**Полевода Ю.А.**

к.т.н., доцент

Грицишин В.О.

аспірант

**Вінницький національний
аграрний університет****Polievoda Y.**

Ph.D., Associate Professor

Hryshchyshyn V.

postgraduate student

**Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 664.8/9:621.798:005.94****DOI: 10.37128/2306-8744-2025-2-14**

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗБЕРІГАННЯ ФАСОВАНОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

У статті висвітлено інноваційні підходи до зберігання фасованої харчової продукції із використанням технології асептичного фасування у великогабаритну тару. Проведено аналіз сучасних методів консервації та термічної обробки харчових продуктів, з акцентом на обмеження традиційних підходів, пов'язаних із деградацією біоактивних сполук, структурних компонентів та сенсорних характеристик. Визначено, що тривале зберігання харчової продукції в умовах термообробки, зокрема при стерилізації й пастеризації, не забезпечує збереження повного спектра органолептичних властивостей й нутрицевтичної цінності продуктів. Досліджено принципи функціонування асептичних фасувальних ліній, у яких реалізується поетапне нагрівання, стерилізація й охолодження продукту із подальшим фасуванням в герметичні багатошарові мішки типу bag-in-box та контейнери bag-in-drum. Аргументовано, що асептичне пакування дозволяє досягати тривалого зберігання без потреби у холодильних установках, що значно знижує енерговитрати.

Особливу увагу приділено технологічній схемі стерилізації та фасування харчових продуктів із включеннями (шматочки, дольки, кубики) із застосуванням стерилізаційного модуля OHMICO. Показано, що збереження морфологічної цілісності та органолептичної стабільності таких продуктів досягається за рахунок оптимізації параметрів теплової обробки, бланшування у вакуумному середовищі та дозованого додавання антиоксидантів.

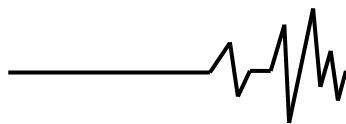
Розкрито економічні аспекти впровадження асептичної технології фасування, зокрема зниження витрат на логістику, відсутність потреби у спеціалізованому транспорті, можливість повторного використання тари, а також можливість розширеного сезонного планування виробництва.

Підсумовано, що технологія асептичного фасування у поєднанні з сучасними стерилізаційними системами відкриває нові горизонти для збереження харчової продукції, особливо у випадку концентрованих або структурованих напівфабрикатів. Запропонований метод позиціонується як конкурентна альтернатива заморожуванню, із потенціалом до промислових масштабів.

Ключові слова: асептичне фасування, стерилізація, харчові продукти, трубчастий теплообмінник, bag-in-box, зберігання продукції, термічна обробка, OHMICO, харчова безпека, морфологічна цілісність.

Постановка проблеми. У сучасному науково-технічному дискурсі, що характеризується стрімкою еволюцією харчової індустрії в умовах постіндустріального суспільства, нагальна необхідність у впровадженні інноваційних парадигм збереження фасованої продукції набуває не лише технологічно-економічного, а й

міждисциплінарного значення. В умовах інтенсифікації глобальних ланцюгів постачання та зростання кон'юнктурного тиску з боку споживачів на виробничу сферу, пріоритетним постає питання пролонгованого збереження біологічно активних компонентів харчових продуктів за мінімального втручання в їх природну матрицю [1].



Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідницькі нарративи останніх десятиліть засвідчують, що традиційні методи консервування, переважно основані на термічному впливі, попри їх апробованість та технологічну зрілість, унеможливають збереження сенсорної автентичності, органолептичної цілісності й нутритивної адекватності продуктів [2]. Розгортання процесів деградації термолабільних нутрієнтів, а також структурна трансформація харчової матриці внаслідок тривалого теплового впливу, становить перманентну загрозу як з позицій харчової безпеки, так і споживчої довіри.

