

УДК 664.292

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.7>**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ГАРБУЗОВОЇ ПЕКТИНОВОЇ ПАСТИ****Муштрук Наталія Михайлівна,**

Здобувачка ступеня доктора філософії,

<https://orcid.org/0000-0002-3292-9063>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.

Анотація. Зважаючи на зазначені переваги, використання овочево-фруктових паст з підвищеним вмістом пектину має великий потенціал у лікувально-профілактичному харчуванні. Вони не лише сприяють виведенню радіонуклідів, важких металів і токсинів з організму, але й забезпечують додаткове збагачення організму комплексом натуральних вітамінів, дубильних речовин і цукрів. Ці природні речовини сприяють поліпшенню роботи шлунково-кишкового тракту, підвищують загальний тонус організму та допомагають зміцнити імунітет. Оптимізовані технологічні процеси виробництва, зокрема гідромодуль гідролізу сировини, правильно підібрані температурні режими та методи упарювання, які забезпечують максимальну ефективність екстракції пектину із сировини. Це дозволяє досягати високої якості готового продукту з повним збереженням корисних властивостей пектинових речовин. Сучасні технологічні методи гарантують збереження максимальної кількості активних компонентів, що робить продукт ще більш цінним для споживачів. Для виробництва пектинових паст, були обрані гарбузи сортів Гляйсдорфер Олжурбіс, Гамлет, Південний, Міранда та Дана Штирійський Голонасінний. Процес гідролізу проводили з використанням молочної кислоти та сироватки, що сприяли більш швидкому проведенню процесу, та діяли як консерванти. За результатами експериментальних досліджень, встановили раціональні умови гідролізу: гідромодуль (1:14–1:17), концентрація гідролізаторів, температурний режим, час гідролізу та метод випарювання. Оцінка продукту включала аналіз вмісту сухих речовин, кольору, вмісту пектину та студнеутворювальних властивостей. Згідно з результатами експериментів, було визначено, що раціональними умовами для гідролізу гарбузової сировини є температура в межах 80°C, тривалість процесу 65 хвилин та гідромодуль 15–16. Встановлені раціональні умови випарювання у вакуумі, що дозволяють отримати високоякісну пектинову пасту з вмістом пектину 1,5% і вмістом сухих речовин в межах 70%. Розроблена спеціалізована технологія для виготовлення пектинових паст з гарбуза та іншої рослинної сировини, що дозволяє ефективно зберігати природні властивості і поживні речовини, що характерні для місцевих фруктів і овочів. Розроблено технологічну та апаратно-технологічну схеми виробництва, що будуть сприяти організації виробництва на місцевостях, де вирощуються сировини, що зменшує витрати на їх транспортування і сприяє сталому розвитку регіонів. Локалізація виробництва сприяє створенню нових робочих місць та підтримці місцевої економіки. Таким чином, використання овочево-фруктових паст з підвищеним вмістом пектину має великий потенціал для зміцнення здоров'я населення. Вони є багатим джерелом природних вітамінів та мікроелементів, які сприяють покращенню загального стану організму, підвищують імунітет та захищають від шкідливих впливів навколишнього середовища. Зростаючий попит на натуральні та здорові продукти харчування робить пектинові пасти перспективним напрямом для інвестицій та розвитку нових технологій у харчовій промисловості.

Ключові слова: гідроліз, сироватка, гідромодуль, температурний режим, вміст пектину, органолептичні властивості.

UDC 664.292

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.7>**OPTIMIZATION OF THE PUMPKIN PECTIN PASTE PRODUCTION PROCESS****Nataliia Mushtruk,***applicant for higher education with the degree of Doctor of Philosophy,**<https://orcid.org/0000-0002-3292-9063>,**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine.*

