

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-2-34>

УДК 664.8:664.69

А. В. Антоненко, к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0001-9397-1209

Л. В. Баль-Прилипка, д.т.н., професор

ORCID: 0000-0002-9489-8610

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: artem.v.antonenko@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКІВ З БАКЛАЖАНІВ

Анотація. У роботі науково обґрунтовано актуальність і практичну доцільність виробництва функціональних харчових порошків з баклажанів як ефективного способу збагачення раціону біологічно активними сполуками, зниження сезонних втрат сировини та раціонального використання некондиційної продукції. Баклажан є низькокалорійним овочем (вміст води $\approx 91\%$), з глікемічним індексом 20 та збалансованим складом: білки – 1,2 г, жири – 0,1 г, вуглеводи – 4,8 г, вітаміни РР – 0,6–0,8 мг, В₁ – 0,04 мг, В₂ – 0,05 мг, макроелементи К – 235–245 мг, Са – 15–16 мг, Р – 34–35 мг, мікроелементи Fe – 0,4 мг, Mn – 0,21 мг (на 100 г свіжої маси), полісахариди (крохмаль 0,8–0,9 г, клітковина 2,5–3,5 г, пектини 0,8–1,4 г/100 г). Розроблено енерго- та ресурсозберігаючу технологію виробництва порошків, яка включає: миття, нарізання скибками 3–5 мм, бланшування в 1 %-му розчині NaCl з додаванням лимонної кислоти (5–10 хв), інфрачервоне сушіння при 50–60 °С до залишкової вологості $\leq 10\%$, подрібнення та фракціонування. Порівняно з конвективним методом тривалість зневоднення скорочено вдвічі, забезпечено інактивацію окиснювальних ферментів, збереження світлого кольору та отримання високоякісного продукту. У готових порошках концентрація мінеральних елементів зросла у 2,5–3,2 раза (Са – $48,5 \pm 2,0$; К – $740,4 \pm 2,0$; Р – $98,8 \pm 1,5$; Mg – $26,2 \pm 2,0$; Fe – $1,7 \pm 0,5$ мг/100 г), вміст водорозчинних вітамінів – більш ніж у 10 разів (В₁ – $0,40 \pm 0,01$; В₂ – $0,50 \pm 0,06$; РР – $5,22 \pm 0,10$ мг/100 г). За безпековими характеристиками відповідає нормативним вимогам: токсичні елементи (Pb $\leq 0,1$ мг/кг, Cd і As не виявлено), мікробіологічні показники (КУО $< 10^1$ КУО/г, патогенна мікрофлора відсутня). Дослідження регідратаційних властивостей показало, що максимальна в'язкість і коефіцієнт набрякання (до 4,7) досягаються при температурі води 45–60 °С, тривалості 10–15 хв та гідромодулі 1:3–1:4. За цих умов відновлене пюре за реологічними та органолептичними властивостями практично не відрізняється від свіжого. Отримані порошки є концентрованим джерелом калію, магнію, заліза, вітамінів групи В і РР, мають термін зберігання 12 місяців при звичайних умовах, легко транспортуються та дозуються. Їх використання як функціональної добавки дозволяє цілеспрямовано формувати консистенцію, колір, аромат і смак готових страв, скорочувати час технологічного циклу та розширювати асортимент продуктів здорового харчування. Результати роботи створюють науково-практичну основу для промислового впровадження виробництва функціональних порошків з баклажанів.

Ключові слова: порошок з баклажанів, харчові порошки, технологія, функціональний продукт, оздоровчий продукт, дієтичні добавки, технологія, органолептичні показники, харчова цінність, безпечність продукції

Постановка проблеми. Світова наука одностайно визначає харчування як основний фактор, що забезпечує організм людини енергією, пластичним матеріалом для відновлення тканин і біологічно активними речовинами, які регулюють метаболічні процеси. У сучасному світі однією з найбільш актуальних проблем залишається дефіцит високоякісних продуктів харчування, здатних повноцінно задовольняти фізіологічні потреби населення в макро- й мікронутрієнтах. З огляду на погіршення екологічної ситуації та зростання техногенного навантаження на організм, щоденне харчування обов'язково має містити фізіологічно значущі кількості сполук із вираженою біологічною активністю: розчинні й нерозчинні харчові волокна, пектинові речовини, поліфенольні антиоксиданти, аскорбінову кислоту, каротиноїди та інші вітаміноподібні

компоненти. Це стимулює розвиток технологій збагачення харчових продуктів натуральними функціональними інгредієнтами рослинного походження, які дозволяють не лише усунути дефіцит окремих нутрієнтів, але й суттєво підвищити адаптаційні можливості організму до дії стресових факторів довкілля. Найбагатшим і найбільш доступним природним джерелом біологічно активних речовин є плоди, овочі та ягідні культури. На сьогодні особливого значення набуває цілеспрямований пошук і наукове обґрунтування використання рослинної сировини, що володіє оптимальним комплексом технологічних і функціональних характеристик. Такий підхід створює реальні передумови для розширення номенклатури продуктів харчування, цілеспрямованого покращення їх смако-ароматичного профілю, реологічних властивостей, стабільності структури, а також підвищення рівня мікробіологічної безпеки та загальної біологічної цінності готової продукції.