Крім того, значний енергетичний еквівалент, необхідний для реалізації холодового ланцюга при зберіганні заморожених продуктів, зумовлює істотні експлуатаційні витрати та екологічний слід, що в контексті зростаючих вимог сталого розвитку набуває критичної ваги [3]. Відповідно, економічна неефективність зазначеної технології, помножена на її ресурсозалежність, ставить під сумнів її перспективність у довгостроковій стратегії продовольчої безпеки. У цьому контексті особливої уваги заслуговують новітні асептичні технології фасування, які уможливають збереження харчових систем у стерильному середовищі без необхідності подальшого холодування. Застосування високотемпературної короткочасної обробки (HTST) в симбіозі з інерційними пакувальними матеріалами дозволяє не лише оптимізувати логістичну архітектуру, але й суттєво знизити витрати на енергозабезпечення при збереженні якісно-кількісних параметрів кінцевої продукції [4].

Відповідно, з огляду на мультифакторну природу проблеми – від збереження біологічної цінності до мінімізації вуглецевого сліду – формування нової техніко-економічної моделі зберігання фасованої харчової продукції вимагає докорінного перегляду концептуальних засад та аксіологічних орієнтирів у харчовій науці [5]. Впровадження асептичних систем нового покоління виступає не лише як технічне рішення, а як вектор трансформації всієї парадигми харчового виробництва у бік науково обґрунтованої ефективності та екоінтегративної раціональності.

Метою дослідження є висвітлення новітніх технологій, що застосовуються для зберігання фасованої продукції з метою підвищення її якості, безпеки та терміну зберігання.

Виклад основного матеріалу. У контексті безперервного прогресу агропромислового комплексу та глобалізації ринку спостерігається актуалізація проблематики оптимізації систем довготривалого зберігання фасованої харчової продукції, що детермінує необхідність впровадження інноваційних, часто мультидисциплінарних підходів, які б поєднували передові здобутки в галузях харчової хімії, матеріалознавства та біотехнологій [6]. У цьому

ракурсі, забезпечення пролонгованої стабільності органолептичних та нутритивних характеристик харчових продуктів передбачає не лише герметичність тари, але й застосування складноорганізованих інтелектуальних пакувальних систем, здатних до адаптивного функціонування відповідно до змін середовища зберігання [7].

Синергізм між нанотехнологічними рішеннями, біополімерною інкапсуляцією та сенсорно-активними матеріалами відкриває нову парадигму у збереженні харчової безпеки та споживчої якості в умовах постіндустріального світу. У зв'язку з вищезазначеним, окреслимо ключові інноваційні вектори у сфері зберігання фасованої харчової продукції, що репрезентують собою складні інженерно-технологічні концепції:

- використання інтелектуально-адаптивної упаковки, що реагує на фізико-хімічні флуктуації середовища;

- застосування біополімерних матриць з антибактеріальними наноконструкціями для пролонгації терміну придатності;

- впровадження модифікованого газового середовища (MAP) з динамічним контролем газообміну;

- розробка мультифункціональних сенсорів, інтегрованих у пакування, для моніторингу свіжості в реальному часі;

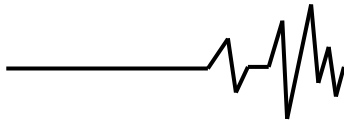
- активне використання нанокапсульованих антиоксидантів у структурі пакувального матеріалу;

- оптимізація бар'єрних властивостей тари за рахунок формування багатосарових плівок;

- застосування принципів біоміметики при проектуванні упаковки з автокаталітичним ефектом самодезінфекції [8, 9, 10].

Харчові продукти є основним джерелом вітамінів і мінералів, необхідних для підтримки нормальної життєдіяльності людини. Однією з актуальних проблем завжди залишалося збереження цих корисних речовин у продуктах. Щоб зберегти біологічну та споживчу цінність, а також смакові властивості їжі, підприємства харчової промисловості застосовують низку методів: консервування, соління, маринування, варіння у цукровому сиропі, заморожування й сушіння. Традиційні технології обробки та зберігання, включаючи пастеризацію та стерилізацію, реалізуються з урахуванням умов, що впливають на якість продукції, її смак і собівартість, яка формує кінцеву ціну товару.

Більшість з цих методів базується на термічній обробці, яка може здійснюватися як на початкових етапах виробництва (стерилізація у потоці), так і на завершальних (пастеризація або стерилізація вже упакованої продукції). Хоча харчові продукти можуть витримувати високі температури протягом нетривалого часу, тривалий процес нагрівання, необхідний для прогріву внутрішніх шарів, може спричинити пригорання, переварювання, втрату текстури, а також



руйнування вітамінів, мінералів і погіршення смаку. Це особливо важливо для продуктів у цілому або нарізаному вигляді.

