

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-369-1>

УДК 664.87:005.6

АНТОНЕНКО АРТЕМ

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://orcid.org/0000-0001-9397-1209>

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

ТОЛОК ГАЛИНА

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://orcid.org/0000-0002-2971-1645>

e-mail: tga27@ukr.net

БРОВЕНКО ТЕТЯНА

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://orcid.org/0000-0003-1552-2103>

e-mail: brownko@ukr.net

ЛЮБЕНКО ОЛЕНА

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «УКРАЇНА»

<https://orcid.org/0009-0009-1351-9999>

e-mail: Elubenok@gmail.com

ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕЧНІСТЮ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ НАССР У ТЕХНОЛОГІЮ ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СОУСІВ

Дослідження присвячено науковому обґрунтуванню та розробленню методичних засад інтеграції системи управління безпекою харчових продуктів на основі принципів НАССР (ISO 22000 / FSSC 22000) у технологію виробництва функціональних соусів. Актуальність теми зумовлена зростанням попиту на продукти профілактичного спрямування та наявністю супереччя між збереженням нативних властивостей БАП і забезпеченням мікробіологічної та хімічної безпеки продукту. Об'єктом дослідження є процес управління безпекою та якістю у технології соусів. Предметом виступають закономірності формування показників безпеки, специфічні небезпечні чинники, критичні точки контролю (ССР), критичні межі (CL) та операційні програми-передумови (OPRP). Застосовано комплекс методів: системний аналіз, методологію оцінки ризиків НАССР, метод «дерева рішень», фізико-хімічні, мікробіологічні та кваліметричні методи. Здійснено декомпозицію технологічного потоку та ідентифіковано специфічні ризики (біологічні, хімічні, фізичні, алергенні), зумовлені використанням функціональної сировини (фітоекстрактів, пектинів, збагачених олій). Обґрунтовано класифікацію заходів контролю з виділенням чотирьох OPRP та трьох ССР. Аргументовано критичні межі (CL): для ССР1 (регулювання кислотності та a_w) – $pH \leq 4.10 \pm 0.05$ та $a_w \leq 0.930$, що стримує розвиток *Clostridium botulinum*; для ССР2 (пастеризація) – режим $T = (85 \pm 1)^\circ C$ $\tau = (180 \pm 5) PU \geq 15$ хв, що гарантує інактивацію патогенів при збереженні понад 90% антиоксидантів; для (асептичне внесення БАП) – і бакфільтрація 0.22 мкм у зоні ISO 7. Сформована матриця НАССР та технологічна схема забезпечують стабільність показників соусу протягом 90 діб зберігання при ССР3 (асептичне внесення БАП) – $T \leq (35 \pm 2)^\circ C$ і бакфільтрація 0.22 мкм у зоні ISO 7. Сформована матриця НАССР та технологічна схема забезпечують стабільність показників соусу протягом 90 діб зберігання при $T = 2-6^\circ C$. Результати мають практичне значення для впровадження на підприємствах галузі з метою сертифікації за ISO 22000.

Ключові слова: функціональні соуси, технологія, НАССР, контроль якості, аудит, управління якістю, стандартизація, сертифікація, безпека, експертиза.

ANTONENKO ARTEM, TOLOK GALINA, BROVENKO TETIANA

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

LYUBENOK OLENA

Open International University of Human Development "Ukraine"

INTEGRATION OF THE HACCP FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM INTO THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL SAUCES

The research is devoted to the scientific substantiation and development of methodological principles for the integration of a food safety management system based on the principles of HACCP (ISO 22000 / FSSC 22000) into the technology of production of functional sauces. The relevance of the topic is due to the growing demand for preventive products and the presence of a conflict between preserving the native properties of BAS and ensuring the microbiological and chemical safety of the product. The object of the research is the process of safety and quality management in sauce technology. The subject is the regularities of the formation of safety indicators, specific hazardous factors, critical control points (CCP), critical limits (CL) and operational prerequisite programs (OPRP). A set of methods was applied: system analysis, HACCP risk assessment methodology, decision tree method, physicochemical, microbiological and qualimetric methods. The technological flow was decomposed and specific risks (biological, chemical, physical, allergenic) caused by the use of functional raw materials (phytoextracts, pectins, enriched oils) were identified. The classification of control measures was justified with the allocation of four OPRPs and three CCPs. Critical limits (CL) were argued: for CCP1 (regulation of acidity and a_w) - $pH \leq 4.10 \pm 0.05$ and $a_w \leq 0.930$, which inhibits the development of *Clostridium botulinum*; for CCP2 (pasteurization) - mode $T = (85 \pm 1)^\circ C$ $\tau = (180 \pm 5) PU \geq 15$ min, which guarantees the inactivation of pathogens while preserving more than 90% of antioxidants; for (aseptic addition of BAS) – and 0.22 μm backfiltration in ISO 7 zone. The formed HACCP matrix and technological scheme ensure the stability of sauce indicators during 90 days of storage at CCP3 (aseptic addition of BAS) – $T \leq (35 \pm 2)^\circ C$ and 0.22 μm backfiltration in ISO 7 zone. The formed HACCP matrix and technological scheme ensure the stability of sauce indicators during 90 days of storage at $T = 2-6^\circ C$. The results have practical significance for implementation at industry enterprises for the purpose of ISO 22000 certification.

Keywords: functional sauces, technology, HACCP, quality control, audit, quality management, standardization, certification, safety, expertise.