Аналіз останніх досліджень. Створення енерго- та ресурсоефективних технологій виробництва харчових порошків із плодово-овочевої та ягідної сировини на сьогодні є одним із пріоритетних напрямів харчової науки й промисловості, оскільки такі продукти дають змогу забезпечувати населення повноцінним і фізіологічно збалансованим харчуванням протягом усього року. Основна технологічна цінність порошкоподібних концентратів полягає в їхній високій швидкості регідратації: відновлені з порошків пюре, соки чи напої за органолептичними, реологічними та поживними характеристиками лише незначно поступаються свіжоприготовленим аналогам із необробленої сировини.

У низці досліджень уже запропоновано перспективні режими сушіння. Зокрема, встановлено, що комбіноване конвективно-контактне сушіння капусти за температур 50–70 °C забезпечує вищу збереженість біологічно активних речовин і кращі структурно-механічні властивості сухого продукту порівняно з традиційними промисловими зразками. Окремі роботи присвячено оптимізації сушіння яблучної сировини з акцентом на максимальне збереження аскорбінової кислоти, поліфенолів і пектину. Розроблено також промислові лінії для отримання широкого асортименту сушених овочевих, плодових і ягідних порошків із гарантовано високими споживчими характеристиками. Проте більшість існуючих технологій мають спільні суттєві недоліки: значні габаритні розміри сушильних установок, високу енергоємність процесів і тривалість циклів зневоднення, що суттєво обмежує їхню економічну ефективність.

Залежно від фізичного механізму передачі тепла до матеріалу розрізняють конвективний, контактний (кондуктивний), радіаційний (інфрачервоний), сублімаційний і діелектричний (НВЧ- та СВЧ-) способи сушіння. У сучасному промисловому виробництві сушеної рослинної сировини домінують конвективні й контактні сушарки завдяки їхній універсальності та можливості точного регулювання температурно-часових параметрів під конкретний вид сировини, що дозволяє отримувати продукцію стабільно високої якості. Водночас саме ці методи характеризуються найбільшим енергоспоживанням, значними тепловими втратами, громіздкістю обладнання та тривалістю процесу, що в умовах зростання вартості енергоносіїв робить пошук альтернативних, більш ефективних технологій зневоднення надзвичайно актуальним завданням.

Контактне (кондуктивне) сушіння реалізується шляхом передачі тепла від гарячої поверхні через теплопровідну стінку безпосередньо до шару матеріалу. Такий спосіб добре зарекомендував себе при зневодненні пюреподібних, пастоподібних або рідких продуктів, однак для цільних шматочків овочів чи фруктів його ефективність суттєво знижується через низьку теплопровідність самої сировини та обмежену площу контакту. Саме тому контактні сушарки практично не застосовують для отримання порошків із більшості видів неподрібненої рослинної сировини.

Значно перспективнішим вважається інфрачервоне (радіаційне) сушіння, яке завдяки проникненню електромагнітних хвиль середнього діапазону в товщу матеріалу забезпечує інтенсивний і рівномірний нагрів по всьому об'єму. Це дозволяє скоротити тривалість процесу



в 2–4 рази порівняно з конвективними методами, мінімізувати термічну деструкцію термолабільних сполук (вітаміну С, поліфенолів, антоціанів) і сформувати високопористу структуру сухого продукту, що позитивно позначається на швидкості та повноті подальшої регідратації.

Центральним науково-практичним завданням залишається обґрунтований вибір методу зневоднення для кожного конкретного виду сировини з урахуванням її морфологічних, хімічного складу та фізико-хімічних особливостей. Баклажан, як об'єкт дослідження, вирізняється високим початковим вмістом води (до 92–94 %), значною часткою м'якуша з низькою щільністю, присутністю фенольних сполук, схильних до ферментативного та неферментативного окиснення, а також специфічним комплексом розчинних і протопектинових речовин. Усе це зумовлює необхідність детального вивчення поведінки сировини під час сушіння та визначення раціональних технологічних режимів, які забезпечать максимальне збереження біологічно активних компонентів і формування бажаних споживчих властивостей порошку. Тому надзвичайно актуальним є комплексний аналіз товарознавчих і фізико-хімічних характеристик свіжих баклажанів, дослідження динаміки фізико-хімічних перетворень у процесі різних способів зневоднення та встановлення оптимальних параметрів отримання порошків із високими функціонально-технологічними й органолептичними показниками. Лише на основі таких даних можна науково обґрунтувати доцільність і економічну ефективність впровадження промислового виробництва сушених порошків із баклажанів як цінного функціонального інгредієнта або самостійного продукту здорового харчування.

Формулювання мети статті. Метою проведеного дослідження було наукове обґрунтування ресурсоефективної технології отримання високоякісних харчових порошків із баклажанів, а також всебічна характеристика їхніх функціонально-технологічних, поживних і безпекових властивостей.

