

НАУКОВІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ІМІТОВАНОЇ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Манолі Т. А., к.т.н, доцент, Суханов А. С., здобувач наук. ступеню PhD,
Мирошніченко О.М., к.т.н, доцент, Баришева Я. О., PhD, асистент
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Анотація. У статті висвітлюються актуальні аспекти виробництва, контролю якості та безпеки крабових паличок, що є популярним продуктом з сурімі на українському та світовому ринках. У статті наведено основні історичні моменти та причини появи такого асортименту, як імітована продукція. Описано технологічний процес виготовлення сурімі, який є концентрованим рибним білком, та його перетворення на імітований продукт. У статті приділено увагу основним проблемам виробництва імітованої продукції, пов'язаними з відсутністю традиційних сировинних джерел для виробництва сурімі, необхідністю розробки технологій переробки у фарш сурімі вітчизняних сировинних джерел. Проаналізовано ключові етапи технології, включаючи вибір сировини (рибної та нерибної), вдосконалення рецептур та методів обробки для покращення гелеутворюючої здатності і сенсорних характеристик продукту. Особливу увагу приділено екологічним аспектам виробництва, зокрема, пошуку способів зменшення споживання води під час промивання фаршу, що є важливим для сталого розвитку галузі. Розглянуто питання безпеки харчових продуктів, зокрема застосування «бар'єрних технологій» та біоконсервантів для збільшення терміну придатності та запобігання росту патогенних мікроорганізмів, таких як *Listeria monocytogenes*. Показано, що застосування натуральних консервантів, зростає в майбутньому, що визначається зростанням споживчого попиту на органічні, свіжі та харчові продукти тривалого терміну зберігання. Наведено приклади інноваційних рішень, включаючи використання їстівних плівок та перспективність 3D-друку для створення продуктів із сурімі. Стаття підкреслює, що сучасні тренди в харчовій промисловості, такі як «натуральність» і «чиста етикетка», вимагають постійного удосконалення технологій виробництва. Це сприяє не лише задоволенню зростаючого попиту на якісну та безпечну продукцію, а й ефективному використанню білкових ресурсів, що є важливою проблемою сьогодення.

Ключові слова: крабові палички, технологія, сурімі, безпека, якість, білки, гелеутворююча здатність, сенсорний аналіз.

Вступ. Український ринок крабових паличок перебуває на новому етапі розвитку, який супроводжується зміною споживчих уподобань. Покупці дедалі частіше віддають перевагу якіснішій продукції, навіть якщо вона коштує дорожче, порівняно з товарами низької якості із сумнівним хімічним складом. Виробники та імпортери активно розширюють свої потужності та асортимент, демонструючи позитивну динаміку фінансових і ринкових показників [1].

За даними О. Андрощук & Н. Голембовська (2025) 2024 рік відзначився значним ростом обсягів експорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів (+79,2 % проти 2023 року). Однією з основних товарних позицій експорту була готова продукція із сурімі (крабові палички) [2].

Продукти заданих складу та структури мають низку переваг у порівнянні з традиційними продуктами. Так, у харчовому виробництві використовуються нові джерела сировини (дрібні види риб, риби зниженої товарної цінності) і забезпечується комплексність його переробки. Аналоги, як правило, більш стабільні у зберіганні, зручні для роздрібної торгівлі та вживання у порівнянні з традиційними харчовими продуктами. Аналоги за своїми якісними показниками не поступаються натуральним продуктам, а часто і перевершують їх, що вирішує певною мірою питання забезпечення населення дефіцитними продуктами (ікрою, м'ясом лососевих, крабів). Виробництво аналогів є економічно доцільним.

Попри досить високий рівень обізнаності споживачів щодо продукції харчових підприємств, у суспільстві існує чимало хибних уявлень. Наприклад, багато хто помилково вважає, що крабові палички містять справжнє м'ясо краба. Однак реальність інша: справжнє м'ясо краба, особливо його преміальні частини (хвостові ноги та клешневі кінцівки), є дорогим делікатесом.