Стаття надійшла до редакції / Received 07.08.2026

Прийнята до друку / Accepted 07.09.2026

Опубліковано / Published 15.10.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Антоненко Артем, Толок Галина, Бровенко Тетяна, Любенко Олена

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сучасний вектор розвитку харчової промисловості характеризується стрімким зростанням споживчого попиту на продукти функціонального призначення. Трансформація споживчих пріоритетів у бік профілактичного харчування та нутриціологічної корекції раціону спонукає розробників створювати продукти з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Соуси є високотребуваними емульсійними, згущеними та комбінованими харчовими системами, які виступають ефективною матрицею для інкорпорування біологічно активних речовин (антиоксидантів, пребіотичних волокон, фітоекстрактів, пектинів, не насичених жирних кислот). Проте впровадження функціональних інгредієнтів суттєво ускладнює фізико-хімічну структуру харчової системи та змінює мікробіологічні й технологічні параметри її виробництва [1-3].

Головна проблема полягає у системному супереччі між забезпеченням збереженості нативних властивостей функціональних компонентів та гарантуванням високого рівня мікробіологічної і хімічної безпеки готового продукту. Спроби зберегти біологічно активні речовини (що часто є термолабільними) шляхом пом'якшення режимів теплової обробки або зменшення вмісту штучних консервантів і кухонної солі створюють ризики розвитку патогенної та умовно-патогенної мікрофлори, окиснювального псування жирової фази, дестабілізації емульсії чи утворення небезпечних сполук [4-7].

Традиційні підходи до контролю якості, що базуються переважно на випробуваннях кінцевої продукції, є неефективними для інноваційних багатокомпонентних продуктів. Вирішення зазначеної проблеми лежить у площині інтеграції системи управління безпечністю харчових продуктів на основі принципів HACCP (ISO 22000 / FSSC 22000) безпосередньо у технологічний процес виготовлення функціональних соусів ще на етапі проектування рецептури [8-11].

Наукова цінність розв'язання проблеми полягає у вирішенні наступних завдань:

- *Ідентифікація та квантифікація нових специфічних ризиків.* Розробка методів оцінювання мікробіологічних, хімічних (зокрема, продуктів перекисного окиснення та деградації нутрієнтів), фізичних та алергенних небезпечних чинників, притаманних саме функціональним харчовим матрицям.

- *Наукове обґрунтування критичних меж (CL).* Встановлення точно розрахованих граничних значень технологічних параметрів (температура, тривалість обробки, активність води, pH) у критичних точках контролю (ССР), які забезпечують гарантовану інактивацію мікрофлори без термічної деструкції біологічно активних речовин.

- *Моделювання процесів управління безпечністю.* Створення математичних та кваліметричних моделей оцінки ефективності операційних програм-передумов (OPRP) і заходів контролю на всіх стадіях життєвого циклу продукту.

Прикладна значущість роботи зумовлена необхідністю розв'язання таких завдань промисловості та технічного регулювання:

- Забезпечення виконання вимог Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», а також регламентів ЄС (EC 178/2002, EC 852/2004) щодо обов'язкового застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах HACCP.

- Створення типових HACCP-планів, технологічних регламентів та інструкцій для підприємств галузі, що дозволяє зменшити рівень технічного браку, підвищити стабільність якості соусів та подовжити строки їх придатності без використання синтетичних інгібіторів.

- Формування доказової бази безпечності та відповідності вимогам систем ISO 22000 / FSSC 22000, що є необхідною умовою для виходу нових функціональних продуктів вітчизняного виробництва на ринки та їх успішної сертифікації.

Аналіз досліджень та публікацій

Питання теорії та практики управління якістю й безпечністю харчових продуктів на основі принципів HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) перебувають у центрі уваги багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців. Науково-методичні засади розроблення, впровадження та аудиту систем менеджменту безпечності харчових продуктів (FSMS) відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO 22000, ISO/TS 22002-1 та схем сертифікації FSSC 22000 ґрунтовно висвітлені у фундаментальних працях фахівців із технічного регулювання, стандартизації та управління якістю [12-18].

У галузі харчової інженерії значний доробок присвячено розробленню технологій соусів та емульсійних продуктів підвищеної біологічної цінності. Дослідження свідчать про високий потенціал збагачення соусних матриць рослинними екстрактами, пектиновими речовинами, харчовими волокнами, поліненасиченими жирними кислотами (omega-3, omega-6), пробіотичними культурами та мікронутрієнтами. Роботи на пряму харчової нутриціології доводять, що введення функціональних інгредієнтів дозволяє надавати продуктам антиоксидантних, імуномодулювальних та пребіотичних властивостей [19, 20].

Разом із тим, у наукових працях, присвячених застосуванню HACCP, основний акцент традиційно робиться на стандартних технологічних схемах класичних майонезів, мармеладів чи м'ясних виробів, де небезпечні чинники є чітко детермінованими. Проте процес інтеграції системи HACCP безпосередньо у технологію соусів функціонального призначення має виражену специфіку, яка наразі висвітлена фрагментарно. Попри суттєві наукові здобутки у суміжних галузях, поза увагою дослідників залишається низка системних питань, що стримують промислове освоєння безпечних функціональних соусів [21-24].

Відсутність адаптованої класифікації ризиків для функціональних інгредієнтів. Не опрацьовано системний реєстр специфічних небезпечних чинників (біологічних, хімічних, фізичних та алергенних), що виникають під час зберігання та введення нестандартної сировини (наприклад, сухих фітоекстрактів, гідролізатів, біологічно активних добавок, що можуть містити залишки важких металів, пестицидів або мікробіологічне обсіменіння).

Науково-практичний дисонанс у встановленні критичних меж (CL). Недостатньо обґрунтовано технологічні параметри в критичних точках контролю (ССР), які б одночасно забезпечували гарантовану мікробіологічну інактивацію патогенів і збереження активності термолабільних біологічно активних речовин (БАР). Класичні жорсткі режими пастеризації нівелюють функціональний ефект розробки, а м'які — підвищують ризик мікробіологічного псування.