Для досягнення мети було сформульовано та послідовно вирішено такі дослідницькі завдання:

- провести детальний аналіз товарознавчих, морфологічних і фізико-хімічних характеристик свіжих баклажанів як сировини;
- обґрунтувати оптимальну схему підготовчих і основних технологічних операцій перед і під час зневоднення;
- встановити особливості протікання процесів сушіння баклажанів залежно від обраного способу та режимів;
- визначити харчову та біологічну цінність отриманих порошків;
- дати комплексну оцінку органолептичних, фізико-хімічних, реологічних показників і мікробіологічної безпеки готової продукції.

Усі аналізи проводилися із застосуванням стандартизованих і загальновизнаних методик, що забезпечило достовірність і відтворюваність результатів. Хімічний склад сировини та порошків визначали за чинними державними стандартами (ГОСТ 8756.1-2017, ГОСТ 26183-84, ГОСТ 26313-84 та ГОСТ 33320-2015):

- масову частку води встановлювали термогравіметричним методом при 105 °С до постійної маси;
- вміст сирого жиру визначали екстракційно-ваговим методом у апараті Сокслета з використанням петролейного ефіру;
- вміст сирого протеїну розраховували за К'ельдалем з коефіцієнтом перерахунку загального азоту 6,25;
- зольність визначали ваговим методом після спалювання наважки в муфельній печі при 550 °С.

Вміст макро- та мікроелементів досліджували методом атомно-абсорбційної спектроскопії на спектрофотометрі С-115М1 («НПП Академприбор», Україна) в полум'ї ацетилен-повітря; додаткову верифікацію проводили рентгенофлуоресцентним методом на приладі ElvaX (Elvatech, Україна). Кальцій і фосфор кількісно визначали колориметричними методами, йод – інверсійною вольтамперометрією на аналізаторі АВА-3 (Україна). Мікробіологічну безпечність контролювали за показниками БГКП (коліформи), кМАФАНМ, наявності патогенної мікрофлори (зокрема *Salmonella*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*), пліснявих грибів і дріжджів згідно з ДСТУ 7038:2009 та ДСТУ 7357:2013. Вміст соланіну в сировині та порошках визначали гравіметричним методом після екстракції та осадження.

Усі вимірювання виконували в трьох-п'ятиразовій біологічній і аналітичній повторності, результати обробляли методами математичної статистики з використанням стандартного програмного забезпечення. Для забезпечення високої статистичної надійності всі аналізи виконували в п'ятикратній біологічній та аналітичній повторності. Обробку результатів проводили стандартними методами варіаційної статистики з обчисленням середнього арифметичного значення та середньоквадратичного відхилення. Усі числові дані наведено в одиницях СІ. Вміст сухих розчинних речовин, загальних цукрів, інвертного цукру та сахарози визначали рефрактометричним і фотоколориметричним методами відповідно до ДСТУ 4954:2008 та ДСТУ 5063:2008 після відповідної підготовки проб.

Баклажан (*Solanum melongena* L.) належить до цінних овочевих культур завдяки збалансованому хімічному складу, низькій енергетичній цінності та вираженій фізіологічній дії. Регулярне вживання плодів сприяє нормалізації водно-сольового обміну, виявляє м'яку сечогінну дію, знижує рівень холестерину в крові, поліпшує функціональний стан серцево-судинної системи та опорно-рухового апарату. Плоди містять легкозасвоювані вуглеводи, рослинні білки, мінімальну кількість жирів, а також комплекс біологічно активних речовин: вітаміни групи В (тіамін, рибофлавін), нікотинову кислоту, каротиноїди та аскорбінову кислоту. Вуглеводний склад представлений моно- та дисахаридами (глюкоза, фруктоза, сахароза), полісахаридами (крохмаль, геміцелюлози), пектиновими речовинами та харчовими волокнами. Особливо багатий мінеральний комплекс плодів: калій (до 240 мг/100 г), фосфор, кальцій, магній, залізо, марганець, цинк, мідь і алюміній. Вміст аскорбінової кислоти коливається в широких межах (3–18 мг/100 г) залежно від сорту, агротехніки та кліматичних умов вирощування.

Об'єктом дослідження був баклажан сорту «Алмаз», вирощений у 2016–2018 роках у трьох районах Херсонської області (Білозерський, Олешківський, Бериславський), яка є одним із провідних регіонів України з виробництва теплолюбних пасльонових і баштанних культур завдяки сприятливому помірно-континентальному клімату, великій кількості сонячних днів і розвиненій системі зрошення. Хімічний склад сировини досліджували з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіону (табл. 1). Отримані дані стали основою для оцінки технологічної придатності баклажанів до виробництва функціональних порошків і дозволили врахувати можливі коливання складу сировини при розробці універсальних режимів сушіння.

Незалежно від відмінностей у гранулометричному та хімічному складі ґрунтів трьох досліджуваних районів, хімічний склад плодів сорту «Алмаз» виявився статистично однорідним. Така стабільність пояснюється інтенсивною агротехнікою з обов'язковим внесенням комплексних мінеральних і органічних добрив, що нівелює регіональні відмінності. За даними моніторингу постачальників і оптових баз, основний обсяг товарних баклажанів на ринки Херсонської області надходить саме з Олешківського (колишнього Цюрупинського) району, тому для всіх подальших технологічних експериментів було відібрано сировину саме звідти.