Заморожені продукти зазвичай зберігають характеристики, наближені до свіжих, а їх біологічна та споживча цінність, як правило, вища, ніж у продуктів, збережених іншими способами. Цей фактор став поштовхом до розвитку індустрії заморожених харчових продуктів. Проте, з економічної точки зору, технологія заморожування є витратною – як у процесі охолодження, так і при подальшому зберіганні продукції при низьких температурах.

Для підприємств важливим завданням є зниження витрат на обробку й зберігання, збереження високої якості готової продукції, а також оптимізація витрат на дистрибуцію. Одним із сучасних рішень є впровадження асептичної упаковки великого об'єму [11]. Такий підхід дає змогу зберігати сировину під час пікового сезону переробки, закуповуючи її за нижчою ціною, а обробку здійснювати після завершення сезону. Це дозволяє ефективніше планувати виробничі процеси, продовжувати період переробки, а також раціонально використовувати трудові та матеріальні ресурси.

На рисунку 1 показано приклад технологічної асептичної лінії стерилізації та фасування у мішки об'ємом від 5 до 200 літрів (bag-in-box) і контейнери на 200-1000 літрів (bag-in-drum) для готової продукції.

Робота асептичної фасувальної лінії починається з подачі продукту до спеціальної накопичувальної ємності, що підтримує стерильні умови. Цей етап здійснюється за допомогою насоса 1. Далі продукт транспортується насосом 3 крізь фільтруюче сито 2 і надходить безпосередньо до стерилізаційного модуля 4. Процес стерилізації передбачає три ключові фази: первинне нагрівання, подальша стерилізація і кінцеве охолодження. Стерилізатор виконаний у вигляді трубчастої конструкції типу «труба в трубі», яка має спеціальні технічні особливості – вони знижують ймовірність пригорання продукту та оптимізують теплопередачу, забезпечуючи рівномірне нагрівання.

Після завершення стерилізаційного циклу продукт потрапляє до фасувальної головки 6, яка відповідає за стерильне наповнення. Паралельно з цим, металеві бочки, які містять всередині асептичні мішки, подаються в зону фасування по роликовому транспортеру 1. Оператор вручну фіксує клапан мішка в притискні зажими. Після цього система витягує повітря та подає пару, яка стерилізує зовнішню частину клапана й зону наповнення. Як тільки параметри стерилізації досягають необхідних значень, починається процес заповнення мішка продуктом. Наповнений мішок герметизується клапаном і далі транспортується по лінії 8, де здійснюється маркування та герметичне закривання

бочки. Завершальним етапом є розміщення бочок на піддоні за допомогою укладального пристрою 9.

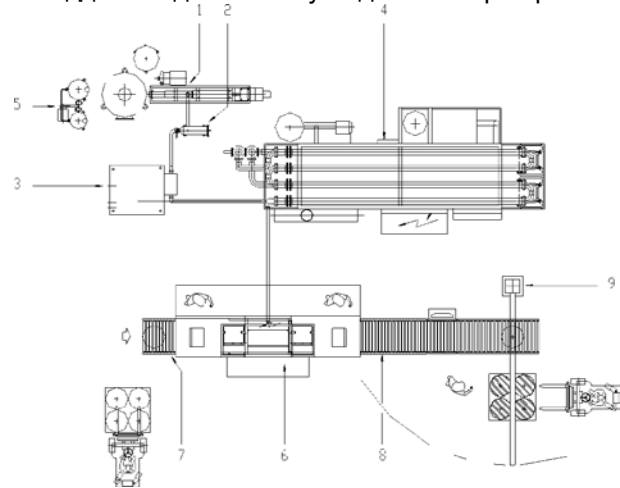


Рис. 1. Лінія фасування асептичної продукції в асептичні мішки (Bag in box) місткістю 200 літрів з стерилізатором типу «труба в трубі»