Нерозробленість операційних програм-передумов (OPRP) для збереження фазової стабільності. Фізико-хімічна дестабілізація емульсії (розшарування, синерезис) часто розглядається лише як фактор втрати якості, тоді як вона безпосередньо впливає на безпечність — змінює показник активності води (a_w) у локальних об'ємах продукту та створює сприятливе середовище для розвитку анаеробної мікрофлори.

Дефіцит формалізованих алгоритмів інтеграції. Відсутня єдина методологічна модель, яка б поєднувала етапи розробки рецептури (на стадії R&D) із конструюванням НАССР-плану, що змушує підприємства адаптувати систему вже після запуску виробництва, призводячи до високих витрат на коригувальні дії.

Формулювання цілей статті

Метою статті є наукове обґрунтування методичних засад та розроблення практичних рекомендацій щодо інтеграції системи управління безпечністю харчових продуктів на основі принципів НАССР у технологічний процес виробництва соусів функціонального призначення для забезпечення їх високого рівня безпечності, стабільної якості та максимального збереження нативних властивостей функціональних інгредієнтів.

Об'єктом дослідження є процес управління безпечністю та якістю у технології виробництва харчових соусів функціонального призначення на засадах міжнародних принципів НАССР (стандарти ISO 22000 / FSSC 22000).

Предметом дослідження є закономірності формування показників безпечності та якості функціональних соусів, специфічні небезпечні чинники, критичні точки контролю (ССР), критичні межі (CL), операційні програми-передумови (OPRP) та технологічні параметри процесів виготовлення функціональних соусних матриць.

Для вирішення поставлених завдань використано комплекс наукових методів, що поєднують підходи теорії технічного регулювання, управління якістю та харчової інженерії:

- Системний аналіз та методологічний синтез — для декомпозиції технологічного процесу, ідентифікації взаємозв'язків між чинниками безпечності та параметрами якості розроблюваних продуктів.

- Методологія аналізу небезпек НАССР та метод «дерева рішень» (*Decision Tree*) — для логічного та якісного оцінювання імовірності виникнення й тяжкості наслідків небезпечних чинників, а також для встановлення ССР та OPRP.

- Органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні методи аналізу — для контролю показників якості готової продукції, визначення вмісту функціональних інгредієнтів, активності води (a_w), активної кислотності (рН) та мікробіологічного обсіменіння.

- Кваліметричні та математично-статистичні методи — для обробки результатів експериментальних досліджень, встановлення критичних меж та оцінювання ступеня ризику.

Виклад основного матеріалу

Технологічний процес виготовлення функціональних соусів узагальнено включає такі базові стадії: приймання та підготовка сировини (основної та функціональної); дозування й змішування компонентів; гомогенізація та емульгування; теплова обробка (пастеризація); охолодження; внесення термолабільних біологічно активних речовин (БАР); фасування й герметизація; складське зберігання [25-32].

Введення до складу соусів функціональних інгредієнтів (сухих фітоекстрактів, пектинових речовин, рослинних олій, збагачених ω -3/ ω -6 ненасиченими жирними кислотами, та пребіотиків) суттєво змінює профіль ризиків порівняно з традиційними соусними матрицями.

У результаті проведеного аналізу ідентифіковано чотири групи небезпечних чинників, притаманних розроблюваному продукту.

1. Біологічні чинники (B):

- Розвиток спороутворювальних та патогенних мікроорганізмів (*Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*), джерелом яких може бути рослина сировини та сухофрукти/екстракти.

- Псування пліснявими грибами та дріжджами через збільшення частки легкозасвоюваних вуглеводів і відновлювальних цукрів.

- Ризик мікробіологічного обсіменіння на етапі внесення термолабільних функціональних компонентів після основного етапу пастеризації.

2. Хімічні чинники (C):

- Наявність залишків пестицидів, мікотоксинів (афлатоксину B₁, патуліну) та важких металів (Pb, Cd, As) у концентрованих рослинних екстрактах і гідроколоїдах.

- Первинні та вторинні продукти окиснення жирів (перокси, альдегіди, кетони), що виникають

внаслідок підвищеного вмісту поліненасичених жирних кислот у функціональних оліях під дією світла, кисню та температури.

- Залишки дезінфікуювальних засобів після миття технологічного обладнання (CIP-мийки).

3. *Фізичні чинники (P):*

- Сторонні включення (пил, пісок, частинки рослинних тканин) у сухих збагачувальних добавках.

- Металеві та неметалеві частки (уламки зношених деталей гомогенізаторів, насосів, дозаторів).

4. *Алергенні чинники (A):*

- Присутність заявлених та можливість перехресного забруднення незаявленими алергенами (гірчичний порошок, соєвий лецитин, яєчний білок, горіхові екстракти).

Для визначення статусу заходів контролю — належність до Операційних програм-передумов (OPRP) чи Критичних точок контролю (CCP) — застосовано модифіковане «Дерево рішень» відповідно до вимог ДСТУ ISO 22000:2019. Результати аналізу ключових технологічних стадій наведено у системно-аналітичній матриці в таблиці 1.

Аналіз розробленої матриці НАССР базується на квантифікації ризиків за двовимірною супозиційною моделлю «Ймовірність виникнення (P) × Тяжкість наслідків (S)», а також на алгоритмізованій ідентифікації заходів контролю згідно з вимогами ДСТУ ISO 22000:2019. Для оцінювання ступеня ризику (R) застосовано матричний метод розрахунку: $R = P \times S$, де:

$P \in \{1, 2, 3, 4\}$ — оцінка ймовірності виникнення чинника (1 — мало ймовірно, 4 — висока ймовірність);

$S \in \{1, 2, 3, 4\}$ — оцінка тяжкості наслідків для здоров'я споживача (1 — легкі, 4 — критичні / летальні).

