічного становища та зниженням імунітету, потребуючи формування узагальнених рекомендацій, а також використанням сучасних апаратурно-технологічних ліній для переробки сировини у функціональні вироби. Такий підхід підтверджує доцільність досліджень спрямованих на підвищення ресурсоефективності процесів переробки рослинної сировини у напівфабрикати високого ступеня готовності та інших різноманітних продуктів харчування з підвищеним вмістом функціонально фізіологічних інгредієнтів.

Багато вчених визначали попит споживчих кооперацій до збалансованого харчування на основі рослинної сировини для забезпечення здорового функціонального раціону [9]. Проте наведено узагальнений огляд впливу вживання фруктів в якості біологічно-активних речовин без визначення ефективності комбінування рослинної сировини в композиції для підвищення ефективності вживання. Одним зі шляхів вирішення цих недоліків є раціональне купажування рослинної сировини з урахуванням отримуваних функціонально фізіологічних інгредієнтів, консистенції, можливого спектру використання в рецептурі різноманітних виробів та органолептичних властивостей [10]. До напівфабрикатів природного походження з високим ступенем готовності та широким спектром використання в багатьох переробних та виробничих сферах можна віднести сушені та концентровані вироби [9]. Проте однією з основних апаратурно-технологічних ускладнень переробки рослинної сировини у функціональні вироби є низька ресурсоефективність, а отже виникає потреба у впровадженні інноваційних конструктивно-технологічних рішень спрямованих на ефективну низькотемпературну обробку. У роботі [6] визначається ефективність внесення в рецептуру зефіру меду на вміст вітамінів та мінералів, проте ці компоненти не дозволяють частково замінювати певні складові компоненти виробу, наприклад яблучне пюре. Також наведена технологія виробництва зефірних виробів з внесенням в рецептуру купажів рослинної пасти без зазначення даних стосовно впливу та ефективності тепломасообмінної обробки пюре на кінцеву якість виробу. Також залишаються не вирішеними питання пов'язані з впливом зміни складу купажу з урахуванням використовуваної природної сировини на отримуваних функціонально фізіологічних інгредієнтів та структуру отримуваних виробів. Це може буди пов'язано з невеликою кількістю досліджень спрямованих на визначення можливості купажування різної плодоовочевої сировини, отримуваних структурно-механічних та органолептичних властивостей. Досліджували вплив мікробних полісахаридів ксантану, енпосану та геллану на формування структури кексів без глютену. Цим забезпечувався прогноз наявної структури готового виробу заміною рецептурних компонентів кексу, що забезпечувало формування необхідної структури тіста без клейковини. Але розглянуті тільки питання якісної поведінки виробів без впливу режимних параметрів та апаратурних рішень під час досліджень.



Це підтверджує актуальність досліджень з розширення науково-практичної бази для пошуку шляхів інтенсифікації апаратурно-технологічних ліній для ресурсоефективного виробництва функціональних харчових виробів, що має забезпечити розширення асортименту та зміцнення імунітету споживачів.

Було визначено вплив тривалості концентрування дитячого пюре і як наслідок зміну їх реологічної поведінки в залежності від температурної складової та діапазону швидкісного зсуву. Проте ці данні, мають характерні властивості для дитячого пюре та відрізнятимуться при низькотемпературному концентруванні купажів органічного походження, що володіють різним вмістом функціонально фізіологічних інгредієнтів, початковим та кінцевим вмістом сухих речовин, щільністю тощо. Було досліджено зміну рН пюре при поєднанні манго та персика без визначення раціональної температури концентрування, як одного з чинників впливу на отримувану в'язкість та тривалість обробки. Проводились дослідження спрямовані на визначення впливу тиску на зміни температурних характеристик при пароконтактному нагріванні сировини в робочому просторі, проте паровміст технології характеризуються складністю експлуатації та низьким коефіцієнтом ресурсоефективності [5]. Однак більшість досліджень характеризуються технологічною складовою виробництва без врахування апаратурного впливу, зокрема тепломасообмінної обробки при концентруванні пюре, ресурсоефективності теплової обробки в цілому. Також визначалася зміна та формування піноутворення, реологічних та термічних властивостей виробництва кондитерських виробів на прикладі зефіру без желатину. Але не враховується вплив на отримувану консистенцію зефіру можливості заміни структуроутворюючих інгредієнтів купажованими функціональними рослинними напівфабрикатами високого ступеня готовності [3, 4].