За даними українського онлайн ринку, перша фаланга краба коштує близько 12000 грн за кілограм, а морожені частини у панцирі – приблизно 6000 грн за кілограм. Сире м'ясо має драглисту, напівпрозору консистенцію і є досить складним у вилученні з панцира. Воно також характеризується високою біологічною цінністю [3-5]. Натомість крабові палички виготовляються із сурімі – рибного фаршу. Сурімі – це концентрований рибний білок, позбавлений ліпідів, крові, низькомолекулярних азотистих сполук, що надають певний рибний запах та смак. Їхня ціна (160-300 грн за 500 грамів) одразу дає зрозуміти, що справжнього крабового м'яса у цьому продукті немає. Вартість крабових паличок значною мірою визначається складом: обсягом сурімі, типом структуроутворювачів і використанням природних барвників. Більш доступні вироби зазвичай містять від 25 до 30 % сурімі. Спочатку крабові палички виготовляли майже виключно з сурімі, що забезпечувало високий вміст білка – близько 14 %. Однак із часом, для здешевлення виробництва, частка

фаршу в рецептурі стала зменшуватися. Склад, вказаний на етикетках, часто піддається критиці через вміст барвників, структуроутворювачів і відсутність натуральних компонентів. Це зумовлює неоднозначне ставлення українських споживачів до цього продукту. Проте в Японії, звідки походять крабові палички, культура їх споживання зовсім інша. Там вони цінуються як невід'ємна частина національної кухні. У країні навіть існує музей камабоко – виробу із сурімі, який є основою для крабових паличок. Елітні набори камабоко, які дарують на свята, можуть досягати вартості в \$ 100 [6]. У Японії сурімі вважається корисним харчовим продуктом, який рекомендують навіть для раціону немовлят.

Пошук та інтеграція нових компонентів для створення імітованих харчових продуктів, способів забезпечити мікробіологічну стабільність та подовження термінів зберігання з метою досягнення відповідності сучасним трендам у харчуванні, залишаються предметом численних наукових досліджень.

Мета статті. Метою статті є аналіз існуючих проблем та перспектив вдосконалення технології виробництва крабових паличок, а також оцінка їх якості та безпечності з урахуванням сучасних ринкових трендів і вимог сталого розвитку.

Для досягнення цієї мети у статті вирішуються такі завдання:

- дослідити особливості технології виробництва сурімі та його застосування для імітації м'яса ракоподібних;
- проаналізувати питання якості крабових паличок, зокрема, вплив сировини (рибної та нерибної), рецептурних компонентів та технологічних операцій на їх гелеутворюючу здатність і сенсорні властивості;
- оцінити аспекти безпечності продукції, включаючи мікробіологічні ризики (зокрема, *Listeria monocytogenes*) та застосування «бар'єрних технологій» для їх мінімізації;
- визначити шляхи вдосконалення виробництва з урахуванням екологічної ефективності та сучасних споживчих трендів (наприклад, «натуральність» і «чиста етикетка»);
- обґрунтувати актуальність розробки інноваційних підходів (таких як їстівні плівки, 3D-друк) для підвищення конкурентоспроможності та розширення асортименту продукції.

Виклад основного матеріалу. Попит на продукцію з сурімі зростає, що сприяє розвитку та удосконаленню технології та збільшенню обсягів виробництва сурімі. Близько 250 000 тонн сурімі з минтая Аляски, 40 000 тонн сурімі з інших холодноводних риб, 650 000 тонн сурімі з тропічних риб, 60 000 тонн сурімі з прісноводних риб та 10 000 тонн сурімі з інших видів риб були серед більш ніж одного мільйона тонн сурімі, вироблених у світі у 2020 році [7].

Технологія сурімі виникла ще у Південно-Східній Азії більше тисячі років тому. У перекладі з японської «сурімі» означає «промита перемелена риба». Завдяки нейтральному смаку та відсутності запаху сурімі почали використовувати для імітації різних морепродуктів [6]. У 1970-х роках Японія зіткнулася з дефіцитом натурального крабового м'яса, вартість якого почала стрімко зростати. Це спонукало місцевих кухарів створити альтернативний продукт – кані-камабоко («крабове філе»), що за текстурою та смаком нагадує м'ясо краба. Він швидко здобув популярність не лише в Японії, але й став одним із небагатьох традиційних японських продуктів, які отримали визнання на Заході. Промислова технологія виробництва сурімі стала основою для створення імітацій багатьох морепродуктів: хвостів креветок, омарів, кальмарових кілець тощо. У Південній Кореї, Китаї та інших країнах Азії у 1970-х почали активно будувати фабрики для виробництва цих продуктів.

Імітація крабових паличок належить до найвідоміших прикладів харчових продуктів, створених за принципом заміщення, і користується популярністю у усьому світі. У нашій країні є виробничі потужності для виробництва імітованої продукції з сурімі. Тому аналіз проблем в технології продукції, імітуючої м'ясо ракоподібних, є актуальним. Основу цих виробів становить сурімі. Значна частина досліджень у цій галузі зосереджена на пошуку нових сировинних джерел для виробництва сурімі, вдосконаленні рецептури та технологій, зокрема покращенні гелеутворюючих властивостей і сенсорних характеристик продукту [8].

