

Л.М. Тележенко, А.А. Дубина

Одеський національний технологічний університет

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА БЕЗПЕКОВІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ПИВНОЇ ДРОБИНИ, ЯК ІННОВАЦІЙНОГО ІНГРЕДІЄНТА У ВИРОБНИЦТВІ КОМБІНОВАНИХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

У статті представлено науково обґрунтований підхід до оцінювання мікробіологічної безпечності курячих котлет як комбінованих м'ясних продуктів з додаванням пивної дробини у вигляді порошку, попередньо гідратованого у молочній сироватці. Проведені дослідження продемонстрували, що введення гідратованої дробини не спричиняє підвищення загального мікробного числа та не стає джерелом пато- чи умовно-патогенної мікрофлори. Порівняння мікробіологічних показників фаршу та готових виробів показало істотну редукцію кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) після парової обробки та повну інактивацію індикаторної мікрофлори, що підтверджує ефективність технологічних параметрів. Додатково встановлено, що споруутворювальні мікроорганізми зберігаються на рівні, значно нижчому від нормативного, що свідчить про коректність вибору умов гідратації дробини та особливостей теплового режиму. На основі отриманих даних розроблено систему НАССР (англ. – Hazard Analysis and Critical Control Points, укр. – Аналіз небезпечних факторів і контроль у критичних точках), у якій визначено критичні контрольні точки, пов'язані з прийманням курячої сировини, гідратацією дробини, термообробкою та охолодженням продукції. Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні функціональної ролі пивної дробини як мікробіологічно безпечного інгредієнта, здатного інтегруватися у структуру м'ясної системи без ризику підвищення мікробіологічного навантаження. Практичне значення полягає у можливості використання гідратованої дробини в технології січених м'ясних виробів для підвищення їхньої харчової цінності та формування стабільних показників безпечності відповідно до вимог НАССР. Отримані результати підтверджують технологічну доцільність використання гідратованої пивної дробини у рецептурі комбінованих м'ясних виробів та обґрунтовують можливість застосування таких продуктів при складанні раціонів функціонального і дієтичного харчування, та відкриває перспективи для її ширшого застосування в харчовій промисловості.

**Ключові слова:** пивна дробина, харчові відходи, м'ясні продукти, текстура, консистенція, екологічно чисті продукти харчування.

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасні підходи до раціонального харчування передбачають створення продуктів, здатних забезпечувати організм людини повноцінним набором поживних речовин. Зростання попиту на білкові продукти стимулює розвиток інноваційних технологій, спрямованих на раціональне використання сировини та ефективне поєднання білків різного походження [1, с. 2–4]. Одним із перспективних напрямів є виробництво комбінованих м'ясних продуктів, що поєднують тваринні білки з рослинними та молочними компонентами з метою підвищення харчової цінності та оптимізації собівартості.

Створення комбінованих продуктів потребує ретельного добору білково-вуглеводних складових, здатних формувати стабільні дисперсні системи з бажаними органолептичними та текстурними характеристиками. Важливим аспектом технологічної розробки є формування структури виробу з прогнозованими властивостями, що досягається шляхом контролю взаємодії між білковими та волокнистими компонентами, а також їх стійкості до механічної, термічної та хімічної дії під час обробки [4, с. 829–830].

В умовах сучасного ресторанного господарства та харчової промисловості актуальними є технології, що забезпечують швидкість приготування, стабільну якість та безпечність продукту.

Останніми роками значної уваги набули побічні продукти харчової промисловості, які можуть виконувати функціональну роль у харчових рецептурах. Одним із таких інгредієнтів є пивна дробина – доступне джерело рослинного білка та харчових волокон. Її застосування у фаршевих м'ясних системах розглядається як інноваційне рішення, що дозволяє покращити структурно-механічні властивості продуктів, підвищити вологозатримувальну здатність, оптимізувати текстуру та зменшити використання дорогих тваринних білків [1, с. 15–20; 3, с. 123–128].