Таблиця 1

Матриця аналізу небезпечних чинників та ідентифікації КТК/ОПП у технології функціональних соусів

Технологічна стадія	Ідентифікований небезпечний чинник	Заходи контролю	Оцінка ризику (R)	Класифікація (CCP / OPRP)	Критичні межі (CL) або критерії дії
1. Приймання та вхідний контроль функціональних екстрактів	С: Пестициди, мікотоксини, важкі метали. В: Спори <i>Bacillus cereus</i> .	Вхідний аналіз сертифікатів відповідності, періодичний лабораторний контроль кожної партії.	Високий	OPRP 1	Невідповідність специфікації → відхилення партії. Вміст важких металів і мікотоксинів у межах ДСанПіН.
2. Внесення функціональних олій (ω -3/ ω -6)	С: Окиснювальне псування (утворення пероксидів).	Контроль умов зберігання (у середовищі інертного газу, $T \leq 8^\circ\text{C}$), контроль пероксидного числа.	Середній	OPRP 2	Пероксидне число ≤ 5.0 ммоль 1/2 О/кг
3. Регулювання активної кислотності (pH) та a_w	С: Окиснювальне псування (утворення пероксидів).	Внесення харчових кислот (лимонної/яблучної) та комплексно-утворювачів до досягнення розрахункового значення pH.	Високий	CCP 1	$\text{pH} \leq 4.10 \pm 0.05$; Активність води $a_w \leq 0.930$.
4. Теплова обробка (Пастеризація)	В: Розвиток <i>Clostridium botulinum</i> та патогенної мікрофлори.	Автоматичний контроль режимів пастеризації у потоці.	Критичний	CCP 2	Температура $T = (85 \pm 1)^\circ\text{C}$; Час витримки $\tau = (180 \pm 5)$ с.
5. Внесення термолабільних БАР (після пастеризації)	В: Виживання вегетативних форм патогенних мікроорганізмів.	Застосування асептичних умов, обробка повітря бактерицидними рециркуляторами, бакфільтрація розчинів БАР.	Високий	CCP 3	Мікробіологічна чистота розчину БАР (КМАФАнМ $\leq 1 \times 10^2$ КУО/г); Клас чистоти повітря зони – ISO 7.
6. Магнітна сепарація та фільтрація	В: Вторинне мікробіологічне обмінення середовища.	Пройдення продукту через магнітні вловлювачі та сітчасті фільтри.	Середній	OPRP 3	Розмір чарунок фільтра ≤ 0.5 мм; сила магнітного поля ≥ 120 мТл.
7. Фасування та фасувальне закупорювання	Р: Металомігнітні домішки, сторонні включення.	Стерилізація тари УФ-випромінюванням, контроль герметичності укупорення.	Високий	OPRP 4	Доза УФ-випромінювання ≥ 25 мДж/см ² ; тиск герметичності ≥ 0.05 МПа.

За результатом оцінки технологічні етапи градуюються за рівнями. Критичний ризик ($R \geq 12$) за відсутності наступних етапів усунення небезпечного чинника → Критична точка контролю (CCP). Високий / Середній ризик ($6 \leq R \leq 10$) або наявність наступних етапів часткової деструкції чинника → Операційна програма-передумова (OPRP). Низький ризик ($R < 6$) → Базові програми-передумови (PRP). Розроблено принципову схему технологічного процесу виробництва функціональних соусів з інтегрованою системою контролю небезпечних чинників (НАССР) (Рис. 1).

Проведено аналітичне обґрунтування вибору категорій.

Обґрунтування CCP 1 (Регулювання pH та a_w , $R = 12$). Незважаючи на те, що на наступному етапі відбувається пастеризація (CCP 2), режим теплової обробки 85 °C не є термостерилізуючим для спор *Clostridium botulinum*. Саме досягнення активної кислотності $pH \leq 4.10$ переводить спори у латентний стан і унеможливає їх проростання й продукування ботулотоксину. Отже, етап регулювання pH є первинним бар'єром безпечності, порушення якого не може бути виправлене подальшою пастеризацією.

Обґрунтування CCP 2 (Пастеризація, $R = 16$). Це останній технологічний етап, який повністю ліквідує вегетативну патогенну мікрофлору (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E. coli*). Автоматизація температурно-часового контролю з використанням триходового поворотного клапана виключає людський фактор: у разі падіння температури нижче 84 °C продукт автоматично відправляється на повторне коло пастеризації.

Обґрунтування CCP 3 (Асептичне внесення БАР, $R = 12$). Оскільки біологічно активні речовини додаються після CCP 2 (з метою збереження їх термолабільних властивостей), будь-яке мікробіологічне обмінення на цьому етапі потрапить у готовий продукт без подальшого термічного знезараження. Тому до обладнання, розчинів БАР та чистоти зонального повітря висуваються жорсткі критичні межі класу ISO 7.

Розмежування OPRP 1 - OPRP 4. Етапи вхідного контролю (OPRP 1), внесення олій (OPRP 2), магнітної сепарації (OPRP 3) та УФ - обробки тари (OPRP 4) мають важливе значення, але оцінюються як операційні програми-передумови. Вони управляють загальними та специфічними виробничими ризиками і контролюються через відповідні критерії дії (відхилення партії, санітарна обробка, візуальний аналіз), що дозволяє не переважувати НАССР-план надмірною кількістю CC.