Вуглеводний комплекс плодів представлено (г/100 г сирової маси): моносахаридами – глюкоза $\approx 1,8\text{--}3,2$; фруктоза $\approx 0,7\text{--}1,1$; дисахаридом сахарозою $\approx 0,3\text{--}0,5$; полісахаридами – крох-



Таблиця 1

Хімічний склад свіжих баклажанів (Сорт «Алмаз», урожай 2024 р.)

Показник	Білозерський район	Цюрупинський район	Бериславський район
Вода, г	91	91	91
Білок, г	1,2	1,2	1,2
Жир, г	0,1	0,1	0,1
Вуглеводи, у т. ч:	4,5	4,8	5,1
– сахароза, г	0,4	0,4	0,4
– глюкоза, г	2,4	2,9	3
– фруктоза, г	0,8	0,7	0,8
– крохмаль, г	0,9	0,8	0,9
Харчові волокна, г	2,5	2,4	2,5
Вітаміни, мг/100 г			
Нікотинова кислота	0,6	0,6	0,7
Бета-каротин	0,01	0,01	0,01
Ацетилсаліцилова кислота	5	4,5	5,5
Токоферол	0,1	0,1	0,1
Тіамін	0,04	0,04	0,04
Рибофлавін	0,05	0,05	0,05
Ніацин	0,8	0,8	0,8
Макроелементи, мг/100 г			
Калій	238	235	245
Кальцій	15	15	16
Магній	9	9	10
Натрій	7	6	6
Фосфор	34	35	35
Хлор	47	46	46
Сіра	15	14	15
Мікроелементи, мг/100 г			
Залізо	0,4	0,4	0,4
Цинк	0,29	0,29	0,29
Мідь	0,14	0,14	0,14
Марганець	0,21	0,21	0,21

маль $\approx 0,6\text{--}1,0$; клітковина $\approx 2,5\text{--}3,5$; ектинові речовини $\approx 0,8\text{--}1,4$ (у перерахунку на кальцієвий пектат); гетерополісахаридами слизового типу, що містять залишки галактуранової кислоти та аміноцукрів. Важливим фізіологічним показником є глікемічний індекс баклажанів, який становить 15–20 одиниць (залежно від способу кулінарної обробки), що дозволяє віднести їх до продуктів із низьким ГІ. Такі продукти рекомендовані для раціонів при метаболічному синдромі, цукровому діабеті II типу та програмах зниження маси тіла, оскільки забезпечують повільне та рівномірне надходження глюкози в кров. Значна частка баклажанів (до 25–30 % за сезон) не відповідає товарним стандартам через механічні пошкодження, неправильну форму, перестиглість або сонячні опіки й залишається нереалізованою. Така сировина зазвичай знищується на полях або полігонах, що призводить до суттєвих економічних і екологічних втрат. Розробка технологій переробки некондиційної, але фізіологічно безпечної сировини на функціональні порошки дає змогу суттєво знизити відходи, підвищити рентабельність виробництва та забезпечити населення доступним джерелом дієтичних волокон, калію й антиоксидантів.

Сушіння залишається одним із найбільш універсальних і економічно обґрунтованих методів консервування овочевої сировини. У світовій практиці для зневоднення овочів застосовують сублімаційне, конвективне, контактне, інфрачервоний, НВЧ-, СВЧ- та комбіновані способи. Аналіз літературних джерел показав, що існують розробки з сушіння баклажанів для

отримання чипсів і снєків із збереженням кольору та смаку, проте спеціалізованих технологій виробництва тонкодисперсних харчових порошків із заданими функціонально-технологічними властивостями не виявлено. З метою вибору оптимальної схеми підготовки сировини та режимів зневоднення було проведено порівняльний аналіз основних технологічних операцій і обладнання (табл. 2), що дозволило обґрунтувати вибір найбільш перспективного методу для подальших досліджень.

Таблиця 2

Основні технологічні операції з сушіння баклажанів

№	Основні операції		
	Класична технологія	Технологія прототип	Розроблена технологія
1	Підготування сировини, нарізання баклажанів смужками товщиною 2–3 мм	Підготування сировини, нарізання баклажанів поздовжніми смужками довжиною 6–8 см, товщиною 2–3 мм	Підготування сировини, нарізання баклажанів смужками товщиною 3–5 мм
2	Соління і витримання 10–20 хв	Приготування 1 % розчину солі з аскорбіновою кислотою	Приготування 1 % розчину солі з цитриновою кислотою та доведення розчину до кипіння
3	Промивання	Витримання нарізаного баклажану впродовж 20 хв	Витримання нарізаного баклажану впродовж 5–10 хв. в гарячому розчині
4	Висушування в конвективних сушарках за температури від 40–70 °С до вологості 14 %	Видалення вологи та промивання	Видалення вологи
5	–	Витримання в купажних соках впродовж 30 хв	Сушіння в інфрачервоній сушарці при температурі 50–60 °С, до вологості 10 %
6	–	Висушування в конвективній сушарці за температури 70 °С протягом 10 хв, а потім за температури 55 °С протягом 5 год	Подрібнення сушеного баклажану на порошки
7	–	–	Просіювання

Розроблена технологія з використанням інфрачервоного сушіння дозволяє отримати з баклажанів високоякісний сушений напівфабрикат, за органолептичними та функціональними характеристиками не нижчий, а в багатьох випадках і кращий за аналоги, отримані традиційними методами. Це створює передумови для виробництва тонкодисперсних порошків стабільно високої якості, придатних як для прямого вживання, так і для використання як функціонального інгредієнта. Застосування інфрачервоного випромінювання забезпечує щадний тепловий режим, що мінімізує деструкцію термолабільних біологічно активних сполук і сприяє максимальному збереженню поживної цінності сировини.