Технологічний ефект пивної дробини значною мірою залежить від форми її внесення. Вологий продукт, висушений порошок або попередньо гідратована дробина взаємодіють із білками курячого м'яса по-різному. Особливу практичну цінність має модифікація пивної дробини шляхом гідратації у молочній сироватці, що може підсилювати її функціональні властивості та забезпечувати кращу сумісність із білками тваринного походження [2, с. 10–12; 6 с. 18–22].

Попри численні дослідження щодо харчової цінності та структуроутворювальної ролі пивної дробини, недостатньо вивченими залишаються технологічні та безпекові аспекти її використання у новітніх рецептурах комбінованих м'ясних виробів. Зокрема, потребує уточнення вплив різних форм дробини на

мікробіологічні показники фаршу і готового продукту, рівень безпечності під час виробництва та термічної обробки.

Таким чином, актуальність дослідження зумовлена необхідністю комплексного аналізу можливостей використання пивної дробини як інноваційного інгредієнта у технології комбінованих м'ясних продуктів, з акцентом на її технологічну ефективність, вплив на якість та мікробіологічну безпечність готових виробів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Упродовж останніх років зростає кількість досліджень, присвячених використанню пивної дробини як функціонального інгредієнта у продуктах харчування, зокрема в м'ясних або аналогах м'яса. У більшості робіт пивна дробина розглядається як джерело харчових волокон і білків, здатне формувати дисперсні структури у м'ясних продуктах, підвищуючи їхню вологоутримувальну здатність, проте дані про її мікробіологічну безпечність у реальних технологічних умовах залишаються недокінця дослідженими.

У роботі [1, с. 10–18] Тапіа Д. зі співавторами проаналізували технологічні переваги додавання дробини до м'ясних продуктів, проте автори підкреслюють, що використання цього побічного продукту пивоваріння потребує контролю мікробного навантаження через можливу присутність спор *Bacillus spp.*, властиву зерновій сировині [1, с. 10–18]. Однак прямі дослідження впливу дробини на мікробіологічні показники м'ясних систем у роботі відсутні.

У дослідженні [2, с. 6–12] Бліді С. зі співавторами розглянули взаємодію білкових систем із меланоїдинами пивної дробини. Автори відзначають можливу антиоксидантну дію цих сполук, але також звертають увагу на необхідність контролю мікробіологічних ризиків при застосуванні дробини у білкових матрицях, оскільки її обробка не завжди гарантує зниження контамінації нижче критичних меж [2, с. 6–12].

Практичні аспекти застосування дробини у структуроутворювальних продуктах досліджено українськими авторами Чепурною О. та Штонда О., які зазначають, що під час розробки білкових текстуратів із додаванням дробини необхідно враховувати її природне мікробне обсіменіння, особливо у випадку використання дробини у сухому або недостатньо обробленому стані [3, с. 122–128]. Автори не проводили аналізу патогенної чи спороутворювальної мікрофлори, що актуалізує подальше вивчення цього питання.

Окремі роботи присвячені ферментативній модифікації дробини та дослідженню її впливу на білкову матрицю. У статті Юе Фан зі співавторами демонструють, що ферментативна обробка дробини підсилює її функціональні властивості, однак автори наголошують, що мікробіологічні ризики при цьому не зменшуються автоматично і потребують додаткового контролю, зокрема при гідратації дробини [4, с. 826–829].

Значну увагу у фахових джерелах приділено використанню молочних білків та сироватки у м'ясних системах. У роботі Барбут С. показано, що сироваткові

білки здатні формувати стабільну гелеву матрицю та знижувати втрати під час термообробки. Науковці також підкреслюють, що поєднання м'ясних і молочних білків змінює мікробіологічний профіль продукту, оскільки сироватка є поживним середовищем, яке потребує суворого температурного контролю під час зберігання та при безпосередньому додаванні до інших інгредієнтів [5, с. 1321–1323].

Однак у наявних публікаціях практично відсутні дослідження, які б комплексно оцінювали мікробіологічний стан фаршу з додаванням пивної дробини, гідратованої саме у молочній сироватці; готових м'ясних виробів після парової термічної обробки; динаміки змін мікробного навантаження на всіх етапах технологічного процесу; ризиків, пов'язаних із проростанням спор *Bacillus cereus*; та інтеграцію отриманих результатів у систему НАССР для розроблення технології виготовлення комбінованих м'ясних виробів з додаванням нового рослинного компонента – пивної дробини.