Такий спосіб фасування забезпечує тривале зберігання продукції – до 12 місяців без потреби в холодильниках чи спеціалізованих складах. Це дає значну перевагу в порівнянні із замороженими продуктами. Використане обладнання вирізняється простотою в експлуатації, компактними розмірами і не потребує високої кваліфікації обслуговуючого персоналу. Для перевезення такої продукції не потрібен спеціальний транспорт, а тара – металеві бочки – може бути використана повторно. Асептичне фасування в мішки типу «bag in box» є економічно вигідним рішенням для капіталовкладень. Його можна застосовувати до широкого спектра харчової продукції, зокрема для концентрованих напівфабрикатів – томатної пасты, фруктових і овочевих пюре, джемів, повидла, соусів, соків тощо. Проте слід враховувати, що в процесі стерилізації деякі продукти втрачають первинну форму чи текстуру – особливо це стосується цілих плодів або шматочків.

У відповідь на цей недолік, було розроблено новий технологічний підхід, що дозволяє стерилізувати продукт за дуже короткий час, завдяки чому стало можливим фасування продуктів, які раніше вважались непридатними для асептичної обробки. Цей метод особливо ефективний для обробки подрібнених продуктів – у формі кубиків, часточок, половинок – з максимальним збереженням структури та якості. Тому, дана технологія стає повноцінною альтернативою заморожуванню.

Схематичне зображення та фото технологічної лінії з використанням стерилізаційної системи OHMICO для фасування фруктового пюре зі шматочками фруктів в асептичні мішки або контейнери наведено на рисунках 2 і 3.

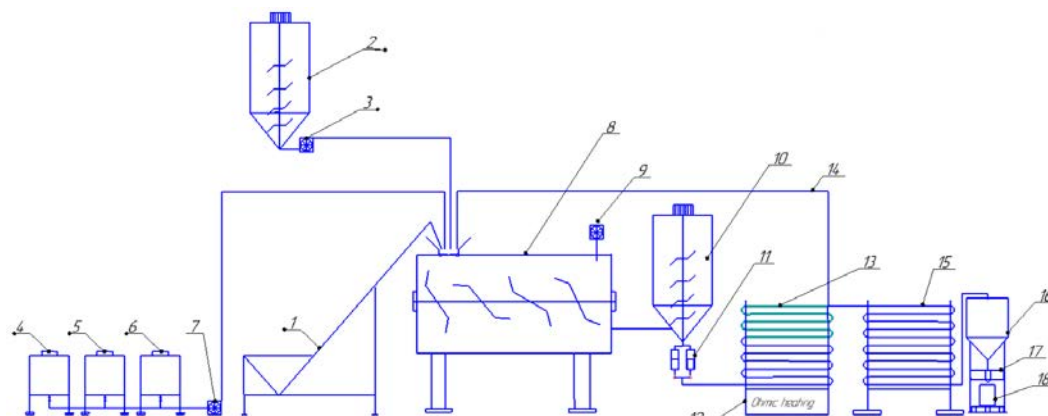
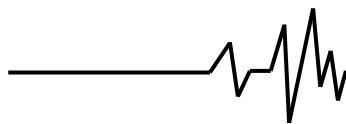


Рис. 2. Схема технологічної асептичної лінії фасування фруктового пюре в асептичні мішки з стерилізатором OHMICO: 1-транспортёр завантаження підготовленої продукції (кусоочки, кубики, дольки); 2-накопичувальна ємність для пюре або сиропу; 3-насос подачі пюре; 4-ємність з розчином аскорбінової кислоти; 5-ємність з розчином лимонної кислоти; 6-ємність з сиропом; 7-насос; 8-бланшувач; 9-вакуумний насос; 10-накопичувальна ємність з мішалкою; 11- поршневі насоси; 12-стерилізатор OHMICO; 13-ізолювані труби; 14-зворотня лінія повернення продукту 15 -охолоджувач типу «труба в трубі»; 16- накопичувальна ємність; 17-асептична головка фасування продукції мішки 200 л; 18-тара для фасування.



Рис. 3. Фото технологічної лінії асептичного фасування продукції в асептичні мішки (bag in box) з стерилізатором OHMICO

Основні результати дослідження.