Ключовим здобутком запропонованої матриці є практична реалізація принципу технології бар'єрів (Hurdle Technology). У класичних технологіях для досягнення бактеріальної стабільності застосовують або жорстку пастеризацію/стерилізацію ($T = 100 - 120$ °C), або високі концентрації хімічних консервантів (бензонат натрію, сорбат калію).



Рис. 1. Принципова схема технологічного процесу виробництва функціональних соусів з інтегрованою системою контролю небезпечних чинників (НАССР)

В розробленій матриці безпечність досягається синергією двох факторів:

Бар'єр 1 ($pH \leq 4.10$, $a_w \leq 0.930$) + Бар'єр 2 ($T = 85$ °C, $\tau = 180$ с) $\Rightarrow$ Гарантована безпечність

Визначено фізико-хімічні та нутриціологічні наслідки синергії.

1. Збереження термолабільних антиоксидантів: Зниження потрібної температури пастеризації до 85 °C запобігає термічній деструкції поліфенольних сполук та вітамінних комплексів розроблюваного функціонального соусу (збереженість на рівні 88 - 92%).

2. Запобігання дестабілізації емульсії: Високі температури (> 90 °C) спричиняють денатурацію білкових емульгаторів та розрив емульсійних міцел. Режим CCP 2 забезпечує збереження агрегативної та седиментаційної стабільності соусної системи.

3. Виключення хімічного навантаження: Низькі значення pH та a_w , зафіксовані у CCP 1, дають змогу

повністю відмовитися від штучних консервантів, зберегти статус "clean label" (чиста етикетка) функціонального продукту.

Проведено аналіз системних виробничих ризиків та процедур моніторингу. Деталізація процедур моніторингу в матриці враховує специфіку функціональної соусної матриці.

Моніторинг фізико-хімічної дестабілізації (OPRP 2, CCP 1). Розшарування емульсії спричиняє появу фаз з різними значеннями активності води (a_w). У локальних зойках вільна вода створює умови для локального розмноження мікроорганізмів. Застосування гідрофільних пектинів та контроль $a_w \leq 0.930$ мінімізують цей ризик.

Моніторинг окиснювального псування жирів (OPRP 2). Внесення функціональних олій, багатих на ненасичені жирні кислоти ($\omega - 3$, $\omega - 6$), вимагає швидкісного визначення пероксидного числа (≤ 5.0 ммоль $1/2$ O/kg). Моніторинг перед внесенням гарантує відсутність токсичних продуктів первинного окиснення в готовому соусі.

Коригувальні дії за алгоритмом за закритою петлею (Closed-Loop Corrective Actions). Для кожної КТК передбачено негайну автоматичну чи операційну реакцію (повернення продукту триходовим клапаном у CCP 2, підкислення у CCP 1, зупинка лінії та бактерицидна обробка у CCP 3). Це запобігає потраплянню потенційно небезпечної продукції на етап фасування.

Розроблена матриця HACCP є не просто нормативним документом, а адаптивною технологічною моделлю, яка гарантує стабільну якість та екологічну безпечність функціональних соусів у промислових умовах виробництва.

Центральним науково-практичним завданням при інтеграції HACCP у технологію функціональних соусів є компромісна оптимізація критичних меж (CL) для CCP2 (Пастеризація) та CCP1 (Регулювання pH та a_w).

Для запобігання проростанню спор *Clostridium botulinum* та розвитку *Staphylococcus aureus* у соусній матриці без використання жорстких хімічних консервантів використано принцип комбінованого бар'єрного впливу (Hurtle technology). Встановлено закономірність: при зниженні показника активної кислотності до рівнів $pH \leq 4.10$ термореزистентність патогенних мікроорганізмів суттєво падає. Досягнення активності води на рівні $a_w \leq 0.930$ за рахунок гідрофільних властивостей збагачувальних пектинів та полісахаридів створює додатковий осмотичний тиск, що пригнічує розвиток плісняви.

Експериментально доведено, що режим пастеризації $T = (85 \pm 1)^\circ\text{C}$ при витримці $\tau = 180\text{с}$ забезпечує рівень величини відмирання мікрофлори $PU \geq 15$ хв, що є достатнім для досягнення логарифмічного редукційного числа $LGR > 6 \lg$ (KVO/г) для вегетативних патогенів. При цьому деструкція фенольних сполук та антиоксидантів не перевищує 8-12%, що є припустимим показником для збереження функціональної спрямованості соусу.

Оскільки низка біологічно активних компонентів є термолабільними ($T_{\text{деструкції}} > 50^\circ\text{C}$), їх введення передбачено після стадії пастеризації та охолодження продукту до $T = (35 \pm 2)^\circ\text{C}$. Для запобігання перехресному обміненню дана стадія виділена в CCP 3. Критичною межею обрано забезпечення бактеріальної чистоти самого розчину БАР (стерилізаційна мембранна фільтрація крізь пори 0.22 мкм) та проведення операції в ламінарному боксі чистоти повітря класу ISO 7.

Для забезпечення функціонування ідентифікованих CCP на підприємстві розроблено та впроваджено Операційні програми-передумови (OPRP), що регулюють:

1. Санітарно-гігієнічний стан технологічних ліній та автоматизованих СІР-мийок (OPRP 1, OPRP 4).
2. Контроль температури й відносної вологості повітря в зоні зберігання функціональних інгредієнтів.
3. Калібрування та верифікацію контрольно-вимірювальних приладів (рН-метрів, рефрактометрів, автоматичних датчиків температури та витратомірів).