У процесі зневоднення відбувається природна концентрація мінеральних речовин у 2,5–3,2 раза. Середній мінеральний профіль порошків (мг/100 г сухої речовини) характеризується високим вмістом фізіологічно важливих елементів: калій – $740,4 \pm 2,0$; фосфор – $98,80 \pm 1,5$; кальцій – $48,5 \pm 2,0$; магній – $26,18 \pm 2,0$; залізо – $1,7 \pm 0,5$. Цей комплекс відіграє ключову роль у підтриманні електролітного балансу, формуванні та регенерації кісткової тканини, профілактиці анемії, а також виявляє радіопротекторні властивості. Концентрація водорозчинних вітамінів групи В і ніацину в порошках зростає більш ніж у 10 разів порівняно зі свіжою сировиною: тіамін (B_1) – $0,40 \pm 0,01$ мг/100 г; рибофлавін (B_2) – $0,50 \pm 0,06$ мг/100 г; нікотинова кислота (PP) – $5,22 \pm 0,10$ мг/100 г. Ці сполуки є коферментами основних метаболічних шляхів, беруть участь у вуглеводному, білковому та ліпідному обміні, сприяють підвищенню неспецифічної резистентності організму та нормалізації енергетичного обміну.



Порошки з баклажанів є цінним концентрованим джерелом калію, магнію, заліза, вітамінів групи В і РР, що робить їх перспективним функціональним інгредієнтом для збагачення продуктів здорового та лікувально-профілактичного харчування, особливо в умовах дефіциту цих нутрієнтів у раціоні населення. Включення таких порошоків у рецептури харчових виробів неминуче впливає на реологічні властивості, колір, ароматичний профіль і смакові характеристики готової продукції, тому необхідне детальне вивчення їхніх технологічних і споживчих властивостей. Основні органолептичні характеристики отриманих функціональних порошоків з баклажанів наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Органолептичні показники функціональних порошоків

Показник	Характеристика порошоків
Зовнішній вигляд	Порошкоподібна суміш, однорідна, без сторонніх домішок, допускається наявність легкокорозійних грудок
Консистенція	однорідна
Дисперсність	< 0,5 мм
Колір	Від світло коричневого до коричневого
Запах	Властивий цій сушеній сировині, без сторонніх запахів
Смак	Присмак сушеної сировини, отриманий порошок без сторонніх домішок

За вмістом токсичних елементів порошок з баклажанів повинен відповідати вимогам, зазначеним в табл. 4.

Таблиця 4

Вміст токсичних елементів порошоків з баклажан

Найменування показника	Допустимий рівень, мг/кг, не більше	Порошки з баклажан	Метод контролю
Свинець	0,5	$0,1 \pm 0,02$	За ГОСТ 26932
Кадмій	0,03	Не виявлено	За ГОСТ 26933
Миш'як	0,2	Не виявлено	За ГОСТ 26930
Мідь	5,0	0,16	За ГОСТ 26931
Цинк	10,0	2,04	За ГОСТ 26934

За мікробіологічними показниками порошок з баклажанів повинен відповідати вимогам, зазначеним в табл. 5.

Таблиця 5

Мікробіологічні показники порошоків з баклажанів

Показник	Норма	Порошки з баклажан	Метод контролю
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, не більше	$5,0 \times 10^4$	$< 1,0 \cdot 10^1$	За ГОСТ 10444,15
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,1 г продукту	Не допускаються	Не виявлено	За ГОСТ 26972
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела, в 25 г продукту	Не допускаються	Не виявлено	ГОСТ 9958

Встановлено, що порошки з баклажанів можуть вводитися в рецептури як у сухому вигляді, так і у попередньо відновленому стані. Проте для забезпечення високих органолептичних і структурно-механічних характеристик готових виробів доцільно використовувати саме гідратовану форму. З метою визначення оптимальних умов регідратації досліджували зразки з фік-

сованою масою порошку (20 г) та варійованим об'ємом води при гідромодулях 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 і 1:6. Тривалість набрякання становила 5, 10, 15, 20 і 30 хв. Перед відновленням порошок обов'язково просівали через сито з розміром вічок 0,5 мм для видалення можливих агломератів і сторонніх включень.

Реологічні властивості відновлених систем (динамічна в'язкість, межа плинності, тиксотропні характеристики) оцінювали на ротаційному віскозиметрі Rheotest 2.1 з циліндричною системою вимірювання при 20 ± 1 °С. Відновлене пюре розглядали як в'язкопластичну дисперсну систему з вираженою неньютонівською поведінкою. При гідромодулі 1:1 динамічна в'язкість відновленого пюре становила 18,4 Па · с, що на 26 % перевищувало відповідний показник свіжоприготовленого пюре-контролю. Зі збільшенням кількості води до співвідношення 1:3 в'язкість знижувалася і становила лише 94 % від контролю. При гідромодулях 1:5 і 1:6 спостерігалось подальше зменшення в'язкості до 64,2 % і 39,1 % відповідно. Аналогічна залежність простежувалася для динамічної межі плинності та тиксотропного гістерезису.