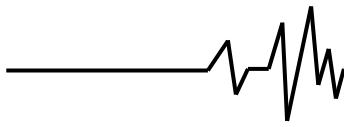
Метод вакуумно-ферментативного бланшування та оммічної стерилізації з асептичним фасуванням. Процес асептичної обробки пюре починається з подачі продукту з накопичувальної ємності 2 за допомогою насоса 3 у спеціалізований бланшувач, оснащений вакуумною ферментаційною системою 8. У цьому вузлі відбувається термічна обробка (бланшування) та видалення повітря (деаерація) завдяки дії вакуумного насоса 9, що дозволяє підвищити ефективність наступних етапів. Далі пюре надходить у змішувальну ємність 10, де мішалка забезпечує гомогенність продукту. Після цього поршневі насоси 11 транспортують масу до

стерилізатора OHMICO 12, де вона обробляється токами високої частоти. Така технологія гарантує рівномірну стерилізацію без перегріву. Стерилізований продукт прямує по герметичних, ізолюваних трубопроводах 13, які забезпечують збереження стерильності в процесі переміщення. У разі потреби, система повернення продукту 14 дозволяє відправити масу на повторну обробку.

Наступним етапом є охолодження в теплообміннику типу «труба в трубі» 15, де пюре доводиться до температури, оптимальної для фасування. Охолоджений продукт накопичується в ємності 16, а потім, через асептичну фасувальну головку 17, розливається у стерильні мішки об'ємом 200 літрів або в інші типи тари 18. Такий спосіб фасування забезпечує збереження готової продукції протягом 9-12 місяців без необхідності в охолодженні.

Початковий етап обробки передбачає подачу підготовлених ягід або фруктів за допомогою транспортера 1 у бланшувач з вакуумною ферментаційною системою 8. Одночасно відбувається приготування допоміжних розчинів – аскорбінової кислоти 4, лимонної кислоти 5 та цукрового сиропу 6, які насосом 7 вводяться в бланшувач для змішування з основним продуктом. У бланшувачі відбувається ніжна обробка суміші з метою збереження форми фруктів, покращення смакових характеристик та ефективного видалення повітря. Цей процес реалізується за допомогою вакуумного насоса 9.

Далі оброблена суміш переміщується в ємність з мішалкою 10, де підтримується однорідність маси. Потім продукт подається через поршневі насоси 11 у стерилізатор OHMICO 12, де проходить швидку і рівномірну стерилізацію токами високої частоти – метод, що дозволяє зберегти



структуру подрібнених елементів продукту. Після стерилізації суміш проходить через герметичні стерильні труби 13, що виключають ризик повторного інфікування. За потреби використовується система повернення продукту 14 для повторної стерилізації.

Охолодження відбувається у трубчастому теплообміннику «труба в трубі» 15, після чого продукт потрапляє в накопичувальну ємність 16. Останнім етапом є фасування в асептичні мішки 17 місткістю 200 літрів або іншу стерильну тару 18, що забезпечує довготривале зберігання без втрати якості.

Після надходження у стерилізаційний модуль, сировина за короткий проміжок часу досягає технологічно регламентованої температури стерилізації. Далі вона транспортується крізь ізольовану трубопровідну систему 8, де забезпечується витримка при встановленому температурному режимі. У разі дотримання необхідних параметрів термічної витримки, сировина надходить до теплообмінного апарата 10 для подальшого охолодження. У ситуації, коли задана температура не досягнута, частина сировини, що не пройшла повноцінну стерилізацію, направляється на рециркуляцію до бланшувача 3.

Охолодження здійснюється до температурного рівня, що передбачений рецептурною специфікацією. Як охолоджувальне середовище використовується вода зниженої температури. Після завершення процесу охолодження, продукт подається у накопичувальну ємність, з якої відбувається його фасування в асептичні пакувальні матеріали (мішки або контейнери). Альтернативно, передбачена можливість фасування безпосередньо у споживчу тару.