Описані технології виробництва кондитерських виробів з використанням харчових волокон рослинного походження, тим самим, дозволяючи мінімізувати долю закордонних інгредієнтів в умовах інтенсифікації власних потужностей. Використання об'ємів власної рослинної сировинної бази та інноваційних технологій низькотемпературної обробки дозволяє досягти ресурсоефективності під час виробництва. Це дозволить мінімізувати використання у рецептурному складі функціональних виробів синтетичних інгредієнтів, замінюючи їх на природні напівфабрикати, виготовлені в умовах низькотемпературних способів обробки для забезпечення максимального збереження початкових властивостей сировини [6].

Тому доцільними є дослідження, спрямовані на пошук інноваційних науково-практичних рішень в технології виробництва зефіру з частковою або повною заміною яблучного пюре на функціональні купажовані пастоподібні напівфабрикати отримані за низькотемпературної обробки. Результати таких досліджень призведуть до забезпечення попиту споживчих кооперацій на продукти функціонального призначення на основі природної сировинної бази з мінімізацією закордонних синтетичних інгредієнтів.

Внесення функціональних купажованих пастоподібних плодоовочевих напівфабрикатів в рецептуру кондитерських виробів, на прикладі зефіру забезпечить отримання оригінальних структуро-механічних та органолептичних показників.

Таким чином, доцільно спрямувати науково-практичні дослідження на удосконалення технології виробництва кондитерських виробів на прикладі зефіру в умовах використання плодоовочевого пастоподібного концентрату, отриманого за низькотемпературної обробки.

3. Мета та завдання досліджень

Метою дослідження є удосконалення технологія зефіру з додаванням плодоовочевої пасти, отриманої низькотемпературним способом концентрування. Це дасть можливість розширити асортимент функціональних конкурентоспроможних продуктів та напівфабрикатів підвищеної якості.

Для досягнення мети слід розробити рецептурний склад та шляхи реалізації способу виробництва плодоовочевої пасти з встановленням її структурно-механічних та якісних показників та оптимізувати кількість внесення розробленого плодоовочевого напівфабрикату у технологію виробництва зефіру з визначенням структурно-механічних (реологічних), кольорових та органолептичних властивостей.

4. Виклад основного матеріалу

В якості основної сировини для виробництва плодоовочевого пастоподібного напівфабрикату використовували яблуко (сорту Антонівка), гарбуз (сорту мускатний Перлина), буряк (сорту Бона),



журавлину (сорту Пілігрим), глід (сорту Арнольд) з високим вмістом функціонально фізіологічних інгредієнтів. Визначено структурно-механічні властивості пюре компонентів до купажування, купажованих за різного відсоткового вмісту та уварених паст до вмісту 50% сухих речовин та виготовленої з додаванням пасти зефірної маси. Структурно-механічні властивості дослідних зразків пюре, паст та зефірної маси визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» (Німеччина). Визначення кольорності дослідних зразків реалізовувалося на спектрофотометрі СФ-2000 та визначалося відповідно до методу МКО (Міжнародна система координат СІЕ).

Під час досліджень шляхів реалізації способу виробництва плодоовочевої пасти встановлено рецептурний вміст п'ятикомпонентного плодоовочевого купажу з урахуванням вмісту функціонально фізіологічних інгредієнтів, органолептичних та структурно-механічних властивостей кожного з компонентів. Плодоовочева сировина в рецептуру пасти підбиралась з урахуванням вмісту пектинових речовин та харчових волокон для надання готовому напівфабрикату міцної структури, а також враховувались її лікувально-профілактичні властивості [6].

Запропоновані рецептури купажованої плодоовочевих композицій: яблуко (20%, 30%, 40%); гарбуз (20%, 20%, 25%); буряк (15%, 20%, 20%); журавлина (30%, 20%, 10%); глід (15%, 10%, 5%).