Abstract. Taking into account the mentioned advantages, the use of vegetable and fruit pastes with increased pectin content has great potential in therapeutic and preventive nutrition. They not only contribute to the removal of radionuclides, heavy metals and toxins from the body but also provide additional enrichment of the body with a complex of natural vitamins, tannins and sugars. These natural substances help to improve the work of the gastrointestinal tract, increase the general tone of the body and help strengthen the immune system. Optimized technological production processes, in particular the hydromodule of hydrolysis of raw materials, correctly selected temperature regimes and evaporation methods that ensure maximum efficiency of pectin extraction from raw materials. This makes it possible to achieve high quality of the finished product with full preservation of the beneficial properties of pectin substances. Modern technological methods guarantee the preservation of the maximum number of active components, which makes the product even more valuable for consumers. For the production of pectin pastes, Gleisdorfer Olkurbis, Hamlet, Pivdenny, Miranda and Dana Styrian Bare-seeded pumpkins were selected. The hydrolysis process was carried out using lactic acid and whey, which contributed to a faster process and acted as preservatives. According to the results of experimental studies, rational hydrolysis conditions were established: hydro modulus (1:14–1:17), concentration of hydrolyzers, temperature regime, hydrolysis time, and evaporation method. The evaluation of the product included the analysis of dry matter content, colour, pectin content and gel-forming properties. According to the results of the experiments, it was determined that the rational conditions for the hydrolysis of pumpkin raw materials are a temperature within 80°C, a duration of the process of 65 minutes and a hydromodule of 15–16. Rational conditions for evaporation in a vacuum are established, which allow obtaining high-quality pectin paste with a pectin content of 1.5% and a dry matter content within 70%. A specialized technology for the production of pectin pastes from pumpkin and other vegetable raw materials has been developed, which allows you to effectively preserve the natural properties and nutrients characteristic of local fruits and vegetables. Technological and hardware-technological production schemes have been developed, which will contribute to the organization of production in the areas where raw materials are grown, reducing transportation costs and contributing to regions' sustainable development. Localization of production contributes to the creation of new jobs and support of the local economy. Thus, the use of vegetable and fruit pastes with increased pectin content has a great potential for strengthening the health of the population. They are a rich source of natural vitamins and microelements, which contribute to the improvement of the general condition of the body, increase immunity and protect against harmful effects of the environment. The growing demand for natural and healthy food products makes pectin pastes a promising direction for investment and development of new technologies in the food industry.

Keywords: hydrolysis, serum, hydromodule, temperature regime, pectin content, organoleptic properties.

ВСТУП. В Україні, зважаючи на негативні наслідки різноманітних техногенних катастроф та бойові дії, які розвернула країна терорист, надзвичайно актуальним є питання створення та впровадження продуктів, які володіють радіозахисними та імунomodуючими властивостями (Sukhenko et al., 2019). Ці продукти необхідні для корекції патологічних змін в організмі, спричинених підвищеним рівнем радіації, а також присутністю важких металів і токсинів у навколишньому середовищі. Такі продукти повинні виконувати наступні функції: зв'язувати і виводити радіонукліди з організму, запобігати їх накопиченню, підвищувати загальну стійкість організму, а також забезпечувати антиоксидантну та антитоксичну дію (Cho et al., 2019). Це особливо важливо в умовах підвищеного радіаційного фону, коли часто спостерігається порушення процесів перекисного окиснення ліпідів та зниження імунітету (Çilingir et al., 2021; Mushtruk and Mushtruk, 2023).

В умовах підвищеного радіаційного фону вкрай важливо, щоб такі продукти не лише допомагали виводити шкідливі речовини, але й сприяли загальному зміцненню здоров'я. Вони повинні бути здатні нейтралізувати вільні радикали та підтримувати антиоксидантний баланс в організмі. Продукти з високим вмістом біологічно активних речовин можуть також стимулювати відновлення клітин і тканин, що підвищує загальну резистентність до негативних впливів навколишнього середовища (Güzel et al., 2019).

Вищезазначені продукти повинні бути доступними та зручними для щоденного вживання, щоб максимально спростити інтеграцію корисних звичок у повсякденне життя населення. Сучасні технології дозволяють створювати різноманітні форми таких продуктів – від соків і напоїв до паст і порошків, що робить їх зручними для різних вікових груп та стилів життя (Guo et al., 2020).

Впровадження таких інноваційних харчових продуктів сприятиме не лише зміцненню здоров'я окремих осіб, але й поліпшенню загального стану здоров'я населення, підвищенню якості життя та стійкості до екологічних викликів. Це стратегічно важливий напрямок, що вимагає комплексного підходу та тісної співпраці між науковцями, виробниками та державними органами для забезпечення ефективної реалізації та доступності таких продуктів.

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. В різних країнах активно вивчаються можливості використання радіопротекторних добавок, таких як адаптогени, антиоксиданти, імунomodulators та сорбенти, для попередження захворювань. Зокрема, висвітлюється важливість продуктів і добавок на основі рослинної сировини, які включають овочі, ягоди, лікарські та пряно-ароматичні рослини та їх концентрати (Kazemi et al., 2019).

Пектинові речовини, які входять до складу клітинних стінок рослин, відомі вже більше двох століть і є гетерополісахаридами, що складають до 52% клітинної маси (Palamarchuk et al., 2022). Їх використання потенційно може сприяти утворенню продуктів із збереженням нативних властивостей рослинної сировини та високим вмістом пектину, які можуть мати радіопротекторні властивості (Acosta et al., 2020). Проте важливо враховувати, що під час термічної обробки пектин може руйнуватися, що призводить до зниження його корисних властивостей у зв'язуванні радіонуклідів, важких металів і токсинів.

Харчові волокна, до яких відносяться і пектини, займають важливе місце у харчуванні людини, оскільки вони сприяють зниженню калорійності раціону, покращують роботу кишечника та регулюють харчові процеси. Крім того, вони мають здатність адсорбувати токсичні речовини, що робить їх корисними в умовах підвищеного радіаційного фону (Zheplinska et al., 2021).