Таким чином, попри зростання кількості праць, більшість досліджень зосереджені на функціональних або структурних властивостях дробини, тоді як мікробіологічна безпечність у контексті реальної технології виробництва комбінованих м'ясних виробів із гідратованою дробиною досліджена недостатньо. Це визначає актуальність комплексної оцінки мікробіологічних показників фаршу та готових котлет, розроблення науково обґрунтованої системи НАССР та визначення критичних контрольних точок, що становить мету даної роботи.

**Мета статті.** Комплексно оцінити мікробіологічні показники фаршу та готових курячих котлет із додаванням пивної дробини, попередньо гідратованої у молочній сироватці, а також розробити науково обґрунтовану систему НАССР для технології їх виробництва з метою забезпечення мікробіологічної безпечності та стабільної якості продукту.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** На базі незалежної випробувальної лабораторії «Екодія» (м. Київ) були проведені мікробіологічні дослідження показників якості розроблюваних січених м'ясних напівфабрикатів з курячого м'яса (фарш) та готового продукту (котлети) з додаванням порошку пивної дробини попередньо гідратованого у молочній сироватці для встановлення рівня їх безпечності. У Таблиці 1 наведено дослідження санітарно-мікробіологічних показників фаршу для курячих котлет з додаванням порошку пивної дробини гідратованої попередньо у молочній сироватці у порівнянні з нормативами.

Санітарно-мікробіологічний аналіз фаршу продемонстрував, що загальне мікробне число (КМА-ФАНМ) становило  $5 \times 10^5$  КУО/г, що відповідає нижній межі допустимого нормативного діапазону ( $5 \times 10^5$ – $5 \times 10^6$  КУО/г [ДСТУ 8446:2015 (Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів)]). Такий рівень засвідчує задовільний мікробіологічний стан сировини й відсутність ознак мікробіального

**Таблиця 1 – Санітарно-мікробіологічні показники січених напівфабрикатів з курячого м'яса з додаванням порошку пивної дробини гідратованої попередньо у молочній сироватці у порівнянні з нормативними значеннями**

№	Показник	Отримане значення	Нормативні показники
1	КМАФАнМ КУО/г	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5 - 5 \times 10^6$
2	БГКП (коліформні)	$\leq 100$ КУО/г	допускається
3	E. coli КУО/г	$\leq 500$ КУО/г	500–5000
4	Klebsiella pneumoniae	Не виявлено	норма
5	Staphylococcus aureus	Не виявлено	норма
6	Enterococcus faecalis	50 КУО/г	допускається
7	Proteus mirabilis	Не виявлено	норма
8	Bacillus cereus	$\leq 500$ КУО/г	для напівфабрикатів $\leq 10^3$
9	Candida spp.	Не виявлено	норма
10	Clostridium botulinum	Не виявлено	не допускається
11	Listeria monocytogenes	Не виявлено	$\leq 100$
12	Плісняві гриби	Не виявлено	норма
13	Salmonella spp. (в 25 г)	Не виявлено	не допускається

Джерело: авторські дослідження

псування. Це характерно для якісного свіжо-приготованого м'ясного фаршу, у складі якого відсутні консерванти та інгібуючі добавки, тобто речовини, які сповільнюють або зупиняють хімічні або біологічні процеси.

Рівень колиформних бактерій не перевищував 100 КУО/г, що свідчить про адекватну санітарну гігієну під час виготовлення напівфабрикатів. Escherichia coli виявлено на рівні  $\leq 500$  КУО/г, що відповідає мінімальному значенню нормативного діапазону (500–5000 КУО/г [ГОСТ 30518-97 (Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій групи кишкових паличок (коліформних бактерій))]). Ці показники демонструють відсутність фекального забруднення та ефективність дотримання методу «холодного ланцюга».