Виготовлення плодоовочевої пасти розробленим способом здійснювалось наступним чином: пюре з яблук, гарбуза та буряка готували за діючою технологією для виробництва плодівих і овочевих пюре. Глід необхідно витримати у 8...10% розчині NaCl з додаванням 1% лимонної кислоти за температури 21...26°C протягом 36...42 хв. Це дозволить вилучити з плодів різні механічні забруднення та стабілізувати поліфеноли. Глід бланшують парою за температури 100...110°C протягом 5 хв., журавлину водою 3 хв за температури 86...90°C. Протирають журавлину та глід до розміру часток 0,4...0,5 мм. Отримувані однокомпонентні пюре обраних плодів та овочів купають згідно розробленої рецептури. Низькотемпературне концентрування (50...56°C) купажованого багатокомпонентного пюре проводиться в роторному випарнику удосконаленої конструкції (рис.1), протягом 1...2 хв.

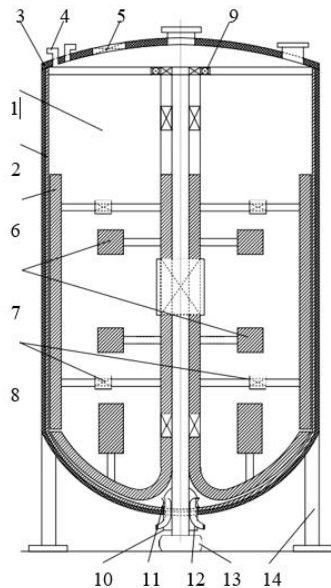


Рис. 1. Схема вдосконаленої моделі вакуумно-випарного агрегату зі збільшеною поверхнею теплообміну:

1 – вертикальна робоча технологічна потужність; 2 – гнучкий плівковий резистивний електронагрівач променистого типу з теплоізоляційною зовнішньою поверхнею; 3 – кришка агрегату; 4 – контрольно-запобіжна арматура; 5 – оглядове вікно; 6 – удосконалений перемішувальний пристрій; 7 – сепаратори потоку (6 шт.); 8 – пружинисті ребра; 9 – контактна платформа силової установки; 10 – розвантажувальний автомат; 11 – затвор автоматичного блокування; 12 – напрямні для зняття продукту; 13 – електропривод з черв'ячною передачею; 14 – стійки

Визначено структурно-механічні показники однокомпонентних плодоовочевих пюре та виготовлених з них купажованих паст. На рис. 2 зображено показники зсувних властивостей зразків пюре плодоовочевої сировини. Контролем обрано яблучне пюре та паста.

З наведених залежностей визначено граничну напруги зсуву (Θ , Па) для яблук – 12, гарбуза –



42, буряку – 57, журавлини – 76, глоду – 450 (рис. 2). Отриманий характер залежностей свідчить про належність усіх зразків поре до неідеально пластичних твердоподібних тіл. Підвищення показника граничної напруги зсуву усіх зразків в порівнянні з контролем обумовлюється більшим вихідним вмістом сухої речовини та наявністю пектинових речовин.

Отриманні структурно-механічні показники ефективної в'язкості концентрованих плодовоовочевих паст за рецептурами композицій представлено на рис. 3. Визначені показники ефективної в'язкості (η_{ef}) виготовлених зразків паст показують їх збільшення в порівнянні з контролем – 156 Па·с та становлять відповідно для кожної композиції: 1 – 394; 2 – 360; 3 – 312. Отриманий рівень показників ефективної в'язкості свідчить про збільшення міцності структури усіх композицій паст, що дає можливість для їх рекомендованого використання в якості структуроутворювачів в різних кондитерських виробках, таких як зефір, пастила тощо [7, 8].

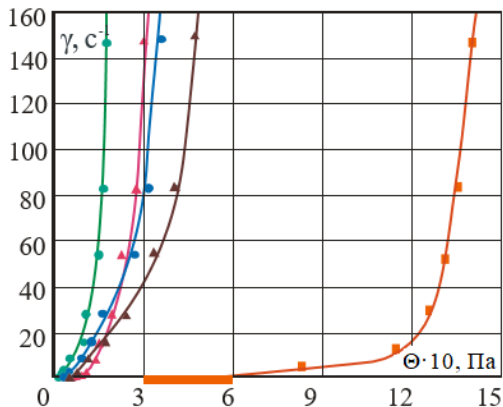


Рис. 2. Зсувна характеристика поре з сировини ($t=20^\circ\text{C}$): ● – яблуку; ● – гарбуза; ▲ – буряка; ▲ – журавлина; ■ – глоду