Метод вакуумно-ферментативного бланшування з подальшою оммічною стерилізацією пюриподібної продукції з твердими фракціями. Пюриподібна маса, що знаходиться в накопичувальній ємності 2, подається до бланшувального апарата 8 за допомогою насоса 3. Паралельно з цим, тверді фракції продукту (фруктові кубики, ягоди, дольки) транспортуються за допомогою стрічкового транспортера 1 у бланшувач 8, де здійснюється процес бланшування із застосуванням вакуумної ферментації. Вакуумний насос 9 забезпечує забір вологи та вільного кисню із внутрішньої структури сировини, що сприяє заміщенню води ферментативними компонентами, які проникають у тканину продукту. Після завершення стадій бланшування та ферментації, підготовлена сировина надходить до накопичувальної ємності 5, звідки транспортується до стерилізатора OHMICO 7 за допомогою поршневих насосів 6. Застосування поршневих насосів обумовлене необхідністю збереження морфологічної цілісності продукту, зокрема уникнення його деформації під час

транспортування.

Альтернативна технологічна схема передбачає попередню обробку сировини методом бланшування з подальшою вакуумною ферментацією. У цьому варіанті тверді фракції сировини (фруктові кубики, ягоди, дольки) подаються транспортером 1 до бланшувача 8, де відбувається бланшування з одночасним вакуумуванням. На цьому етапі до сировини дозовано додаються: сироп із ємності 6, аскорбінова кислота як каталізатор ферментативного процесу з ємності 5, а також лимонна кислота з ємності 4. Застосування вакуумного насоса 9 забезпечує видалення вологи та вільного кисню, що створює умови для глибокого проникнення ферменту в тканину продукту з подальшим заміщенням води в клітинному матриксі.

Принцип роботи показаний на рисунку 4, складається з корпусу, в якому розміщені труби з скловолокнистою ізоляцією і з'єднані між собою колінами з нержавіючої сталі. На кінцях кожної труби електроди із нержавіючої сталі, що заземлені і підключені до електричного струму 50 Гц з визначеними характеристиками.

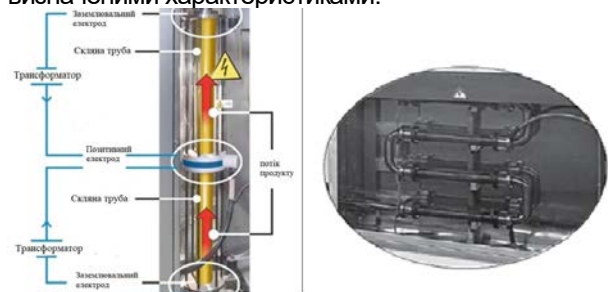
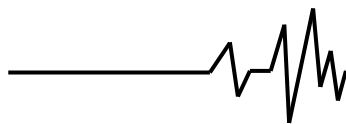


Рис. 4. Схема вакуумно-ферментативного бланшування з подальшою оммічною стерилізацією пюриподібної продукції з твердими фракціями

Блок труб захищений каркасом із полікарбонату і має два фланцевих з'єднання: один для входу продукту, а другий для виходу продукту. Електричний щит розміщений на одній основі і забезпечує управління і контроль процесом стерилізації.

Висновки. У результаті аналізу проблем зберігання фасованої харчової продукції протягом тривалого часу з урахуванням різних підходів та вимог до якості було встановлено, що традиційні методи консервування, засновані на високотемпературній обробці, все частіше піддаються критиці. Це пов'язано з тим, що такі методи значно погіршують поживні та смакові якості продуктів.

Сучасні вимоги до безпеки харчових продуктів, їхньої користі для здоров'я та екологічної безпеки вже не відповідають застарілим технологіям термічного консервування. У цьому контексті дедалі перспективнішими стають нові технології асептичного фасування, які активно



впроваджуються на підприємствах. Зокрема, використання високотемпературної імпульсної стерилізації в поєднанні з герметичною багатошаровою упаковкою дозволяє значно краще зберігати якість продукту.

Застосування стерилізаторів типу «труба в трубі» та спеціальних модулів типу OHMICO допомагає уникнути руйнування термочутливих компонентів, забезпечуючи при цьому мікробіологічну безпеку й тривалий термін зберігання продукції в герметичній асептичній упаковці.

Економічна доцільність цього підходу полягає не лише у зниженні витрат на енергію та логістику, а й у можливості гнучкого планування виробництва та продажу продукції з урахуванням сезонних змін на ринку сировини. Завдяки можливості зберігати продукцію у концентрованому вигляді під час піку врожаю й фасувати її в герметичну упаковку, підприємства можуть оптимізувати використання наявних ресурсів та ефективно планувати виробничі процеси.