Із умовно-патогенних мікроорганізмів у фарші виявлено лише Enterococcus faecalis у концентрації 50 КУО/г, що також є допустимим. Кількість Bacillus

cereus, які потенційно пов'язані із зерною сировиною, зокрема пивною дробиною, був на рівні  $\leq 500$  КУО/г, що вдвічі нижче максимально допустимого показника ( $\leq 10^3$  КУО/г) для напівфабрикатів. Низький рівень вмісту спор Bacillus spp. свідчить про коректність підготовки дробини (сушіння-гідратація), а також про відсутність її мікробіологічної активізації під час гідратації у молочній сироватці.

Усі патогенні мікроорганізми (Salmonella spp., Listeria monocytogenes, Clostridium botulinum), а також дріжджі, плісняві гриби, Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae та Proteus mirabilis не були виявлені. Це свідчить про високий санітарно-гігієнічний стан сировини, безпечність інгредієнтів і виключає ризик появи токсикоінфекцій на етапі формування сирого напівфабрикату.

У Таблиці 2 наведено санітарно-мікробіологічні показники готових курячих котлет з додаванням

**Таблиця 2 – Санітарно-мікробіологічні показники готових котлет з курячого м'яса з додаванням порошку пивної дробини гідратованої попередньо у молочній сироватці у порівнянні з нормативними значеннями**

№	Показник	Отримане значення	Нормативні показники
1	КМАФАнМ КУО/г	$3 \times 10^3$	$\leq 5 \times 10^6$
2	БГКП (коліформні)	Не виявлено	допускається відсутність або низькі рівні
3	E. coli КУО/г	$\leq 10$ КУО/г (на межі чутливості методу)	500–5000 (для м'яса птиці за протоколом)
4	Klebsiella pneumoniae	Не виявлено	норма
5	Staphylococcus aureus	Не виявлено	норма
6	Enterococcus faecalis	10 КУО/г	допускається
7	Proteus mirabilis	Не виявлено	норма
8	Bacillus cereus	$\leq 100$ КУО/г	(для готових страв зазвичай $\leq 10^2 - 10^3$ )
9	Candida spp.	Не виявлено	норма
10	Clostridium botulinum	Не виявлено	не допускається
11	Listeria monocytogenes	Не виявлено	$\leq 100$
12	Плісняві гриби	Не виявлено	норма
13	Salmonella spp. (в 25 г)	Не виявлено	не допускається

Джерело: авторські дослідження

порошку пивної дробини, гідратованої попередньо у молочній сироватці, у порівнянні з нормативами.

Після термічної обробки рівень мікробного обсіменіння суттєво знизився. КМАФАнМ становив  $3 \times 10^3$  КУО/г, що є типовим показником для продуктів із м'яса птиці після термічної обробки [9, с. 125–134]. Коліформні бактерії та *E. coli* не виявлені ( $\leq 10$  КУО/г – межа чутливості методу), що підтверджує ефективність парової термічної обробки та відсутність вторинної контамінації.

Кількість *Enterococcus faecalis* зменшилася до 10 КУО/г, що корелює з їжною помірною термостійкістю. *Bacillus cereus* визначено на рівні  $\leq 100$  КУО/г – у 5 разів нижче, ніж у фарші. Така редукція підтверджує ефективність теплової деструкції вегетативних клітин і контрольованість процесу охолодження, який часто є критичним щодо проростання спор.

Усі патогенні мікроорганізми у готовому продукті були повністю відсутні. Це підтверджує, що технологічний процес забезпечує високий рівень безпечності та може бути рекомендований для виробництва дієтичних та функціональних продуктів харчування [8, с. 125–134].

Для визначення впливу технологічних етапів на мікробіологічний стан продукту проведено порівняльний аналіз показників сирого фаршу (Таблиця 1) та готових курячих котлет (Таблиця 2), виготовлених із додаванням порошкоподібної пивної дробини, попередньо гідратованої у молочній сироватці. Отримані результати дають змогу простежити динаміку змін мікробного обсіменіння під впливом термічної обробки та подальшого охолодження.

На етапі формування сирого фаршу загальне мікробне число (КМАФАнМ) становило  $5 \times 10^5$  КУО/г, що відповідає нижній межі нормативного діапазону та свідчить про належний мікробіологічний стан сировини. У фарші виявлено низькі рівні індикаторної мікрофлори, які є типовими для продуктів із додаванням рослинних волокон, а саме: БГКП  $\leq 100$  КУО/г, *E. coli*  $\leq 500$  КУО/г, наявний *Enterococcus faecalis* (50 КУО/г), а також невисокий рівень *Bacillus cereus* ( $\leq 500$  КУО/г). Патогенні мікроорганізми, дріжджі, плісняві гриби та представники умовно-патогенної мікрофлори (*Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*) не виявлені в обох зразках.