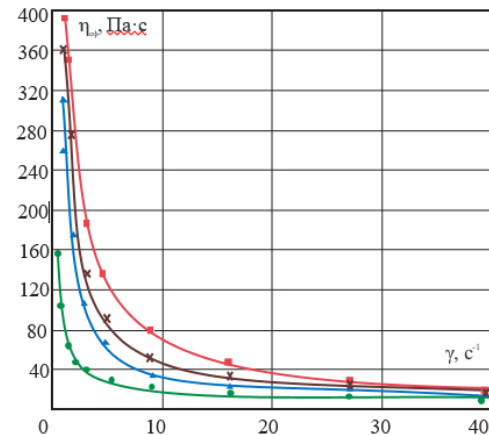


Рис. 3. Реологічні криві плодовоовочевих паст, $t=20^\circ\text{C}$: ● – контроль (яблучна паста); ■ – композиція 1; × – композиція 2; ▲ – композиція 3

Експертною комісією проведено органолептичне оцінювання розроблених композицій для виявлення оптимального рецептурного співвідношення. Зовнішній вигляд у всіх 3 композиціях – однорідна протерта пастоподібна маса. Смак та запах 1 композиції (виражений смак та запах журавлини, приємний смак гарбуза, глоду, яблуку та буряку майже не відчувається. Смак та запах 2 композиції (приємний гармонійний смак журавлини, глоду та яблуку). Смак та запах 3 композиції (ледве відчутний запах та смак журавлини та глоду, приємний смак яблуку та гарбуза). Колір композицій: насичений червоно-бордовий; червоно-бордовий; світло червоно-бордовий відповідно. Консистенція всіх композицій – однорідна в'язка маса.

Оцінювання кольору третьої композиції свідчить про не яскраве його забарвлення, на відміну від першої та другої. Виявлено, що наявність гарбуза або буряку у більшому відсотковому співвідношенні надає зразку неприємного специфічного присмаку. Журавлина має приємний смак, запах та має насичене забарвлення. За органолептичними показниками кращу властивість має композиція 1 з співвідношенням компонентів: яблуку – 20%; гарбуз – 20%; буряк – 15%; журавлина – 30%; глід – 15% на відміну від композицій 2 і 3. Проведено оцінювання хімічного складу розроблених композицій плодовоовочевих паст в порівнянні з контролем (яблучна паста, вміст сухої речовини 50%).

Розроблена паста отримана за композицією 1 в порівнянні з контрольним зразком (яблучною пастою), має у 1,7 разів більший вміст пектинових речовин, а аскорбінової кислоти у 2,6 рази.

За для оптимізації кількості внесення плодовоовочевої пасту у зефірну масу розглянемо загальновідому технологію виготовлення зефіру, що складається з підготування сировини, створення агаро-цукрово-патокового сиропу, змішування зефірної маси, формування з структуроутворенням, підсушування та обсипання цукровою пудрою.

Заміною в рецептурі зефіру частки яблучного поре розробленою пастою можна контролювати, прогнозувати отримувану поживну цінність, утворювану консистенцію та скоротити час підсушування виробу за рахунок високого вмісту сухої речовини в пасті. Для виявлення оптимальної кількості розробленої купажованої пасту (композиція 1) запропоновано дослідні зразки з 25%, 50%, 75% та 100% заміни яблучного поре та визначення їх структурно-механічних показників (рис. 4). В якості контролю обрано зефір без домішок.

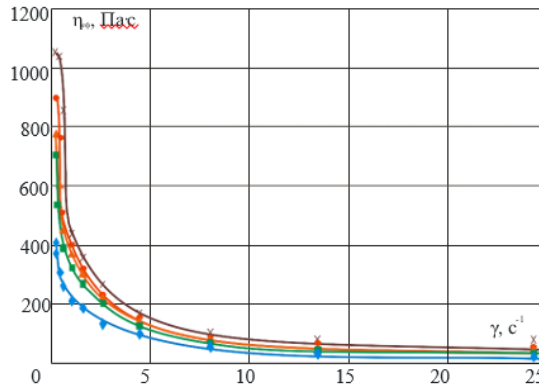


Рис. 4. Реологічна крива зефірних мас, $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$: \blacklozenge – зефір без домішок; заміна яблучного пюре на плодоовочеву пасту, %: \blacksquare – 25; \blacktriangle – 50; \bullet – 75; \times – 100

Встановлені залежності (рис. 4) змінення в'язкості від швидкість зсуву при відсотковій заміні яблучного пюре на розроблену плодоовочеву пасту. Зразки зефірної маси з заміною яблучного пюре на пасту мають значення динамічної в'язкості $\eta_{\text{еф}}$, Па·с, заміна: 25% – 719, 50% – 774, 75% – 908 і 100% – 1079 відповідно, контроль – 408.