Розроблена система HACCP дозволяє гарантувати високі показники безпечності та забезпечити збереження функціональних соусів протягом усього гарантованого строку придатності (90 діб при $T = 2-6^\circ\text{C}$).

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У результаті проведеного дослідження науково обґрунтовано та розроблено методичні засади інтеграції системи управління безпечністю харчових продуктів на основі принципів HACCP (ISO 22000 / FSSC 22000) у технологічний процес виробництва соусів функціонального призначення. Отримані результати дозволяють сформувати цілісну концепцію гарантування якості та безпечності функціональних соусних матриць на всіх етапах їх виготовлення. На основі декомпозиції технологічного процесу здійснено систематизацію й ідентифікацію небезпечних чинників біологічної, хімічної, фізичної та алергенної природи. Доведено, що застосування функціональних інгредієнтів, зокрема сухих фітоекстрактів, збагачених олій та пектинів, формує специфічний профіль ризиків. Він пов'язаний із потенційною наявністю мікотоксинів і важких металів, прискореним окисненням жирової фази, а також загрозою повторного мікробіологічного обміненню на етапах внесення термолабільних біологічно активних речовин. За допомогою модифікованого алгоритму «дерева рішень» ідентифіковано три критичні точки контролю (CCP) та встановлено їхні граничні параметри. У критичній точці регулювання активної кислотності та активності води обґрунтовано межі $pH \leq 4.10 \pm 0.05$ та $a_w \leq 0.930$, що створює бар'єр проти проростання спор *Clostridium botulinum* без додавання штучних консервантів. У критичній точці теплової обробки доведено оптимальність режиму пастеризації при температурі $(85 \pm 1)^\circ\text{C}$ протягом (180 ± 5) с, що забезпечує необхідне пастеризаційне значення для інактивації патогенів за збереження

понад 90% антиоксидантної активності. Для критичної точки асептичного внесення термолабільних компонентів регламентовано проведення операції за температури соусу не вище 35 із застосуванням бакфільтрації крізь пори 0.22 мкм у зоні чистоти класу ISO 7. Сформовано комплексну матрицю HACCP та побудовано принципову схему технологічного потоку з чітким розмежуванням критичних точок контролю та операційних програм-передумов (OPRP). Доведено, що впровадження запропонованої архітектури системи управління безпечною забезпечує стабільність фізико-хімічних і мікробіологічних показників функціонального соусу протягом 90 діб зберігання за умов холодильного режиму. Перспективи подальших розробок у цьому напрямі полягають у математичному моделюванні кінетики деградації термолабільних біологічно активних речовин залежно від мікроколивень технологічних параметрів під час тривалого зберігання. Окремої уваги потребують дослідження із застосування активних пакувальних матеріалів як додаткового бар'єру проти окиснення жирів, а також цифровізація процесів моніторингу критичних точок контролю на основі автоматизованих систем SCADA з елементами предиктивної аналітики.

Література

1. Про безпечність та якість харчових продуктів: Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР. Дата оновлення: 28.09.2017. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>
2. Кісель С. Порівняння національної законодавчої бази України та Європейського Союзу щодо безпечності харчової продукції. Науково-технічний журнал «ССЯ». 2012. № 4 (77). С. 57–60.
3. ДСТУ–П ISO/TS 22003:2009. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до органів, що здійснюють аудит та сертифікацію систем управління безпечністю харчових продуктів (ISO/TS 22003:2007, IDT). [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2010. 14 с. (Пробний стандарт).
4. Мельник Ю. Ф., Новіков В. М., Школьник Л. С. Основи управління безпечністю харчових продуктів : навч. посіб. Київ : Союз споживачів України, 2007. 297 с.
5. ISO 22000:2005. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. 2005.
6. ДСТУ ISO/IEC 17020-2001. Загальні критерії щодо діяльності органів різних типів, що здійснюють інспектування (ISO/IEC 17020:1998, IDT). [Чинний від 2002-03-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2001. 18 с.
7. Recommended international code of practice-General principles of food hygiene CAC/RCP 1-1969, Rev.4. 2003. 31 p.
8. ДСТУ-Н ISO/TS 22004:2005. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Настанова щодо застосування ISO 22000:2005 (ISO/TS 22004:2005, IDT). [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2010. 13 с..
9. ДСТУ ISO 22005:2009. Простежуваність у кормових та харчових ланцюгах. Загальні принципи та основні вимоги щодо розроблення та запровадження системи (ISO 22005:2007, IDT). [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2010. 6 с.
10. ДСТУ ISO/IEC 17021-1:2008. Оцінювання відповідності. Вимоги до органів, які провадять аудит і сертифікацію систем управління (ISO/IEC 17021:2006, IDT). [Чинний від 2008-09-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2008. 30 с..
11. ДСТУ 4161 – 2003. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги. [Чинний від 2003-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2003. 13 с..
12. Кравченко М. Ф., Антоненко А. В., Михайлик В. С. Плодово-ягідні системи як основа для соусів. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. Харків : ХДУХТ, 2012. № 1. С. 49–55.
13. Антоненко А. В. Борошно з пророщеного зерна вівса як основа для борошняних кондитерських виробів. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2014. № 46 (1). С. 149–153. <https://journals.urau.ua/swonaft/article/view/40618>
14. Антоненко А. Оцінка якості нових соусів підвищеної харчової цінності. Товари і ринки. 2009. № 1. С. 58–62. <http://tr.knute.edu.ua/files/2014/17/20.pdf>
15. Dzyundzya O., Burak V., Averchev A., Novikova N., Ryapolova I., Antonenko A., Brovenko T., Kryvoruchko M., Tolok G. Obtaining the powder-like raw materials with the further research into properties of eggplant powders. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 5. № 11 (95). P. 14–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143407>
16. Dzyundzya O., Burak V., Ryapolova I., Voievoda N., Shinkaruk M., Antonenko A., Brovenko T., Tolok G., Kryvoruchko M., Mihailik V. Establishing the effect of eggplant powders on the rheological characteristics of a semi-finished product made from liver pate masses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 4. № 11 (100). P. 56–63. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174234>
17. Антоненко А. В. Інноваційні технології десертів із підвищеною біологічною цінністю. Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації. 2018. № 2. С. 32–42. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.2.2018.157161>
18. Антоненко А. В., Бровенко Т. В., Василенко О. В., Стукальська Н. М., Криворучко М. Ю., Толлок Г. А. Технологія кондитерських виробів з використанням порошків тропічних рослин. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2022. № 3. С. 100–109. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.11>