Після парової термічної обробки (98–100 °С протягом 35 хв) мікробіологічний профіль продукту суттєво змінився. У готових котлетах рівень КМАФАнМ знизився до  $3 \times 10^3$  КУО/г, тобто приблизно у 150 разів, що є очікуваним результатом після термічної обробки м'ясних виробів [8, с. 125–134]. Коліформні бактерії, *E. coli* та більшість умовно-патогенних мікроорганізмів були повністю інактивовані. Концентрація *Enterococcus faecalis* зменшилася до 10 КУО/г, що свідчить про часткову термостійкість цих бактерій, але отримані значення залишаються у межах норми. Кількість *Bacillus cereus* знизилася до  $\leq 100$  КУО/г, що у п'ять разів менше, ніж у сирому фарші, і відповідає

вимогам для готових страв. Патогенні мікроорганізми (*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*), дріжджі та плісняві гриби не були виявлені в обох зразках.

Отримані результати підтверджують, що застосування гідратованої пивної дробини у рецептурі є мікробіологічно безпечним, а технологічний процес контрольованим і таким, що забезпечує відповідність готової продукції чинним нормативам якості та безпечності.

На основі цих результатів та даних дослідження Т. Брикової [7, с. 93–109] авторами було сформовано узагальнену таблицю ризиків і критичних контрольних точок НАССР за методикою описаною (Таблиця 3).

Запропонована система НАССР передбачає чотири критичні точки, що найбільше впливають на мікробіологічний стан продукту, а саме:

1) ККТ-1 – на етапі приймання курячої сировини.

Ризик наявності *Salmonella*, високий рівень КМАФАнМ;

Критична межа: партія приймається лише за наявності супроводжуваної документації; температура при доставці  $\leq +4$  °С; візуально без ознак псування; за вибірковим контролем – відсутність *Salmonella* в 25 г (за протоколом); КМАФАнМ  $\leq 5 \times 10^6$  КУО/г (нормативний показник для сирого м'яса).

Моніторинг: перевірка температури кожної вантажної одиниці при прийманні; візуальний огляд; документальна перевірка сертифікатів; вибіркові мікробіологічні дослідження – щомісяця або за зміною постачальника.

Частота моніторингу: кожна партія.

Коригувальні дії: відмовити у прийманні та повернути постачальнику або відправити партію на утилізацію; маркування та ізоляція підозрілих партій; повідомлення керівника відділу з якості та безпечності продукції.

Необхідні записи: акт приймання, журнал температур, сертифікати постачальника, результати мікробіології.

2) ККТ-2 – на етапі підготовки та безпосередньої гідратації пивної дробини у молочній сироватці.

Ризик: розмноження бактерій (в т.ч. *Bacillus* spp.), розвиток грибів при тривалій тепловій гідратації.

Критична межа: час гідратації  $\leq 15$  хв; температура сироватки при гідратації  $\leq 6$  °С; використання чистої (санітарно-контрольованої) сироватки; стерильність емностей.

Моніторинг: замір температури сироватки до та після гідратації; фіксація часу гідратації; візуальне оцінювання (запах, сторонні домішки); періодичні мікробіологічні проби дробини (щомісяця або нова партія).

Частота моніторингу: кожна підготовка порції дробини перед додаванням до технологічного процесу.

Коригувальні дії: якщо температура  $> 6$  °С або час  $> 15$  хв – необхідно утилізувати підготовлену дробину; провести санітарну обробку обладнання; перевірити температуру сироватки, постачальника; документувати відхилення.