Встановлені кольорові властивості зефірних мас з заміною яблучного пюре на плодоовочеву пасту у порівнянні з контролем – зефірною масою без домішок (табл. 1).

Таблиця 1

Кольорові характеристики дослідних зразків зефірних мас з повною або частковою (25; 50; 75%) заміною яблучного пюре ($Sr=0,05, n=5, p=0,95$)

Дослідні зразки зефірних мас	Домінуюча довжина хвилі	Яскравість	Чистота кольору	Візуальна оцінка кольору зразків
	$\lambda_{\text{нм}}$	$T, \%$	$P, \%$	
контроль	515,4	42,6	25,3	білий
25%	542,4	49,6	32,3	білий з кремовим відтінком
50%	576,1	54,4	45,1	світлий жовто-рожевий
75%	596,7	62,3	68,3	яскраво-рожевий
100%	604,1	66,7	73,1	червоний

Для контролю характерна довжина хвилі 515,4 нм при частоті кольору 25,3%, що характерно білому кольору. Для 25% заміни яблучного пюре чистота кольору становить 32,3% та відповідає біло-кремовому кольору при довжині хвилі 542,4 нм. При 50% заміні яблучного пюре зразок характеризується світло жовто-рожевим кольором з домінуючою довжиною хвилі 576,1 нм. Для зразка з 75% заміною яблучного пюре довжина хвилі становить 596,7 нм, яскравість 62,3% та відповідає яскраво-рожевому кольору. При 100% заміні яблучного пюре купаженою пастою формується червоний колір з домінуючою довжиною хвилі 604,1 нм, яскравістю 66,7% та чистотою кольору 73,1%. Отримані кольорові характеристики свідчать про змінення кольорової гама від ніжно рожевого кремового відтінку до насиченого червоного при зростанні відсоткового вмісту плодоовочевої пасту (композиція 1) в зразках зефірних мас. Дозволяючи оцінювати та формувати колір зефірної маси зміненням частки внесення розробленої пасту.

Визначення зразка зефіру з оптимальним вмістом плодоовочевої пасту проводилось шляхом оцінювання органолептичних та фізико-хімічних показників.

В результаті оцінки зефірної маси з заміною яблучного пюре на розроблену плодоовочеву пасту встановлено, що вміст пасту змінює органолептичні та якісні властивості отриманої зефірної маси. Під час заміни пюре на купажану пасту обсягом 25% від загальної маси відбувається не значне змінення, показники зефіру близькі до контрольного зразку, якому властивий білий колір з кремовим відтінком рожевого. Внесення 50% або 75% пасту забезпечує світло жовто-рожеве та яскраво-рожеве забарвлення дослідних зразків. Під час 50% вмісту присутній легкий приємний смак пасту, а при 75% вмісту смак набуває вираженого стану. Дослідний зразок з вмістом плодоовочевої пасту 100% має смак та запах не стандартний для виробу, колір червоного відтінку, що в цілому має негативний вплив на зовнішній вигляд та структуру зефіру.



Встановлено граничну напругу зсуву для пюре кожного з компонентів: яблуко – 12 Па, гарбуз – 42 Па, буряк – 57 Па, журавлина – 76 Па та глід – 450 Па. Здійснено купажування плодоовочевих пюре відповідно до рецептурного складу з подальшим низькотемпературним концентрування у роторному випарнику при температурі 50...56°C протягом 1...2 хв до вмісту сухої речовини 50%. Визначено, що ефективна в'язкість (Па·с) паст має максимальне значення в момент прикладення зсувного зусилля та становить для композицій: 1 – 394; 2 – 360; 3 – 312 і для контрольного зразка – 156 відповідно (рис. 3). Порівнявши зразків композицій з контролем за структурно-механічними, органолептичними властивостями, хімічним складом та ФФІ значну перевагу має 1 композиція купажованої паст. Рецептурний вміст якої характеризується: яблуко – 20%; гарбуз – 20%; буряк – 15%; журавлина – 30%; глід – 15%.