Максимальне значення коефіцієнта набрякання (4,6–4,8 г води/г сухого порошку) досягалося при гідромодулях 1:3–1:4 і практично не зростало при подальшому розведенні. Час досягнення рівноважного набрякання при кімнатній температурі становив 15–20 хв. Температура води для гідратації суттєво впливає на кінетику процесу. При 20 °С коефіцієнт набрякання за 20 хв змінювався від 2,7 (1:2) до 3,8 (1:5). Підвищення температури до 40–45 °С прискорювало процес і збільшувало кінцевий коефіцієнт до 3,5–4,1 відповідно. Оптимальний діапазон температур води 50–60 °С забезпечував максимальне набрякання (4,7–4,9) вже за 10–12 хв і формування відновленого пюре з реологічними характеристиками, найближчими до свіжого аналога. Отримані дані свідчать, що для практичного використання порошоків з баклажанів у складі харчових систем рекомендується попередня гідратація при гідромодулі 1:3–1:4, температурі води 50–60 °С і тривалості 10–15 хв. За таких умов відновлене пюре максимально наближається за структурно-механічними та органолептичними властивостями до свіжоприготовленого, що дозволяє ефективно застосовувати його як функціонально-технологічний напівфабрикат.

Температура гідратуючої води є одним із визначальних факторів, що впливають на кінетику та повноту регідратації. Найвища швидкість і ступінь відновлення структури спостерігається в діапазоні 45–60 °С; при подальшому підвищенні температури додаткового приросту набрякання не відбувається. При 20 °С коефіцієнт набрякання за 20 хв змінюється від 2,7 (гідромодуль 1:2) до 3,8 (1:4–1:5). Підвищення температури до 40 °С і 60 °С збільшує ці значення до 3,5–3,8 і 4,1–4,7 відповідно. Важливим показником якості відновленого пюре є вміст сухих розчинних речовин у надосадовій рідині після центрифугування. Під дією підвищеної температури та вологості відбувається часткова деструкція протопектину і геміцелюлоз клітинних стінок з переходом розчинних фракцій пектину у вільний стан. Це сприяє формуванню гелеутворюючих властивостей і бажаного рівня консистенції відновленого продукту. Водотримуюча здатність (ВУЗ) відновленого пюре зростає зі збільшенням тривалості контакту з водою та її температури до 60 °С; при 80 °С спостерігається зниження ВУЗ через надмірну деструкцію полімерів. Плинність системи за перші 10 хв збільшується на 5,5 %, за 20 хв – на 7,8 %, за 30 хв – на 9,3 %. Найвищі значення пластичної в'язкості фіксуються в перші 10–15 хв, що пояснюється швидким вивільненням розчинного пектину.

Екстракція розчинних компонентів має дифузійний характер і досягає максимуму протягом перших 10–15 хв. Подальше подовження часу гідратації призводить до часткового зворотного зв'язування розчинених полімерів і зниження інтенсивності процесу. Динамічна в'язкість відновлених систем зростає з підвищенням температури води, досягаючи максимуму при 45–60 °С. При нижчих гідромодулях (1:2–1:3) для досягнення пікового значення в'язкості потрібна вища температура. При фіксованій температурі 50–55 °С і гідромодулях 1:3–1:6 мак-

симальне зростання в'язкості відбувається протягом перших 10–15 хв, після чого показник стабілізується.

Раціональними параметрами регідrataції порошоків з баклажанів, що забезпечують найближчі до свіжого пюре реологічні та органолептичні властивості є температура води – 45–60 °С; тривалість набрякання – 10–15 хв; гідромодуль – 1:3–1:4. Саме за цих умов відновлений напівфабрикат демонструє оптимальне поєднання в'язкості, водоутримуючої здатності та стійкості структури, що робить його технологічно зручним для введення в різноманітні харчові композиції. Отримані порошки з баклажанів мають низку суттєвих технологічних і споживчих переваг порівняно зі свіжою сировиною:

- у процесі сушіння відбувається повна інактивація та значне зниження вмісту соланіну до безпечного рівня (< 10 мг/100 г), що робить продукт придатним навіть для дитячого та дієтичного харчування;
- біологічно активні речовини (калій, магній, вітаміни групи В, РР, пектинові речовини, харчові волокна) концентруються в 8–12 разів, що перетворює порошок на вискоєфективний функціональний інгредієнт;
- гарантований термін зберігання при кімнатній температурі становить не менше 12 місяців без втрати поживної цінності та органолептичних показників;
- значно скорочуються вимоги до складських приміщень (відсутність потреби в холодильному обладнанні), зменшуються транспортні витрати та логістичні втрати завдяки компактності й низькій масі упаковки;
- високі регідrataційні характеристики (коефіцієнт набрякання до 4,8, швидке відновлення за 10–15 хв) дають змогу використовувати порошок як у сухому, так і у відновленому вигляді для швидкого введення в найрізноманітніші рецептури – від соусів, супів-пюре й овочевих котлет до хлібобулочних виробів, напівфабрикатів і функціональних напоїв.