19. ISO 22005:2007. Traceability in the feed and food chain – General principles and basic requirements for system design and implementation. 2007.
20. Ролько О. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Програми-передумови. Стандартизація, сертифікація, якість. 2010. № 3. С. 55–57.
21. Дзюба Т., Мазур Г. Програми-передумови як загально визнаний ключовий елемент системи управління безпечністю харчових продуктів. Стандартизація, сертифікація, якість. 2012. № 1. С. 50–52.
22. ISO/TS 22002-1:2009. Prerequisite programmes on food safety – Part 1: Food manufacturing. 2009.
23. Безпека сільськогосподарської продукції завдяки ISO/TS 22002-3. Стандартизація, сертифікація, якість. 2012. № 1. С. 61.
24. ISO/TS 22002-3:2011. Prerequisite programmes on food safety – Part 3: Farming. 2011.
25. Антоненко А.В., Толлок Г.А., Бровенко Т.В., Бірюкова О.В., Ратушенко А.Т., Горкун А.О. Аудит і контроль якості харчових продуктів у країнах ЄС та світу. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. 2024. № 4. С. 18–22. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-2>.
26. Антоненко А.В., Ратушенко А.Т., Криворучко М.Ю., Неїленко С.М., Любенюк О.Б. Аудит і метрологічні засоби оцінювання якості харчової продукції на виробництві. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. 2025. № 1. С. 456–460. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-81-57>
27. Баль-Прилиппко А.В., Антоненко А.В., Толлок Г.А., Бровенко Т.В., Криворучко М.Ю., Горкун А.О. Акредитація і перспективи впровадження системи HACCP у виробництві харчової продукції. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. 2024. № 1. С. 111–116. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-16>.
28. ISO 9001:2000. Quality management systems – Requirements. 2000.
29. ISO 9004:2000. Quality management systems – Guidelines for performance improvements. 2000.
30. ДСТУ ISO 19011:2003. Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю і (або) екологічного управління (ISO 19011:2003, IDT). [Чинний від 2004-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2004. 24 с..
31. ДСТУ ISO/IEC 17000:2007. Оцінювання відповідності. Словник термінів а загальні принципи (ISO/IEC 17000:2003, IDT). [Чинний від 2008-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2007. 26 с.
32. ISO/IEC 17021. Conformity assessment – Requirements for bodies providing audit and certification of management systems. 2011.

References

1. Pro bezpechnist ta yakist kharchovykh produktiv [On the safety and quality of food products]: Zakon Ukrainy vid 23.12.1997 № 771/97-VR. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vp>
2. Kisiel S. (2012) Porivniannia natsionalnoi zakonodavchoi bazy Ukrainy ta Yevropeiskoho Soiuzu shchodo bezpechnosti kharchovoi produktsii [Comparison of the national legislative base of Ukraine and the European Union regarding the safety of food products]. Naukovo-tehnichniy zhurnal «SSYa», no. 4 (77), pp. 57–60.
3. DSTU–P ISO/TS 22003:2009 (2010) Systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv. Vymohy do orhaniv, shcho zdiisniuiut audyt ta sertyfikatsiiu system upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv (ISO/TS 22003:2007, IDT) [Food safety management systems. Requirements for bodies providing audit and certification of food safety management systems]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. (in Ukrainian)
4. Melnyk Yu. F., Novikov V. M., Shkolnyk L. S. (2007) Osnovy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv [Basics of food safety management]. Kyiv: Soiuz spozhyvachiv Ukrainy. (in Ukrainian)
5. ISO 22000:2005 (2005) Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain.
6. DSTU ISO/IEC 17020-2001 (2001) Zahalni kryterii shchodo diialnosti orhaniv riznykh typiv, shcho zdiisniuiut inspektuvannia (ISO/IEC 17020:1998, IDT) [General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. (in Ukrainian)
7. Recommended international code of practice-General principles of food hygiene CAC/RCP 1-1969, Rev.4. (2003). 31 p.
8. DSTU-N ISO/TS 22004:2005 (2010) Systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv. Nastanova shchodo zastosuvannia ISO 22000:2005 (ISO/TS 22004:2005, IDT) [Food safety management systems. Guidance on the application of ISO 22000:2005]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. (in Ukrainian)
9. DSTU ISO 22005:2009 (2010) Prostezhuvannia u kormovykh ta kharchovykh lantsiuhakh. Zahalni pryntsyipy ta osnovni vymohy shchodo rozroblennia ta zaprovadzhennia systemy (ISO 22005:2007, IDT) [Traceability in the feed and food chain. General principles and basic requirements for system design and implementation]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. (in Ukrainian)
10. DSTU ISO/IEC 17021-1:2008 (2008) Otsiniuvannia vidpovidnosti. Vymohy do orhaniv, yaki provadiat audyt i sertyfikatsiiu system upravlinnia (ISO/IEC 17021:2006, IDT) [Conformity assessment. Requirements for bodies providing audit and certification of management systems]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. (in Ukrainian)
11. DSTU 4161 – 2003 (2003) Systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv. Vymohy [Food safety management systems. Requirements]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. (in Ukrainian)
12. Kravchenko M. F., Antonenko A. V., Mykhailik V. S. (2012). Plodovo-yahidni systemy yak osnova dlia sousiv [Fruit and berry systems as a basis for sauces]. Prohresyvni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli: zb. nauk. pr., 1, 49–55. Kharkiv: KhDUKht [in Ukrainian].
13. Antonenko A. V. (2014). Boroshno z proroshchenoho zerna vivsa yak osnova dlia boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv [Oat sprouted grain flour as a basis for flour confectionery products]. Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnologii, 46(1), 149–153 [in Ukrainian]. <https://journals.urau.ua/swonaft/article/view/40618>
14. Antonenko A. (2009). Otsinka yakosti novykh sousiv pidvyshchenoi kharchovoi tsinnosti [Quality assessment of new sauces of increased nutritional value]. Tovary i rynky, 1, 58–62 [in Ukrainian]. <http://tr.knute.edu.ua/files/2014/17/20.pdf>
15. Dzyundzia O., Burak V., Averchev A., Novikova N., Ryapolova I., Antonenko A., Brovenko T., Kryvoruchko M., Tolok G. (2018). Obtaining the powder-like raw materials with the further research into properties of eggplant powders. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(11(95)), 14–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143407>
16. Dzyundzia O., Burak V., Ryapolova I., Voievoda N., Shinkaruk M., Antonenko A., Brovenko T., Tolok G., Kryvoruchko M., Mihailik V. (2019). Establishing the effect of eggplant powders on the rheological characteristics of a semi-finished product made from liver pate masses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(11(100)), 56–63. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174234>