При цьому заміни в рецептурі зефірних мас вмісту яблучного пюре плодоовочевою пастою (композиція 1) у межах 25%, 50%, 75% та 100% підвищує поживну цінність та зміцнює структуру. Зміцнення структури зефірної маси підтверджено показниками динамічної в'язкості при заміні яблучного пюре у кількості: 25% – 719 Па·с, 50% – 774 Па·с, 75% – 908 Па·с і 100% – 1079 Па·с відповідно порівняно з яблучною контрольною пастою – 408 Па·с.

Порівняльним оцінюванням зразків зефіру виявлено оптимальний вміст додавання розробленої купажованої паст, що становить 75% заміни яблучного пюре з яскраво-рожевим кольором з довжиною хвилі 596,7 нм та яскравістю 62,3%. Додавання такого відсоткового вмісту паст у рецептуру зефірної маси надає можливість підвищити показник ефективної в'язкості та структуроутворення у порівнянні з контролем і одночасне покращення якісних показників готового виробу.

Значна кількість досліджень спрямована на вдосконалення технології кондитерських виробів, зокрема й зефіру шляхом внесення до рецептури природних наповнювачів для забезпечення підвищення харчової цінності та отримання оригінальних органолептичних властивостей [8]. Проте повноцінно не визначено ефективність тепломасообмінної обробки купажів та впливу наповнювачів на отримувані властивості готових виробів, зумовлюючи доцільність науково-практичних та апаратурно-технологічних досліджень в цьому напрямі.

Одним з недоліків досліджень, що не дає повної уяви про отриманні результати, є відсутність якісних параметрів плодоовочевих паст, виготовлених традиційним способом концентрування в вакуум-випарному апараті для порівняння їх з розробленим низькотемпературним способом.

Притаманним обмеженням дослідження є значний вплив кожного компоненту купажу зі своїми оригінальними органолептичними та структурно-механічними властивостями, що ускладнює якісний підхід до купажування органічних паст. Недотримання тепломасообмінних параметрів низькотемпературного концентрування та рецептурних співвідношень компонентів призведе до зміни вихідних властивостей паст, що призведе до ускладнення прогнозування впливу купажу на отримувані вироби.

5. Висновок

Таким чином, розроблено рецептурний склад та спосіб низькотемпературного концентрування плодоовочевого пюре з вмістом компонентів (20% яблука; 20% гарбуз; 15% буряк; журавлина 15%; глід 15%). Завдяки концентруванню пюре в роторному випарнику до вмісту сухої речовини 50% за температури (50...56°C) під вакуумом час обробки становить 1...2 хв, що в рази менше порівняно з традиційними однокорпусними вакуум-випарними апаратами. Для виявлення впливу внеску кожного компонента встановлено структурно-механічні властивості пюре кожної сировини і концентрованих напівфабрикатів. Розроблена паста має підвищену міцність структури, оскільки отриманні значення її динамічної в'язкості становить 394 Па·с, що 2,5 рази більше контрольного зразка. Розроблена купажована плодоовочева паста володіє збільшеним вмістом функціонально фізіологічних інгредієнтів та має гарні органолептичні показники на відміну від контролю (яблучна паста).

Встановлено, що при додаванні до рецептурного складу зефіру розробленої багатокомпонентної плодоовочевої паст з вмістом 75% заміни яблучного пюре, виріб набуває оригінальні якісні властивості. Забезпечується збільшення величини динамічної в'язкості (η_{ef} , Па·с) зефіру з вмістом 75% заміни яблучного пюре розробленою пастою порівняно контрольному зразку (зефір без добавок) з 408 до 908. Колір зефірної маси за внесення 75% заміни яблучного пюре становить яскраво-рожевим з довжиною хвилі 596,7 нм та яскравістю 62,3%. Отримані данні свідчать про покращення якісних показників зефіру при додаванні плодоовочевого напівфабрикату, що є позитивним явищем з технологічної точки зору. Отримані результати можуть бути впроваджені в консервну та кондитерську промисловість та забезпечать розширення асортименту виробів з підвищеною харчовою цінністю.