Пектини відзначаються активною здатністю до комплексоутворення з іонами різних важких металів і радіоактивними елементами, такими як кобальт, стронцій, цезій та інші, що забезпечує їх ефективне видалення з організму (Picot-Allain et al., 2022). Важливим аспектом є також розробка оптимальних технологічних умов для виділення пектинових речовин з рослинної сировини, що включає підбір гідролітичних агентів, оптимальні умови

температури і тривалості гідролізу, що забезпечує максимальне збереження корисних властивостей продукту (Li et al., 2022).

Метою подальших досліджень є розробка ефективної технології та малогабаритної виробничої лінії для виготовлення концентрованих гарбузово-пектинових паст, які зберігають усі поживні речовини рослин та мають властивості виводити з організму радіонукліди, важкі метали та токсини.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Пектинові пасту виготовляли з гарбузів сортів Гляйсдорфер Олжурбіс (Голландія), Гамлет (Україна), Південний (Україна), Міранда (Польща) та Дана Штирійський Голонасінний (Австрія), які відомі за рахунок високого вмісту пектину. У ході досліджень застосовували метод приготування паст, що містять пектин, шляхом гідролізу рослинної сировини молочною кислотою та сироваткою. Молочна кислота і сироватка не тільки сприяють гідролізу, але й виконують роль консервантів, що подовжують термін зберігання продукту (Selvendran, 1985).

Оптимальні умови гідролізу визначали за п'ятьма ключовими параметрами:

Вибір гідромодуля: співвідношення твердої до рідкої фази під час гідролізу, яке впливає на ефективність процесу. Досліджували діапазон гідромодулів від 1:14 до 1:17, за якого рідка фаза повністю покривала рослинну сировину, забезпечуючи ефективний контакт і повне відновлення пектину.

Вибір концентрації гідролізаторів: концентрація молочної кислоти і сироватки, які використовувалися для гідролізу, була важливим фактором, що визначає кінцеву якість продукту.

Вибір температурних умов: температурний режим під час гідролізу мав значний вплив на швидкість і повноту процесу. Було досліджено кілька температурних режимів для визначення оптимального.

Вибір часу гідролізу: час, протягом якого відбувався гідроліз, також був важливим параметром, оскільки занадто тривалий чи короткий процес може негативно вплинути на якість пектинових паст.

Вибір методу випарювання: метод випарювання залишкової вологи після гідролізу впливав на консистенцію та концентрацію кінцевого продукту.

Оцінку отриманого продукту проводили за кількома критеріями, включаючи колір, смак, вміст пектину та студнеутворювальні властивості:

вміст сухих речовин визначали за ДСТУ 4306:2004;

оцінку критерію кольору та концентрації проводили відповідно до ДСТУ ISO 11296-3:2019;

вміст пектину в пасті визначали за ДСТУ ISO 762:2000;

студнеутворювальну здатність та наявність неперетворених частинок визначали за ДСТУ 3324-96.

Це дозволяло визначити найкращі умови для отримання високоякісних пектинових паст.

За аналогією зі способом отримання пектину шляхом гідролізу кислотних залишків буряків (Bédouet et al., 2003), було випробувано гідромодуль процесу (ГМ) у діапазоні 1:14 ÷ 1:17. Рідка фаза повністю покривала рослинну сировину, що при перемішуванні реакційної маси забезпечувало повне відновлення пектину. За даними (Zheplinska et al., 2022), гарбуз попередньо подрібнювали, після чого гідролізували розчином молочної кислоти, додавали цукровий сироп і випарювали. Цей підхід дозволив отримати продукт з високим вмістом пектину та відмінними органолептичними властивостями.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Гідроліз гарбузової сировини здійснювали при температурі 80–85°C протягом 60–65 хвилин з гідромодулем (ГМ) 15–16. Після додавання цукрового сиропу суміш випаровувалась на водяній бані при температурі 90–95°C протягом

60–70 хвилин до досягнення концентрації сухих речовин 68–70%. Альтернативно, випаровування можна проводити у вакуумі при температурі 70–80°C.

Температура та тривалість гідролізу є критичними факторами, що впливають на якість кінцевого продукту. При температурі нижче 80°C вміст і здатність пектину до студнеутворення значно знижуються, тоді як при температурі понад 85°C спостерігається руйнування молекул пектину, що негативно впливає на якість продукту. Оптимальною є температура гідролізу 80–85 °C, яка забезпечує високий вміст пектину та добру желеподібну здатність.

Тривалість гідролізу також є важливим параметром для забезпечення якості продукту. Гідроліз тривалістю 60–65 хвилин дозволяє досягти повного вилучення пектину з сировини, забезпечуючи найвищу якість кінцевого продукту.