**Таблиця 3 – Аналіз небезпечних факторів та визначення критичних контрольних точок (ККТ) для виробництва курячих котлет з додаванням пивної дробини, гідратованої у молочній сироватці**

№	Етап виробництва	Потенційні небезпечні фактори	Тип небезпеки	Оцінка ризику	ККТ	Заходи контролю	Граничні значення	Моніторинг	Коригувальні дії
1	Приймання курячої сировини	Salmonella spp., Campylobacter spp., високе КМАФАнМ	Мікробіологічна	Високий	ККТ1	Перевірка сертифікатів, температури доставки	$T \leq +4 \text{ }^\circ\text{C}$	Візуальний контроль, термометрія	Відмова від партії
2	Зберігання сировини	Розмноження мікрофлори	Мікробіологічна	Середній	–	Холодильне зберігання	$0 \dots +4 \text{ }^\circ\text{C}$	Термометрія	Переміщення в охолодження, списання
3	Підготовка пивної дробини (гідратація)	Контамінація Bacillus cereus, розвиток грибів	Мікробіологічна	Середній	ККТ2	Гідратація $\leq 15$ хв, $T$ сироватки $\leq 6 \text{ }^\circ\text{C}$	Час/температура	Журнал часу	Повторна підготовка, утилізація
4	Подрібнення м'яса	Переносна контамінація поверхонь	Мікробіологічна	Середній	–	Миття/дезінфекція обладнання	–	Санітарний контроль	Повторна санація
5	Виготовлення фаршу	Контамінація E. coli, коліформами	Мікробіологічна	Середній	–	Дотримання гігієни, чисті інструменти	–	Перевірка чистоти	Корекція санітарного режиму
6	Формування котлет	Вторинне забруднення	Мікробіологічна	Низький	–	Використання рукавичок, чистих поверхонь	–	Візуальний контроль	Усунення порушень
7	Термічна обробка на пару	Недостатня інактивація патогенів	Мікробіологічна	Високий	ККТ3	Парова обробка $\geq 98-100 \text{ }^\circ\text{C}$ , $\geq 35$ хв	$T$ у центрі $\geq 75 \text{ }^\circ\text{C}$	Термощуп	Додаткова обробка
8	Охолодження готових котлет	Проростання спор B. cereus	Мікробіологічна	Високий	ККТ4	Швидке охолодження	$\leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$ за 2 год	Термометрія	Повторне охолодження або утилізація
9	Зберігання та реалізація	Розмноження мікрофлори	Мікробіологічна	Середній	–	$+2 \dots 6 \text{ }^\circ\text{C}$	Контроль температури	Усунення відхилень	

Джерело: авторські дослідження

Необхідні записи: журнал гідратації (дата, час, температура, оператор), проби мікробіології.

3) ККТ-3 – безпосередньо в процесі приготування на пару.

Ризик: недостатній час термічної обробки, що призведе до залишкових патогенів (Salmonella, Listeria, E. coli) та індикаторної мікрофлори.

Критична межа: парова обробка при  $98 \dots 100 \text{ }^\circ\text{C}$  протягом  $\geq 35$  хв; температура у центрі виробу  $\geq 75 \text{ }^\circ\text{C}$  (фіксована щупом).

Моніторинг: безперервний контроль часу та температури парової камери; вимірювання температури в центрі виробу термощупом для кожної партії (вибірково: мін. 3 зразки на партію).

Частота моніторингу: кожна технологічна партія; вимір центральної температури у кожній партії (мінімально 3 вимірювання).

Коригувальні дії: якщо температура в центрі становить  $< 75 \text{ }^\circ\text{C}$  – необхідно продовжити термічну обробку до досягнення допустимих норм; якщо обладнання

несправне – необхідно зупинити лінію, маркувати партію як підозрілу та провести мікробіологічний аналіз; у разі неможливості довести до досягнення допустимих значень – партію утилізувати.

Необхідні записи: журнал парової обробки (час, температура, оператор), протоколи вимірювань щупом.

4) ККТ-4 – на етапі охолодження готових котлет.

Ризик: проростання спор Bacillus spp. та інше розмноження мікроорганізмів при повільному охолодженні.

Критична межа: охолодження до  $\leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$  протягом  $\leq 2$  годин (ціль – пришвидшити зниження температури в центрі виробу). Для тривалого зберігання при  $+2 \dots +6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Моніторинг: контроль температури продукту при виході з парової камери та після охолодження; контроль температури в камері охолодження; час від закінчення термообробки до досягнення температури  $\leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Частота моніторингу: кожна партія – вимір на виході і через 30–60 хв; реєстрація кожні 15–30 хв під час охолодження.