Список використаних джерел

1. Черевко О. І., Михайлов В. М., Кіптєла Л. В., Захаренко В. О., Загорулько О. Є. Процеси виробництва багатокомпонентних паст із органічної сировини. Харків: ХДУХТ, 2015. 166 с.
2. Cherevko O., Mykhaylov V., Zagorulko A., Zahorulko A. Improvement of a rotor film device for the production of high-quality multicomponent natural pastes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 2 (11 (92)). P. 11–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126400>.
3. Polyevoda Y. A., Hurych A. J., Kutsyy V. M. Patterns of changing settings of the temperature field at vapour-contacting heating by sterilizing products in cylindrical containers. *INMATEH*. 2016. 50 (3). P. 65–72. URL: <http://oaji.net/articles/2016/1672-1481893020.pdf>.
4. Misra N. N., Koubaa M., Roohinejad S., Juliano P., Alpas H., Inácio R. S. et. al. Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*. 2017. (97). P. 318–339. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.001>.
5. Dolores Alvarez M., Canet W. Time-independent and time-dependent rheological characterization of vegetable-based infant purees. *Journal of Food Engineering*. 2013. 114 (4). P. 449–464. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.08.034>.
6. Bondar M., Solomon A., Fedak N., Paska M. et. al. Improving marshmallow production technology by adding the fruit and vegetable paste obtained by low-temperature concentration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. 5(11 (113)). P. 43–50. doi:10.15587/1729-4061.2021.241969.
7. Vitalii Yanovych, Pavel Žitek, Hamed Hashemi-Dezaki, Yurii Polievoda Effect of vibration on the rheological properties of glycerin during its purification. *Journal of Vibroengineering. JVE International Ltd*. 2021. Vol. 23, Iss. 5. P. 1095–1108.
8. Гуць В. С., Полевода Ю. А., Коваль О. А. Визначення структурно-механічних характеристик в'язкісних дисперсних систем. *Журнал «Упаковка»*. Національний університет харчових технологій. 2011. №1. С. 46–47.
9. Соломон А. М., Полевода Ю. А. Обґрунтування складу ферментованих продуктів з використанням рослинних наповнювачів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 3 (110). С. 126–134.
10. Власенко В. В., Соломон А. Н., Крыжак Л. Н. Разработка технологий кисломолочных продуктов с использованием растительных наполнителей. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2013. 5-6. С. 38–42.
11. Власенко В. В., Бондар М. М., Семко Т. В., Соломон А. М. Функціональні харчові продукти з наповнювачами. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. № 3 (95). С. 106–109.

References

- [1] Cherevko, O. I., Mihajlov, V. M., Kiptela, L. V., Zaharenko, V. O., Zagorul'ko, O. Y. (2015). Prosesi virobniactva bagatokomponentnih past iz organichnoi sirovini. [Processes of production of multicomponent pastes from organic raw materials]. *HDUHT*. 166. Harkiv [in Ukrainian].
- [2] Cherevko, O., Mykhaylov, V., Zagorulko, A., Zahorulko, A. (2018). Improvement of a rotor film device for the production of high-quality multicomponent natural pastes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2 (11 (92)). 11–17. [in English].
- [3] Polyevoda, Y. A., Hurych, A. J., Kutsyy, V. M. (2016). Patterns of changing settings of the temperature field at vapour-contacting heating by sterilizing products in cylindrical containers. *INMATEH*. 2016. 50 (3). 65–72. [in English].
- [4] Misra, N. N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., Inácio, R. S. et. al. (2017). Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*. (97). 318–339. [in English].
- [5] Dolores Alvarez, M., Canet, W. (2013). Time-independent and time-dependent rheological characterization of vegetable-based infant purees. *Journal of Food Engineering*. (2013). 114 (4). 449–464. [in English].
- [6] Bondar, M., Solomon, A., Fedak, N., Paska, M. et. al. (2021). Improving marshmallow production technology by adding the fruit and vegetable paste obtained by low-temperature concentration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5(11 (113)). 43–50. [in English].
- [7] Yanovych, V., Žitek, P., Hashemi-Dezaki, H., Polievoda, Y. (2021). Effect of vibration on the rheological properties of glycerin during its purification. *Journal of Vibroengineering. JVE International Ltd*. 23. 5. 1095–1108. [in English].
- [8] Huts, V. S., Polievoda, Yu. A., Koval, O. A. (2011). Vyznachennia strukturno-mekhanichnykh kharakterystyk v'iazkisnykh dyspersnykh system. [Determination of structural and mechanical characteristics of viscous disperse systems]. *Zhurnal «Upakovka»*. *Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii*. 1. 46–47. Kiev [in Ukrainian].