Співвідношення між рідкою та твердою фазами реакційної суміші, тобто гідромодуль, відіграє важливу роль у процесі виробництва гарбузової пектинової пасти. При гідромодулі нижче 15 не досягається повне видалення пектину, а при ГМ понад 16 якість продукту знижується. Оптимальним є ГМ 15–16.

Процес випарювання також суттєво впливає на якість кінцевого продукту. При низьких температурах і тривалому випаровуванні продукт залишається рідким, а при високих температурах він стає занадто густим і темним. Найкраща якість досягається при випарюванні на водяній бані при температурі 90–95°C протягом 60–70 хвилин до вмісту сухих речовин 68–70%, а також при випарюванні у вакуумі при температурі 70–80°C. Випаровування при температурі нижче 70°C у вакуумі дає рідкий продукт, а при температурі понад 80°C продукт стає занадто густим і темним.

Технологічний процес виготовлення пасти включає наступні етапи: сортування гарбуза за якістю, миття, видалення плодоніжок, розрізання, видалення насіння і м'якоті, та подрібнення. Молочну кислоту розчиняють у теплій воді до потрібної концентрації, і подрібнену масу завантажують у гідролізатори, додаючи розчин молочної кислоти для забезпечення гідромодуля 15–16.

Гідроліз проводиться при температурі 80–85°C протягом 60–65 хвилин. Після цього в той же апарат додають цукровий сироп і випаровують на водяній бані при температурі 90–95°C протягом 60–70 хвилин у вакуумі до вмісту сухих речовин 68–70%, забезпечуючи задовільні органолептичні показники.

Отримана паста має золотисто-абрикосовий колір, приємний смак і запах, містить в середньому 1,5% пектину, містить 68–70% сухих речовин і має відповідні органолептичні показники. Завдяки консервуючій дії молочної кислоти і цукру, пасту можна зберігати при температурі від +4 до +18°C протягом календарного року.

На основі проведених досліджень було розроблено технологічну схему одержання пектинових паст із рослинної сировини (рис. 1).

Інші приклади реалізації запропонованої технології виробництва пектинових паст наведені в таблиці 1.

З таблиці 1 видно, що найкращі результати спостерігаються в способі технології, що застосовуються при нормальному тиску, зокрема варіанти 2–4. Ці варіанти характеризуються використанням оптимальних параметрів гідролізу: температура 80–85°C протягом 60–65 хвилин і гідромодуль НМ = 15–16. Такі умови сприяють повному вилученню пектину з рослинної сировини і забезпечують високу якість готового продукту.

У контексті альтернативи, варіант виробництва пасти у вакуумі (варіант 6) демонструє високу ефективність, забезпечуючи продукт із збереженням високої студнеутворювальної здатності та золотистим кольором. Вакуумне випаровування дозволяє досягти більшої концентрації сухих речовин (68–70%) при більш низьких температурах, що сприяє збереженню органолептичних властивостей продукту.

Наукове обґрунтування проведених досліджень підтверджує, що використання оптимальних умов гідролізу та випаровування є критичним для забезпечення якісних

характеристик пектинової пасти. Висока температура гідролізу (80–85°C) сприяє максимальному вилученню пектину, тоді як низька температура випаровування (90–95°C) у вакуумі дозволяє уникнути перегріву продукту і знижує його термічне вплив на органолептичні властивості.

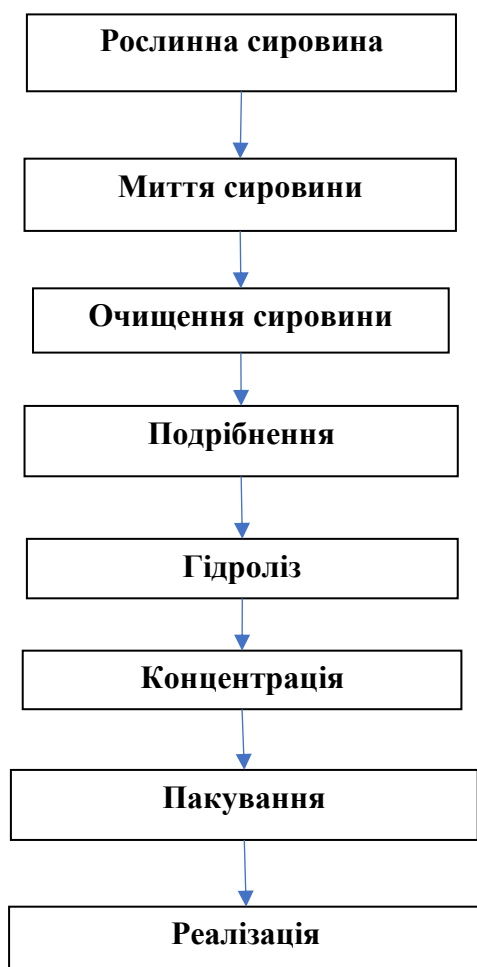


Рисунок 1. Схема технологічного процесу виробництва пектинових паст

Примітка: авторська розробка

Таблиця 1. Варіанти технологічного процесу виробництва та якісні характеристики пектинових паст