Коригувальні дії: якщо через 2 години не досягнуто температури  $\leq 10$  °C, необхідно прискорити процес охолодження (холодильний потік, шокова камера) або розглянути варіант утилізації партії; провести санітарну перевірку обладнання; оцінити ризик та провести вибіркові мікробіологічні дослідження партії.

Необхідні записи: журнал охолодження (час, температура), протоколи коригувальних дій.

Визначені ключові критичні контрольні точки дозволяють ефективно попереджати виникнення небезпечних мікробіологічних факторів і забезпечують стабільність якості готового продукту. Аналіз мікробіологічних показників фаршу і готових котлет підтверджує релевантність вибраних критичних меж: термічна обробка забезпечує істотну редукцію індикаторної мікрофлори (КМАФАнМ знижується у приблизно на 150 разів), повністю інактивує коліформні бактерії та патогени, а правильно організований процес охолодження запобігає проростанню спор *Bacillus cereus*. Розроблена система НАССР забезпечує повний контроль критичних етапів, що впливають на мікробіологічну безпеку продукції та підтверджує технологічну доцільність застосування гідратованої пивної

дробини у рецептурі дієтичних та функціональних продуктів харчування.

**Висновки.** У ході дослідження встановлено технологічну ефективність та мікробіологічну безпеку використання порошкоподібної пивної дробини, попередньо гідратованої у молочній сироватці, у технології виготовлення комбінованих м'ясних виробів. Аналіз мікробіологічних показників продемонстрував, що як сирий фарш, так і готовий продукт повністю відповідають чинним нормативним вимогам безпеки і якості харчових продуктів. На основі отриманих результатів сформовано науково обґрунтовану систему НАССР, у якій визначено чотири критичні контрольні точки: приймання курячої сировини, гідратація дробини, термічна обробка, охолодження. Встановлені критичні межі, заходи контролю, процедури моніторингу та коригувальні дії дозволяють мінімізувати ризики, пов'язані з можливим мікробіологічним забрудненням, та забезпечують безпеку готового продукту. Розроблена система НАССР може бути впроваджена на підприємствах ресторанного господарства та харчової промисловості для гарантування високої якості та безпеки продукції.

### Список використаних джерел:

1. Tapia D., Quiñones J., Martínez A., Millahual E., Campagnol P. C. B., Sepúlveda N., Diaz R. The Silent Revolution of Brewer's Spent Grain: Meat/Food Innovations Through Circularity, Resource Recovery, and Nutritional Synergy — A Review. *Foods*. 2025. Vol. 14, № 19. Article 3389. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004640000256>
2. Bliidi S., Troise A. D., Zazzaroni M., De Pascale S., Cottin S., Sturrock K., Scaloni A., Fiore A. Effect of brewer's spent grain melanoidins on Maillard reaction products during storage of whey protein model systems. *Current Research in Food Science*. 2024. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100767>
3. Chepurna O., Shtonda O. Application of brewer's spent grain in the technology of protein texturates for the meat processing industry. *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, № 4. С. 120–131. DOI: <https://doi.org/10.31548/animal.4.2024.120>
4. Fan Y., Zheng X., Annamalai P. K., Bhandari B., Prakash S. Improving texture and microstructure of legume-based meat analogues using brewer's spent grain via enzymatic modification. *Food & Function*. 2021. Vol. 12. P. 826–836. DOI: <https://doi.org/10.1039/D4FB00045E>
5. Barbut S. Effect of milk powders and their components on texture, yield and color of model poultry meat systems. *Food Research International*. 2001. Vol. 34, № 2-3. P. 131–138. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11178761/>
6. Stojceska V., Ainsworth P., Plunkett A., et al. Utilization of brewery wastes in food industry. *Peer J*. 2022. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14193389>
7. Brykova T. HACCP system in the production of semi-finished products. *Commodity science. Technologies. Engineering*. Vol. 50, № 2 (Jun. 2024), P. 93–109. DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2024\(50\)07](https://doi.org/10.31617/2.2024(50)07)
8. Ряполова І.О. Експертиза м'ясних кулінарних страв дієтичного спрямування за показниками якості. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. Вип. 50, №1 С. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.1.14>