Загалом, сурімі виробляють шляхом подрібнення, промивання, змішування з кріопротектором та заморожування [9-10].

Види риби, які є комерційно вигідними для виробництва сурімі, відрізняються за обсягами вилову, ціновою конкурентоспроможністю та існуючою рибогосподарською ситуацією (тобто, недовикористанням). Як правило, майже 25 % світового виробництва сурімі припадає на минтай з Аляски, який є найпоширенішою холодноводною білою рибою, що виловлюється переважно в США. Найбільшими рибними ресурсами для виробництва сурімі є 10 тропічних видів риби, на які припадає близько 60 % світового виробництва сурімі. До цих видів належать лящ з ниткоподібними плавниками, риба-ящірка, великий окунь, стрічкова риба, кракер та інші [7]. Уап та ін. (2021) стверджують, що, крім зібраних видів морської риби, Китай щороку виробляє понад 200 000 тонн сурімі з культивованої прісноводної риби товстолобика [11]. Індустрія виробництва сурімі має попит на білу рибу, головним чином через важливість білизни та текстурних властивостей отриманої продукції [12]. Завдяки розвитку нових технологій досліджується низка нових видів риб як сировина для сурімі [13].

У той же час, багато видів риби використовуються недостатньо, оскільки це пов'язано з певними технологічними проблемами. Навіть традиційні методи переробки, такі як консервування, засолювання, сушіння та копчення, мають обмеження для деяких так званих «менш цінних видів риби», до яких відносяться пела-

гічні види риб, наприклад, коли вони занадто малі [14-15]. Таким чином, виробництво сурімі є альтернативною переробкою малоцінних у харчовому відношенні видів рибної сировини.

Вже у 1995 році проводилися дослідження щодо дефіциту сировини для виробництва сурімі [16]. Тому досліджуються інші економічно доступні ресурси білкової сировини для виробництва високоякісного гелю сурімі. Тропічна та пелагічна риба розглядається як альтернативна сировина для виробництва сурімі. Однак сурімі, виготовлене з цієї риби, має темний колір, відносно низьку міцність гелю та сильний «рибний смак» [17].

Обмеженість рибної сировинної бази слугувала причиною пошуку нових джерел. Виробництво сурімі здійснюється не лише з рибної сировини [18].

Причиною розвитку виробництва матеріалів, подібних до сурімі, з нерибної сировини є доступність низькоцінного м'яса та субпродуктів для використання в харчових технологіях [19]. Коли сурімі отримують шляхом промивання з нерибної сировини, на відмінну від риби (сурімі), цей продукт називають сурімі-подібний матеріал [20]. Були досліджені технологічні характеристики матеріалів, подібних до сурімі, з яловичини, яловичого серця, свинини, баранини, гігантських кальмарів, м'ясо птиці та способи покращення їх властивостей до гелеутворення, утримання вологості тощо [18, 21-22]. З цього дослідження видно, що птиця має потенціал як недорога білкова сировина з високими функціональними властивостями порівняно з іншими видами матеріалів. Дослідження матеріалу, подібного до сурімі, показали, що матеріал, подібний до сурімі, також можна переробляти на функціональне м'ясо [16, 23-25]. Використання нерибної сировини для виробництва суріміподібного продукту також виявило низку проблем, пов'язану із темним забарвленням, високим вмістом жиру, недостатніми гелеутворюючими властивостями.

В нашій країні виробляють продукцію, імітуючу м'ясо ракоподібних, з традиційного сурімі. Сурімі — це стабілізований міофібрилярний білок, отриманий з механічно очищеного від кісток рибного фаршу, який промивають водою та змішують з кріопротекторами. Типові етапи виробництва сурімі включають видалення луски, оброблення, отримання фаршу, промивання, зневоднення, змішування з кріопротекторами, пакування та заморожування.

Сьогодення відзначається актуальністю дослідження важливості виробництва, заснованого на сталих стратегіях з урахуванням довкілля та сировинних ресурсів, а також обговорення можливостей, які пропонує сурімі для максимального використання білкових ресурсів. Для вирішення питань сталого розвитку в цьому секторі слід враховувати такі моменти: максимально можливе використання сировини, прилову рибацтва та недовикористовуваних видів, оцінка запасів, збереження навколишнього середовища та природних ресурсів, мінімізація забруднення та скорочення споживання води, з метою отримання вигоди від ініціатив щодо екологічної ефективності для досягнення більш сталого процесу, зменшення його впливу на навколишнє середовище, покращення економіки процесу та вирішення зростаючих проблем вуглецевого сліду сектору та вимог соціальної та екологічної відповідальності [17, 26].