Характеристика технологічних умов і паст	Одиниця виміру	Варіант технології					
		1	2	3	4	5	6
Гідромодуль	ГМ	14	15	15	16	17	15
Температура гідролізу	°C	75	80	82	85	90	82
Тривалість гідролізу	хв.	50	60	62	65	70	62
Температура випаровування на водяній бані	°C	85	90	92	95	100	80
Тривалість гідролізу	хв.	50	60	62	65	70	62
Температура випаровування на водяній бані	°C	85	90	92	95	100	80
Тривалість випаровування	хв.	50	60	65	70	80	60
Вміст пектину в пасті	%	0,3	1,3	1,5	1,5	0,4	1,4

Консистенція		Рідина	Норма	Норма	Норма	Густий	Норма
Колір		Світло-жовтий	Світлий абрикос	Абрикос	Абрикос	Коричневий	Абрикос
Наявність неперетравлених частинок		Так	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні
Студнеутворювальна здатність	мм Нг.	315	362	378	365	310	370
Вміст сухих речовин	%	61	68	69	70	74	69

Примітка: авторська розробка

Розроблена апаратно-технологічна схема лінії для виробництва пектинових паст (рис. 2) заснована на врахуванні цих наукових принципів і може ефективно використовуватись для місцевої переробки овочів, фруктів і ягід, що сприяє зменшенню експлуатаційних витрат і зберігає органолептичні властивості сировини.

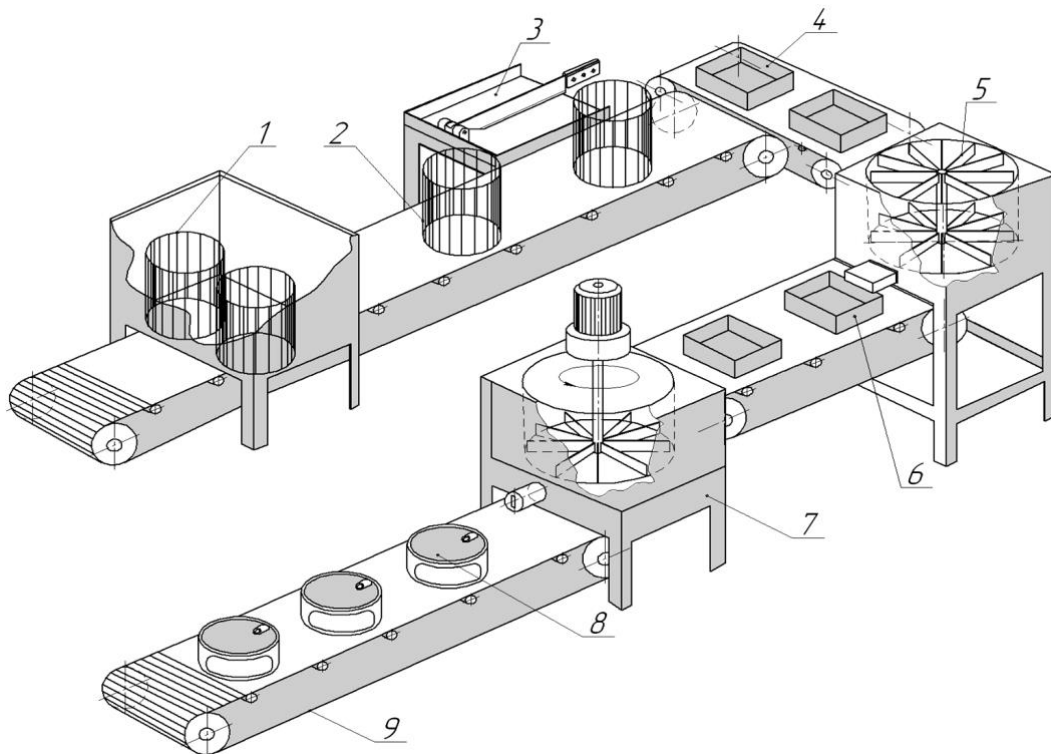


Рисунок 2. Апаратно-технологічна схема малогабаритної лінії виробництва пектинових паст: 1 – мийна установка, 2, 8 – тара, 3 – стіл для подрібнення, 4, 6 – лотки, 5 – подрібнювач, 7 – вакуумний гідролізатор-випарник, 9 – транспортер.