### References:

1. Tapia, D., Quiñones, J., Martínez, A., Millahual, E., Campagnol, P. C. B., Sepúlveda, N., & Diaz, R. (2025). The silent revolution of brewer's spent grain: Meat/food innovations through circularity, resource recovery, and nutritional synergy — A review. *Foods*, Vol. 14, No. 19. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14193389>
2. Bliidi, S., Troise, A. D., Zazzaroni, M., De Pascale, S., Cottin, S., Sturrock, K., Scaloni, A., & Fiore, A. (2024). Effect of brewer's spent grain melanoidins on Maillard reaction products during storage of whey protein model systems. *Current Research in Food Science*, Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100767>
3. Chepurna, O., & Shtonda, O. (2024). Application of brewer's spent grain in the technology of protein texturates for the meat processing industry. *Animal Science and Food Technology*, Vol. 15, No. 4. PP. 120–131. DOI: <https://doi.org/10.31548/animal.4.2024.120>
4. Fan, Y., Zheng, X., Annamalai, P. K., Bhandari, B., & Prakash, S. (2021). Improving texture and microstructure of legume-based meat analogues using brewer's spent grain via enzymatic modification. *Food & Function*, Is.12, pp. 826–836. DOI: <https://doi.org/10.1039/D4FB00045E>
5. Barbut, S. (2001). Effect of milk powders and their components on texture, yield and color of model poultry meat systems. *Food Research International*, Vol. 34, no. 2-3, pp. 131–138. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004640000256>

6. Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., et al. (2022). Utilization of brewery wastes in food industry. *PeerJ*, Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.9427>
7. Brykova T. HACCP system in the production of semi-finished products. *Commodity science. Technologies. Engineering*. Vol. 50, № 2 (Jun. 2024), P. 93–109. DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2024\(50\)07](https://doi.org/10.31617/2.2024(50)07)
8. Ryapolova I.O. Examination of dietary meat dishes according to quality indicators. *Tavriya Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*. Issue 50, No. 1, pp. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.1.14>

**Liubov Telezhenko, Anna Dubyna**  
Odesa National University of Technology

**TECHNOLOGICAL AND SAFETY ASPECTS OF USING BEER GRAINS  
AS AN INNOVATIVE INGREDIENT IN THE PRODUCTION  
OF COMBINED MEAT PRODUCTS**

*The article presents a scientifically based approach to assessing the microbiological safety of chicken cutlets as combined meat products with the addition of beer grain in the form of powder, pre-hydrated in milk whey. The studies showed that the addition of hydrated brewers' grains does not cause an increase in the total microbial count and does not become a source of pathogenic or conditionally pathogenic microflora. A comparison of the microbiological indicators of minced meat and finished products showed a significant reduction in the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (KMAFA) after steam treatment and complete inactivation of indicator microflora, confirming the effectiveness of the technological parameters. Additionally, it was found that spore-forming microorganisms remain at a level significantly lower than the norm, which indicates the correctness of the choice of conditions for mince hydration and the characteristics of the thermal regime. Based on the data obtained, a HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) system was developed, which identifies critical control points related to the acceptance of chicken raw materials, hydration of minced meat, heat treatment, and cooling of products. The scientific novelty of the work lies in substantiating the functional role of beer grain as a microbiologically safe ingredient capable of integrating into the structure of the meat system without the risk of increasing the microbiological load. The practical significance lies in the possibility of using hydrated spent grain in the technology of minced meat products to increase their nutritional value and form stable safety indicators in accordance with HACCP requirements. The results obtained confirm the technological feasibility of using hydrated brewers' grains in the recipe for combined meat products and justify the possibility of using such products in the composition of functional and dietary nutrition, and open up prospects for its wider use in the food industry.*

**Keywords:** beer grain, food waste, meat products, texture, consistency, environmentally friendly food products.

Стаття надійшла: 07.11.2025

Стаття прийнята: 28.11.2025

Стаття опублікована: 17.12.2025