- [9] Solomon, A. M., Polievoda, Yu. A. (2020). Obhruntuvannia skladu fermentovanykh produktiv z vykorystanniam roslynnykh napovniuvachiv. [Substantiation of the composition of fermented products using vegetable fillers]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. 3 (110). 126–134. [in Ukrainian].
- [10] Vlasenko, V. V., Solomon, A. N., Krizhak L. N. (2013). Razrabotka tekhnolohyi kyslomolochnykh produktov s yspolzovanyem rastytelnykh napolnytelei. [Priming the warehouse of fermented products with vicarious growing plants]. *Uzvestyia visshykh uchebnykh zavedenyi. Pyshevevaia tekhnolohyia*. 5 (6). 38–42. [in Russian].
- [11] Vlasenko, V. V., Bondar, M. M., Semko, T. V., Solomon, A. M. (2016). Funktsionalni kharchovi produkty z napovniuvachamy. [Functional food products with fillers]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. 3 (95). 106–109. [in Ukrainian].

RESEARCH OF THE PROCESS OF LOW TEMPERATURE CONCENTRATION OF FOOD RAW MATERIALS FOR ZEFIR MANUFACTURE

The article investigated the recipe composition and method of low-temperature concentration of fruit and vegetable puree with the content of components: 20% apple, 20% pumpkin, 15% beet, 15% cranberry, 15% hawthorn. Concentration of puree is carried out in a rotary evaporator to a dry matter content of 50% at a temperature of 50... 56 ° C under vacuum. At the same time, the processing time was reduced by 1... 2 min, which is many times less compared to traditional single-hull vacuum evaporators (60... 90 min). Reducing the temperature effect of concentration helps to increase the organoleptic and physicochemical parameters of the resulting paste. To establish the effect of the contribution of each component on the structure of the paste, the structural and mechanical properties of the puree of each raw material and concentrated semi-finished products were studied. The developed paste has increased strength of the structure with a value of dynamic viscosity - 394 Pa · s, which is 2.5 times more than the control sample. The developed blended fruit and vegetable paste has an increased content of physiological and functional ingredients and the best organoleptic characteristics in contrast to the control version (apple paste).

It is established that partial replacement of apple puree (up to 75%) in the prescription composition of marshmallows with the developed multi-component fruit and vegetable paste gives the product original properties. An increase in the value of the dynamic viscosity of marshmallows with a content of 75% replacement of apple puree with the developed paste compared to the control sample (marshmallows without additives) from 408 Pa · s to 908 Pa · s. The color of the marshmallow mass with 75% replacement of apple puree is bright pink with a wavelength of 596.7 nm and a brightness of 62.3%. The obtained data allow to improve the quality of original marshmallows by adding fruit and vegetable semi-finished products with increased functional properties.

Key words: *the process of low-temperature concentration, multicomponent fruit and vegetable paste, marshmallow mass, structural and mechanical properties, structure formation, food raw materials.*

Fig. 4. Tabl. 1. Ref. 11.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Полєвода Юрій Алікович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: vinyura36@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2485-0611>).

Соломон Алла Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій та мікробіології Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: Soloalla78@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2982-302X>).

Бондар Мар'яна Михайлівна – асистент кафедри харчових технологій та мікробіології Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: bondar_mar@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8154-0612>).

Yurii Polievoda– PhD, Associate Professor of the Department of technological processes and equipment for processing and food production, Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna st., 3, Vinnitsia, 21008, e-mail: vinyura36@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2485-0611>).

Alla Solomon – PhD, Associate Professor of the Department of food technology and microbiology of the Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna st., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: Soloalla78@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2982-302X>).

Mariana Bondar – assistant, department of food technologies and microbiology, Vinnitsia National Agrarian University (Sonyachna st., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: bondar_mar@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8154-0612>).