Примітка: авторська розробка

Лінія обробки працює в такому порядку: сировина надходить до мийної машини (1), після чого через конвеєр потрапляє до ємності (2), де відбувається подрібнення великогабаритної рослинної сировини, наприклад, гарбуза. Подрібнена сировина направляється в лотки (4), які потім подаються в подрібнювач (5). Після подрібнення у лотках (6) сировина надходить до вакуумного гідролізер-випарника (7), після чого упаковується в тару (8) і транспортується на конвеєр (9) для маркування та зберігання готової продукції.

Отримана продукція використовується як профілактичне харчування або виробництво карамелі, мармеладу, пряників та інших харчових продуктів. Дослідження, проводились в лабораторних умовах кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України, підтвердили, що продукція відповідає ДСТУ 6088:2009 за фізико-хімічними, мікробіологічними та безпековими показниками і може бути використана для профілактичного харчування та лікування населення.

Пасти високим вмістом пектину покращують моторно-евакуаторну функцію кишечника, збільшує жовчовиділення та сприяє кращому перетравленню їжі. Пектини здатні сорбувати різні ендо- та екзогенні токсини, такі як важкі метали, миш'як, пестициди та радіонукліди, що сприяє їх виведенню з організму людини.

У наукових працях (Fishman et al., 2019; Colodel et al., 2020) було описано процес аналізу біохімічних змін у ступені етерифікації пектинових речовин в яблучному пюре. Для зниження ступеня етерифікації використовували ферментні препарати, зокрема пектинметилестерази рослинного походження. Отримані значні результати щодо технологічних параметрів желе з яблучного пюре підтверджують високу якість продукту з точки зору технологічних властивостей. Проте слід зазначити, що використання ферментів є досить витратним процесом, і авторам було б корисно включити інформацію про вартість готового продукту.

Статті авторів (Chen et al., 2019; Bashta et al., 2021) присвячені дослідженням методів вилучення пектину з картопляної мезги, яка залишається у великій кількості на крохмальних заводах. Досліджено ефективність гідролізу картопляної сировини за допомогою різних реагентів, включаючи мінеральні кислоти та ферментні препарати. Статистичне оброблення експериментальних даних дозволило визначити оптимальні параметри процесу гідролізу та екстрагування картопляного пектину. За допомогою методу ІЧ-спектроскопії було досліджено структуру та властивості отриманого пектину. Встановлено, що пектин, отриманий з картоплі, є високо етерифікованим, але містить значну кількість баластних речовин та має низьку драглеутворювальну здатність. Мікрофотографія показала, що зразки пектину містять крохмальні зерна, які екстрагуються разом із пектиновими речовинами і осаджуються етанолом. Автори зазначають, що використання ферментів для гідролізу сировини підвищує чистоту пектину, проте не надали інформації щодо вартості цього реагенту чи економічних та енергетичних показників, необхідних для повної оцінки витрат на виробництво.

В ряді статей (Hosseini et al., 2020; Vásquez et al., 2022; Dao et al., 2021) представлені результати досліджень екстракції пектинових речовин за допомогою 5% розчину лимонної кислоти, а також досліджено різні системи екстракції з різними температурними режимами та часовими параметрами. Автори встановили, що найменший вихід пектину був отриманий при екстракції протягом 30 хвилин за температури 55°C. Водночас при екстракції протягом 60 хвилин за температури 100°C вихід пектину досяг максимуму – 17,1%, що перевищує результати екстракції за допомогою бурштинової кислоти на 0,8–2,1%. Однак, як і в попередніх дослідженнях, автори не вказали собівартість кінцевого продукту та не проводили органолептичну оцінку.

Авторами наукових рукописів (Palamarchuk et al., 2020; Wang et al., 2019; Souza et al., 2020) досліджено зміни фізико-хімічних властивостей пектину під впливом збільшення температури екстракції. Встановлено, що оптимальними параметрами для екстракції пектину з використанням лимонної кислоти є температура 100°C і час експозиції 60 хвилин. Автори

стверджують, що отримані результати можуть бути корисними для впровадження на підприємствах з переробки для оптимізації процесів отримання пектину як побічного продукту. На нашу думку, авторам варто представити нормативно-технічну документацію, наприклад технічні умови, для підтвердження отриманих результатів.

Отже, перспективи майбутніх досліджень у галузі оптимізації процесу виробництва гарбузової пектинової пасти можна розвивати за наступними напрямками:

Оптимізація умов екстракції: вивчення впливу різних параметрів екстракції (температура, рН, час) на вихід та якість пектинової пасти з гарбузів.

Використання нових лізуючих агентів: дослідження ефективності і безпечності інших лізуючих розчинів (наприклад, органічні кислоти, ферментні препарати) для екстракції пектину з гарбузів.

Фізико-хімічні властивості пектина: вивчення структури та фізико-хімічних властивостей гарбузового пектина, включаючи ІЧ-спектроскопію та мікроструктурний аналіз.