Це суттєво скорочує технологічний цикл приготування страв, знижує енергозатрати й сезонну залежність виробництва, а також дозволяє розширити асортимент продуктів здорового, лікувально-профілактичного та спеціалізованого харчування з прогнозованими функціональними властивостями. Таким чином, впровадження порошоків з баклажанів відкриває нові можливості для раціонального використання сировинних ресурсів і створення інноваційної продукції з високою доданою вартістю.

Висновки. Проведені дослідження підтвердили, що баклажан є цінною низькокалорійною сировиною (енергетична цінність ≈ 25 ккал/100 г) з вмістом білків 1,2 г, жирів 0,1 г та вуглеводів 4,8 г на 100 г свіжої маси. Плоди вирізняються високим вмістом калію (235 мг/100 г), помірною кількістю фосфору, кальцію, магнію та мікроелементів, а також низьким глікемічним індексом ($GI = 20$), що робить їх перспективними для функціонального та дієтичного харчування. Розроблено та науково обґрунтовано ресурсозберігаючу технологію виробництва харчових порошоків з баклажанів. Ключовою відмінністю від відомих аналогів є попередня обробка сировини: бланшування в 1%-му розчині NaCl з додаванням лимонної кислоти протягом 10 хв з подальшим інфрачервоним сушінням при 50–60 °С, що забезпечує: інактивацію окиснювальних ферментів і зниження вмісту соланіну до безпечного рівня; збереження природного світлого відтінку сушеного продукту; скорочення тривалості зневоднення на 50 % порівняно з конвективним методом; максимальне збереження біологічно активних речовин.

Отримані порошки характеризуються високою концентрацією мінеральних елементів (мг/100 г сухої речовини): калій – $740,4 \pm 2,0$; фосфор – $98,80 \pm 1,5$; кальцій – $48,5 \pm 2,0$; магній – $26,18 \pm 2,0$; залізо – $1,7 \pm 0,5$, а також водорозчинних вітамінів: тіамін (B_1) – $0,40 \pm 0,01$; рибофлавін (B_2) – $0,50 \pm 0,06$; нікотинова кислота (РР) – $5,22 \pm 0,10$ мг/100 г. За органолептичними показниками порошок являє собою однорідну, сипучу масу світло-коричневого або коричне-

вого кольору з розміром частинок $\leq 0,5$ мм і притаманним баклажану ароматом. За вмістом токсичних елементів, пестицидів і мікробіологічними показниками продукція повністю відповідає вимогам чинних нормативів для сушеної овочевої сировини.

Встановлено оптимальні параметри регідратації: температура води 45–60 °С, тривалість набрякання 10–15 хв, гідромодуль 1:3–1:4. За цих умов відновлене пюре за реологічними та органолептичними властивостями максимально наближається до свіжоприготовленого. Розроблена технологія дозволяє отримувати високоякісний, безпечний і біологічно цінний функціональний порошок з баклажанів, придатний для промислового виробництва та широкого використання як у відновленому вигляді, так і як збагачувальної добавки в різноманітних харчових системах.

Список використаних джерел

1. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О. Харчові порошки з рослинної сировини. Класифікація, методи отримання, аналіз ринку. *Biotechno-logia Acta*. 2010. Т. 3, № 5. С. 43–49.
2. Спосіб виробництва сушеної капусти: Пат. № 107146 UA. МПК: A23L 3/40 / Гавриш А. В., Новосад О. О., Погожих М. І., Неміріч О. В., Кардавар К. М., Євлаш В. В., Тарасенко Т. А. № а201308406; заявл. 04.07.2013; опубл. 25.11.2014, Бюл. № 22.
3. Pyo J. G. Preparing method of apple chips: Pat. No. 1020140040963 Korean. 2014.
4. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О. Нові харчові продукти в екології харчування. Львів, 2009. С. 75–76.
5. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія / О. І. Черевко. Харків : ХДУХТ, 2017. С. 591.
6. Nutritional value of a dry soluble gerodietetic product for enteral nutrition / D. Antiushko, T. Bozhko. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. № 5. 35–42
7. Поперечний А. М., Корнійчук В. Г., Шеїна А. В. Дослідження процесу сушіння картопляного пюре. Обладнання та технології харчових виробництв. 2010. Вип. 25.
8. Шеїна А. В., Мещанін Б. А. Експериментальні дослідження сушіння гарбузового пюре. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій”. Т. 3. Тернопіль : ТНТУ, 2017. С. 170–171.
9. Aydogdu A., Sumnu G., Sahin S. Effects of Microwave-Infrared Combination Drying on Quality of Eggplants. *Food and Bioprocess Technology*. 2015. Vol. 8, Issue 6. P. 1198–1210. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1484-1>
10. ДСТУ 8446:2015. Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 16 с.
11. ДСТУ 8447:2015. Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 15 с.
12. Стратегії сталого розвитку в туризмі та готельно-ресторанному бізнесі: можливості і проблеми запровадження в Україні. / Чепурда Г.М. ЧДТУ, 2021. С. 189.
13. М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко. Технологія продукції громадського харчування з використанням біологічно активних добавок: монографія / Київ : КНТЕУ, 2003. С. 322.
14. Yatsenko V. M. Financial-economic and innovative support of entrepreneurship development in the spheres of economy, tourism and hotel-restaurant business. Agenda Publishing House, Coventry, United Kingdom. 2017.
15. Сирохман І. В., Завгородня В. М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. пос. К. : Центр учбової літератури, 2009. 544 с.
16. Пилипчук Г. Баклажани – заслужено популярні. Медична газета України «Ваше здоров'я». 2010. № 13. С. 2–3.
17. Polyphenols content and antioxidant capacity of eggplant pulp / Singh A. P., Luthria D., Wilson T., Vorsa N., Singh V., Banuelos G. S., Pasakdee S. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 114, Issue 3. P. 955–961. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.048>
18. Magioli C., Mansur E. Eggplant (*Solanum melongena* L.): tissue culture, genetic transformation and use as an alternative model plant. *Acta Botanica Brasilica*. 2005. Vol. 19, Issue 1. P. 139–148. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-33062005000100013>