Крім того, нові асептичні технології сприяють збереженню біохімічного складу продуктів і зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Це відкриває шлях до формування нового підходу до зберігання продукції – більш сучасного, ефективного та безпечного, який забезпечує тривалий термін зберігання з одночасним збереженням високої харчової цінності.

Перспективні напрями подальших досліджень у сфері тривалого зберігання фасованих харчових продуктів в асептичних умовах передбачають оновлення традиційних підходів. Зокрема, йдеться про поєднання новітніх високотехнологічних рішень, таких як нетермічна екструзія, адаптивна стерилізація з контрольованим змінним температурним режимом, а також інкапсуляція корисних речовин із використанням сучасних безпечних біополімерів.

Ці напрацювання сприятимуть формуванню нового підходу до забезпечення харчової цінності та якості продукції, який поєднує ефективність технології, енергозбереження та збереження поживних властивостей.

Список використаних джерел

1. Ahmed M. W., Hassan M. M., Alamri M. S., Shariati M. A., Rahimi G., Ariffin F. A review on active packaging for quality and safety of foods: Current trends, applications, prospects and challenges. *Food Packaging and Shelf Life*, 2022. P. 33–39.
2. Clodoveo M. L., Corbo F., Hijaz F., Hossain M. A. Overview on innovative packaging methods aimed to increase the shelf-life of cook-chill foods. *Foods*. 2021, 10 (9). P. 325–339.
3. Drago E., Campardelli R., Pettinato M., Perego P. Innovations in smart packaging concepts for

food: An extensive review. *Foods*. 2020, 9 (11). P. 1628–1635.

4. Fadji T., Coetzee C., Opara U. L. A review on antimicrobial packaging for extending the shelf life of food. *Processes*. 2023. 11(2), 590–615.

5. Karanth S., Bhatt P., Srivastava A., Singh R., Mishra S. Linking microbial contamination to food spoilage and food waste: The role of smart packaging, spoilage risk assessments, and date labeling. *Frontiers in Microbiology*. 2023, 14. P. 123–129.

6. Nilsen-Nygaard J., Strand R., Vaka M. R., Pettersen M. K., Moler H. Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. 20 (2). P. 1333–1380.

7. Siddiqui S. A., Roy A., Dar A. H., Arshad M. I. Applying innovative technological interventions in the preservation and packaging of fresh seafood products to minimize spoilage – A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*. 2024, 10 (8). P. 86–95.

8. Singh R., Gaur M., Kumar A., Verma R. Future of nanotechnology in food industry: Challenges in processing, packaging, and food safety. *Global Challenges*. 2023, 7 (4). P. 108–118.

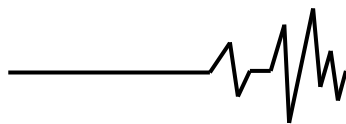
9. Versino F., López C. M., Ulansky E., García M. A. Sustainable and bio-based food packaging: A review on past and current design innovations. *Foods*. 2023, 12 (5). P. 1017–1028.

10. Yan M. R., Hsieh S., Ricacho N. Innovative food packaging, food quality and safety, and consumer perspectives. *Processes*. 2022, (4), P. 747–756.

11. Грицишин В. О. Екологічні аспекти застосування високочастотного випромінювання в харчовій промисловості. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування. Харчові технології*. 2024, №4 (14). С. 5–8.

References

1. Ahmed, M. W., Hassan, M. M., Alamri, M. S., Shariati, M. A., Rahimi, G., & Ariffin, F. 2022. A review on active packaging for quality and safety of foods: Current trends, applications, prospects and challenges. *Food Packaging and Shelf Life*, 33. [in English].
2. Clodoveo, M. L., Corbo, F., Hijaz, F., & Hossain, M. A. 2021. Overview on innovative packaging methods aimed to increase the shelf-life of cook-chill foods. *Foods*, 10(9). pp. 1–12. [in English].
3. Drago, E., Campardelli, R., Pettinato, M., & Perego, P. 2020. Innovations in smart packaging concepts for food: An extensive review. *Foods*, 9(11), 1628. [in English].
4. Fadji, T., Coetzee, C., & Opara, U. L. 2023. A review on antimicrobial packaging for extending the shelf life of food. *Processes*, 11(2), 590. [in English].
5. Karanth, S., Bhatt, P., Srivastava, A., Singh, R., & Mishra, S. 2023. Linking microbial



contamination to food spoilage and food waste: The role of smart packaging, spoilage risk assessments, and date labeling. *Frontiers in Microbiology*, 14. [in English].