Біотехнологічні підходи: використання біотехнологічних методів для поліпшення вихідної якості та економічної ефективності процесу виробництва гарбузової пектинової пасти.

Аплікаційні властивості: вивчення можливостей застосування гарбузової пектинової пасти в харчовій промисловості (наприклад, як стабілізатор, загусник або функціональний інгредієнт).

Економічна оцінка: проведення комплексної економічної оцінки оптимізованого процесу виробництва гарбузової пектинової пасти, включаючи витрати на сировину, енергію та обладнання.

Ці напрямки досліджень можуть сприяти подальшому розвитку та вдосконаленню технологій виробництва гарбузової пектинової пасти з метою підвищення її конкурентоспроможності та застосування в промислових умовах.

ВИСНОВКИ. Гарбузово-пектинові пасти є цілісним харчовим продуктом, який зберігає всі природні властивості початкової сировини. Вони ефективно сприяють виведенню радіонуклідів, важких металів та токсинів з організму, що робить їх важливим елементом для підтримки здоров'я.

За результатами експериментальних досліджень, встановлено раціональні умови для гідролізу гарбузової сировини (температура 80-85°C, тривалість 60-65 хвилин, гідромодуль 15-16) та випарювання (90-95°C на водяній бані або 70-80°C у вакуумі) забезпечують високу якість пектинової пасти з вмістом пектину 1,5% і сухих речовин 68-70%.

Розроблені технологічні та апаратно-технологічні схеми виробництва пектинових паст дозволяють організувати їх виготовлення безпосередньо в місцях, де вирощується сировина. Це значно зменшує витрати на транспортування і підвищує ефективність використання ресурсів, сприяючи економічній доцільності виробництва.

Завдяки високому вмісту пектину, пектинові пасти сприяють покращенню травлення і можуть бути корисними для людей із проблемами шлунково-кишкового тракту. Пектин також допомагає знижувати рівень холестерину в крові, що робить цей продукт корисним для підтримки здоров'я серцево-судинної системи. Виробництво гарбузово-пектинових паст дозволяє ефективно використовувати гарбузову сировину, яка часто залишається невикористаною. Це сприяє зменшенню харчових відходів і підтримці екологічної стійкості, одночасно забезпечуючи споживачів корисним та смачним продуктом.

Успішна комерціалізація цього продукту може сприяти розвитку місцевих фермерських господарств і створенню нових робочих місць, що позитивно вплине на економіку регіону.

References

- Acosta, P. I., Campedelli, R. R., Correa, E. L., Bazani, H. A., Nishida, E. N., Souza, B. S., & Mora, J. R. (2020). Efficient production of biodiesel by using a highly active calcium oxide prepared in the presence of pectin as a heterogeneous catalyst. *Fuel*, 271, 117651. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117651>
- Bashta, A., Ivchuk, N., Stetsenko, N., & Bashta, O. (2021). Rationale of fruit and berry raw materials choice to increase the confectionery's nutritional value. *Ukrainian Journal of Food Science*, 9, 103-115. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2021-9-1-10>
- Bédouet, L., Courtois, B., & Courtois, J. (2003). Rapid quantification of O-acetyl and O-methyl residues in pectin extracts. *Carbohydrate Research*, 338(4), 379-383. [https://doi.org/10.1016/s0008-6215\(02\)00500-1](https://doi.org/10.1016/s0008-6215(02)00500-1)
- Chen, H., Niu, H., Zhang, H., Yun, Y., Chen, W., Zhong, Q., ... & Fu, X. (2019). Preparation and properties of ferulic acid-sugar beet pulp pectin ester and its application as a physical and antioxidative stabilizer in a fish oil-water emulsion. *International journal of biological macromolecules*, 139, 290-297. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.222>
- Cho, E. H., Jung, H. T., Lee, B. H., Kim, H. S., Rhee, J. K., & Yoo, S. H. (2019). Green process development for apple-peel pectin production by organic acid extraction. *Carbohydrate polymers*, 204, 97-103.
- Çilingir, S., Goksu, A., & Sabanci, S. (2021). Production of pectin from lemon peel powder using an ohmic heating-assisted extraction process. *Food and bioprocess technology*, 14(7), 1349-1360. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02636-9>
- Colodel, C., Vriesmann, L. C., Teófilo, R. F., & de Oliveira Petkowicz, C. L. (2020). Optimization of acid-extraction of pectic fraction from grape (*Vitis vinifera* cv. Chardonnay) pomace, a Winery Waste. *International journal of biological macromolecules*, 161, 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.272>
- Dao, T. A. T., Webb, H. K., & Malherbe, F. (2021). Optimization of pectin extraction from fruit peels by response surface method: Conventional versus microwave-assisted heating. *Food Hydrocolloids*, 113, 106475. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106475>
- DSTU 3324-96. Pectins. Specifications. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU 4306:2004. Products of fruit and vegetable processing. Methods for determining the dry matter content. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU 4880:2007. Products of fruit and vegetable processing. Methods of quality determination. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU 6088:2009. Pectin. Specifications. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU ISO 11296-3:2019. Products of fruit and vegetable processing. Methods of color determination. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU ISO 762:2000. Methods for determining the indirect content of pectin (determination of indirect parameters). *Quality management systems – Requirements*.
- Fishman, M. L., Chau, H. K., Hotchkiss Jr, A. T., White, A., Garcia, R. A., & Cooke, P. H. (2019). Effect of long-term cold storage and microwave extraction time on citrus pectin's physical and chemical properties. *Food Hydrocolloids*, 92, 104-116. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.047>
- Guo, Q., Su, J., Shu, X., Yuan, F., Mao, L., Liu, J., & Gao, Y. (2020). Production and characterization of pea protein isolate-pectin complexes for delivery of curcumin: Effect of esterified degree of pectin. *Food Hydrocolloids*, 105, 105777. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105777>
- Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioproducts Processing*, 115, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.009>
- Hosseini, S., Parastouei, K., & Khodaiyan, F. (2020). Simultaneous extraction optimization and characterization of pectin and phenolics from sour cherry pomace. *International journal of biological macromolecules*, 158, 911-921. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.241>