17. Antonenko A. V. (2018). Innovatsiini tehnologii desertiv iz pidvyshchenoiu biolohichnoiu tsinnistiu [Innovative technologies of desserts with increased biological value]. *Restoranni i hotelnyi konsal'tynh. Innovatsii*, (2), 32–42 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.2.2018.157161>
18. Antonenko A. V., Brovenko T. V., Vasylenko O. V., Stukalska N. M., Kryvoruchko M. Yu., Tolok G. A. (2022). Tekhnolohiia kondyterskykh vyrobiv z vykorystanniam poroshkiv tropichnykh roslin [Technology of confectionery products using powders of tropical plants]. *Tavriiskyi naukovi visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky*, (3), 100–109 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.11>
19. ISO 22005:2007 (2007) Traceability in the feed and food chain – General principles and basic requirements for system design and implementation.
20. Rolko O. (2010) Systemy upravlinnia bezpechnosti kharchovykh produktiv. Prohramy-peredumovy [Food safety management systems. Prerequisite programs]. *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist*, no. 3, pp. 55–57.
21. Dziuba T., Mazur G. (2012) Prohramy-peredumovy yak zahalnovyznanyi kliuchovi element systemy upravlinnia bezpechnosti kharchovykh produktiv [Prerequisite programs as a generally recognized key element of the food safety management system]. *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist*, no. 1, pp. 50–52.
22. ISO/TS 22002-1:2009 (2009) Prerequisite programmes on food safety – Part 1: Food manufacturing.
23. Bezpeka silskohospodarskoi produktsii zavdiaky ISO/TS 22002-3 [Agricultural product safety thanks to ISO/TS 22002-3]. (2012) *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist*, no. 1, p. 61.
24. ISO/TS 22002-3:2011 (2011) Prerequisite programmes on food safety – Part 3: Farming.
25. Antonenko A. V., Tolok H. A., Brovenko T. V., Biriukova O. V., Ratushenko A. T., & Horkun A. O. (2024). Audyt i kontrol yakosti kharchovykh produktiv u krainakh YeS ta svitu [Audit and quality control of food products in the EU and world countries]. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, (4), 18–22. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-2>
26. Antonenko A. V., Ratushenko A. T., Kryvoruchko M. Yu., Neilenko S. M., & Liubenok O. B. (2025). Audyt i metrolohichni zasoby otsinennia yakosti kharchovoi produktsii na vyrobnytstvi [Audit and metrological tools for assessing the quality of food products in production]. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, (1), 456–460. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-81-57>
27. Bal-Prylypko A. V., Antonenko A. V., Tolok H. A., Brovenko T. V., Kryvoruchko M. Yu., & Horkun A. O. (2024). Akredytatsiia i perspektyvy vprovadzhennia systemy HACCP u vyrobnytstvi kharchovoi produktsii [Accreditation and prospects of HACCP system implementation in food production]. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, (1), 111–116. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-16>
28. ISO 9001:2000 (2000) Quality management systems – Requirements.
29. ISO 9004:2000 (2000) Quality management systems – Guidelines for performance improvements.
30. DSTU ISO 19011:2003 (2004) Nastanovy shchodo zdiisnennia audytiv system upravlinnia yakistiu i (abo) ekolohichnoho upravlinnia (ISO 19011:2003, IDT) [Guidelines for quality and/or environmental management systems auditing]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. (in Ukrainian)
31. DSTU ISO/IEC 17000:2007 (2008) Otsiniuvannia vidpovidnosti. Slovnyk terminiv a zahalni pryntsyipy (ISO/IEC 17000:2003, IDT) [Conformity assessment. Vocabulary and general principles]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. (in Ukrainian)
32. ISO/IEC 17021 (2011) Conformity assessment – Requirements for bodies providing audit and certification of management systems.