6. Nilsen-Nygaard, J., Strand, R., Vaka, M. R., Pettersen, M. K., & Møller, H. 2021. Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20 (2), pp. 1333–1380. [in English].

7. Siddiqui, S. A., Roy, A., Dar, A. H., & Arshad, M. I. 2024. Applying innovative technological interventions in the preservation and packaging of fresh seafood products to minimize spoilage – A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 10(8). [in English].

8. Singh, R., Gaur, M., Kumar, A., & Verma, R. 2023. Future of nanotechnology in food industry: Challenges in processing, packaging, and food safety. *Global Challenges*, 7(4). [in English].

9. Versino, F., López, C. M., Ulansky, E., & García, M. A. 2023. Sustainable and bio-based food packaging: A review on past and current design innovations. *Foods*, 12(5), 1057. [in English].

10. Yan, M. R., Hsieh, S., & Ricacho, N. (2022). Innovative food packaging, food quality and safety, and consumer perspectives. *Processes*, 10 (4), 747. [in English].

11. Hryshchyshyn V. (2024). Ekologichni aspekty zastosuvannya vysokochastotnoho vyprominiuvannya v kharchovii promyslovosti. *Innovatsii ta tekhnologii v sferi posluh i kharchuvannya*. Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria. Environmental aspects of application. High frequency radiation in the food industry. *Innovations and technologies in the field of service and food*. Food technologies. №4 (14). S. 5–8. [in Ukrainian].

INNOVATIVE APPROACHES TO STORAGE OF PACKAGED FOOD

The article presents innovative approaches to the storage of pre-packaged food products utilizing aseptic packaging technology in large-capacity

containers. It provides an analysis of contemporary methods of food preservation and thermal processing, with a focus on the limitations of traditional approaches associated with the degradation of bioactive compounds, structural components, and sensory characteristics. It is established that prolonged storage of food products under thermal treatment conditions, particularly sterilization and pasteurization, fails to preserve the full spectrum of organoleptic properties and nutraceutical value of the products.

The study explores the operating principles of aseptic filling lines, which implement stepwise heating, sterilization, and cooling of the product, followed by packaging into hermetically sealed multilayer bags such as bag-in-box and bag-in-drum containers. The research substantiates that aseptic packaging enables long-term storage without the need for refrigeration, significantly reducing energy consumption.

Special attention is given to the technological process of sterilizing and packaging food products containing particulates (such as chunks, slices, and cubes) using the OHMISO sterilization module. The preservation of morphological integrity and organoleptic stability of such products is achieved through the optimization of thermal processing parameters, vacuum blanching, and the controlled addition of antioxidants.

The economic aspects of implementing aseptic packaging technology are also examined, including reduced logistics costs, elimination of the need for specialized transportation, the potential for container reuse, and enhanced flexibility in seasonal production planning.

In conclusion, aseptic packaging technology, when combined with modern sterilization systems, opens new opportunities for the preservation of food products, particularly for concentrated or structured semi-finished goods. The proposed method is positioned as a competitive alternative to freezing, with strong potential for industrial-scale implementation.

Keywords: aseptic packaging, sterilization, food products, tubular heat exchanger, bag-in-box, product storage, thermal processing, OHMISO, food safety, morphological integrity.

Відомості про авторів

Полевода Юрій Алікович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій факультету технології виробництва, переробки та робототехніки у тваринництві Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: vinyura36@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2485-0611>).

Грицишин Віктор Олександрович – здобувач наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 181 Харчові технології Вінницького національного аграрного університету.

Polievoda Yurii – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Bioengineering, Bio- and Food Technologies Faculty of Production Technology, Processing and Robotics in Animal Husbandry of the Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna St., 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: vinyura36@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2485-0611>).

Hryshchyshyn Viktor – recipient of a Doctor of Philosophy degree in specialty 181 Food Technologies of the Vinnytsia National Agrarian University.