Kazemi, M., Khodaiyan, F., Hosseini, S. S., & Najari, Z. (2019). An integrated valorization of industrial waste of eggplant: Simultaneous recovery of pectin, phenolics and sequential production of pullulan. *Waste Management*, 100, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.013>

Li, Q., Yao, S., Deng, L., & Zeng, K. (2022). Changes in biochemical properties and pectin nanostructures of juice sacs during the granulation process of pomelo fruit (*Citrus grandis*). *Food Chemistry*, 376, 131876. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131876>

Mushtruk, N., & Mushtruk, M. (2023). Analysis of the raw material base for pectin production. *Animal Science and Food Technology*, 14(2), 57-75. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.57>

Palamarchuk, I., Mushtruk, M., Sukhenko, V., Dudchenko, V., Korets, L., Litvinenko, A., Deviatko, O., Ulianko, S., & Slobodyanyuk, N. (2020). Modelling of the process of vibromechanical activation of plant raw material hydrolysis for pectin extraction. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* (Vol. 14, pp. 239–246). HACCP Consulting. <https://doi.org/10.5219/1305>

Palamarchuk, I., Zozulyak, O., Mushtruk, M., Petrychenko, I., Slobodyanyuk, N., Domin, O., Udodov, S., Semenova, O., Karpovych, I., & Blishch, R. (2022). The intensification of the dehydration process of pectin-containing raw materials. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* (Vol. 16, pp. 15–26). HACCP Consulting. <https://doi.org/10.5219/1711>

Picot-Allain, M. C. N., Ramasawmy, B., & Emmambux, M. N. (2022). Extraction, characterisation, and application of pectin from tropical and sub-tropical fruits: a review. *Food Reviews International*, 38(3), 282-312. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1733008>

Selvendran, R. R. (1985). Developments in the chemistry and biochemistry of pectic and hemicellulosic polymers. *Journal of Cell Science*, 1985(Supplement_2), 51-88.

Souza, S. V. D. S., Jordão, C., Zampieri, D., Spontoni do Espírito, B., Leite, J., Guercio, A. C., & de Oliveira, W. (2020). El consumo de la polidextrosa previene la obesidad y sus comorbilidades en ratas alimentados con dieta hipercalórica. *Revista chilena de nutrición*, 47(1), 6-13. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000100006>

Sukhenko, Y., Mushtruk, M., Vasylyv, V., Sukhenko, V., & Dudchenko, V. (2019). Production of Pumpkin Pectin Paste. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 805–812). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_80

Vásquez, P., Vega-Gálvez, A., & Bernal, C. (2022). Production of antioxidant pectin fractions, drying pretreatment methods and physicochemical properties: towards pisco grape pomace revalue. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5), 3722-3734. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01482-3>

Wang, R., Liang, R., Dai, T., Chen, J., Shuai, X., & Liu, C. (2019). Pectin-based adsorbents for heavy metal ions: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 319-329. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.033>

Zheplinska, M., Mushtruk, M., Vasylyv, V., Kuts, A., Slobodyanyuk, N., Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Kokhan, O., Reznichenko, Y., & Salavor, O. (2021). The micronutrient profile of medicinal plant extracts. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 528–535. <https://doi.org/10.5219/1553>

Zheplinska, M., Vasylyv, V., Deviatko, O., Ulianko, S., & Kanivets, N. (2022). Research of Wheat Fiber with Pumpkin Pectin Plant Additive. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 237–246). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06044-1_23

Отримано 03.07.2024 р., прийнято до публікації 07.08.2024 р.