19. Boubekri C., Rebiai A., Lanez T. Study of antioxidant capacity of different parts of two south Algerian eggplant cultivars. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 2015. Vol. 4, Issue 2. P. 164–174. DOI: <https://doi.org/10.4314/jfas.v4i2.6>
20. Antioxidant activity of different parts of eggplant / Jung E.-J., Bae M.-S., Jo E.-K., Jo Y.-H., Lee S.-C. *Journal of medicinal plants research*. 2011. Vol. 5, Issue 18. P. 4610–4615.
21. Глікемічний індекс продуктів – таблиця. URL: <http://medfond.com/static/glikemichnii-indeks-produktiv-tablicya.html>
22. Дьякова Ю., Орлова Н. С-вітамінність баклажанових снєків. Товари і ринки. 2014. № 1. С. 75–83.
23. Донченко Л. В., Карпович Н. С., Костенко Т. І. Властивості пектинових речовин. К.: Знання, 1992. 34 с.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2025

Стаття прийнята 15.11.2025

Статтю опубліковано 22.12.2025



A. Antonenko, L. Bal-Prylypko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCTION OF EGGPLANTE POWDER

Summary

The paper scientifically substantiates the relevance and practical feasibility of producing functional food powders from eggplants as an effective way to enrich the diet with biologically active compounds, reduce seasonal losses of raw materials, and rationally use substandard products. Eggplant is a low-calorie vegetable (water content $\approx 91\%$), with a glycemic index of 20 and a balanced composition: proteins – 1.2 g, fats – 0.1 g, carbohydrates – 4.8 g, vitamins PP – 0.6–0.8 mg, B₁ – 0.04 mg, B₂ – 0.05 mg, macronutrients K – 235–245 mg, Ca – 15–16 mg, P – 34–35 mg, micronutrients Fe – 0.4 mg, Mn – 0.21 mg (per 100 g of fresh weight), polysaccharides (starch 0.8–0.9 g, fiber 2.5–3.5 g, pectins 0.8–1.4 g/100 g). An energy- and resource-saving technology for powder production has been developed, which includes: washing, cutting into 3–5 mm slices, blanching in a 1 % NaCl solution with the addition of citric acid (5–10 min), infrared drying at 50–60 °C to a residual moisture content of $\leq 10\%$, grinding and fractionation. Compared to the convective method, the duration of dehydration is halved, inactivation of oxidative enzymes, preservation of light color and obtaining a high-quality product are ensured. In the finished powders, the concentration of mineral elements increased by 2.5–3.2 times (Ca – 48.5 ± 2.0 ; K – 740.4 ± 2.0 ; P – 98.8 ± 1.5 ; Mg – 26.2 ± 2.0 ; Fe – 1.7 ± 0.5 mg/100 g), the content of water-soluble vitamins – more than 10 times (B₁ – 0.40 ± 0.01 ; B₂ – 0.50 ± 0.06 ; PP – 5.22 ± 0.10 mg/100 g). In terms of safety characteristics, it meets regulatory requirements: toxic elements (Pb ≤ 0.1 mg/kg, Cd and As were not detected), microbiological indicators (CFU $< 10^1$ CFU/g, pathogenic microflora is absent). The study of rehydration properties showed that the maximum viscosity and swelling coefficient (up to 4.7) are achieved at a water temperature of 45–60 °C, a duration of 10–15 min and a hydromodulus of 1:3–1:4. Under these conditions, the reconstituted puree practically does not differ from the fresh one in terms of rheological and organoleptic properties. The resulting powders are a concentrated source of potassium, magnesium, iron, vitamins of group B and PP, have a shelf life of 12 months under normal conditions, are easily transported and dosed. Their use as a functional additive allows you to purposefully shape the consistency, color, aroma and taste of ready-made dishes, reduce the time of the technological cycle and expand the range of healthy food products. The results of the work create a scientific and practical basis for the industrial implementation of the production of functional eggplant powders.

Keywords: eggplant powder, food powders, technology, functional product, health product, dietary supplements, technology, organoleptic indicators, nutritional value, product safety.