Промивання рибного фаршу прісною водою для видалення саркоплазматичних білків, низькомолекулярних азотистих сполук, жиру, крові, пігментів, які можуть знизити якість сурімі, — одна з найважливіших технологічних операцій, оскільки саме від неї залежить стійкість фаршу при зберіганні, гелеутворююча здатність сурімі та знеособлення органолептичних характеристик фаршу (відсутність смаку та смаку риби) [27-29].

Зазвичай вважається, що більше співвідношення фаршу до води забезпечує хороший результат для властивостей гелю, оскільки це не тільки збільшує вартість виробництва, але й збільшує кількість стічних вод та часткову втрату міофібрилярних білків. Повідомлялося, що для виробництва 1 кг сурімі потрібно майже 15 об. води. Широке використання прісної води у виробництві сурімі мало серйозний вплив на навколишнє середовище через скидання неочищених технологічних вод [30]. Як наслідок, існує потреба в екологічно чистому виробництві сурімі з меншою кількістю циклів промивання, не лише для уникнення забруднення, але й для збільшення виходу та мінімізації об'єму промивної води. У кількох дослідженнях також використовувалися різні промивні середовища для виробництва сурімі різних видів риб, такі як газувана вода для сурімі з скумбрії, лужне сольове середовище, озонована вода (NaCl та NaHCO_3) [31-33]. Було показано, що всі вищевказані способи покращують характеристики сурімі. Також приділено увагу дослідженням, як зменшення кількості циклів миття впливає на якість сурімі з індійської скумбрії, що наразі слугує основою для сталого розвитку індустрії сурімі [34].

Кількість промивань залежить від виду риби, умов утримання риби, типу промивання та бажаної якості сурімі [35]. Етапи промивання вимагають великої кількості прісної води та утворюють відповідний об'єм стічних вод, багатих на органічні речовини [36-37]. Тому зазнають актуальності альтернативні методи промивання [38-40].

Більшість дослідників [4, 41-44] серед найвпливовіших факторів під час промивання виділяють тривалість процесу, температуру промивного розчину, співвідношення вода/рибна сировина (гідромодуль), кількість промивань та інтенсивність перемішування. Вітчизняні дослідники Віннов О. та Маєвська Т. досліджували способи інтенсифікації процесу промивки рибного фаршу. Для фаршу, промитого католітом, швидкість була найвищою, порівняно з промиванням водою та анолітом. Застосування електроактивованих вод дозволяє скоротити технологічний процес, зменшити гідромодуль, що відповідає цілям сталого розвитку

[45].

Харчові продукти, які імітують м'ясо ракоподібних, повинні сприйматися споживачем завдяки не тільки їхньому фізіологічно обґрунтованому складу, але, перед усім, їх відповідності органолептичним критеріям. Структура імітованих рибних продуктів впливає на характеристику одного з основних показників їх якості – консистенцію. Виробництво формованих продуктів засноване на унікальній здатності сурімі до гелеутворення, що дозволяє йому імітувати текстуру інших морепродуктів. Міофібрилярні білки мають вирішальне значення для гелеутворення сурімі. Під час гелеутворення міофібрилярні білки денатурують під дією тепла, що призводить до їх незворотної агрегації та зшивання, утворюючи тривимірну структуру [46]. Залежно від біологічних умов існування риби, здатність м'язів утворювати гель залежить від виду, віку, фізіологічного стану, статі, стадії постмортальних змін, способу та місця вилову тощо [47-48]. Численні інші характеристики, такі як вміст жиру у фарші, нестабільність м'язових білків, високе співвідношення темних і білих м'язів, а також значна кількість саркоплазматичних білків, впливають на здатність м'язів до гелеутворення [48].

Сурімі використовується як потенційна сировина для виробництва різноманітних продуктів, таких як імітація крабового м'яса, камабоко, ароматизоване камабоко, чікува, сацумі аге/тенпура, ханпен та рибні ковбаски. Сурімі стає дедалі популярнішим завдяки своїм унікальним текстурним властивостям, а також високій харчовій цінності [47-48.]. Було проведено багато досліджень щодо процесу виробництва сурімі [9, 49-52].

Є розробки з придатності сурімі як матеріалу для 3D-друку, який сприяє створенню індивідуального дизайну продуктів з сурімі та робить продукти з сурімі не тільки більш привабливими, але розширює їхнє застосування в спеціальних дієтах [53-54].

Крабові палички – це найбільш масовий кулінарний продукт, який виробляється з сурімі. До складу рецептурної суміші для приготування крабових паличок входять рибний фарш, кухонна сіль, крохмаль картопляний, яєчний білок, крабовий екстракт і ароматизатор, вода, а також глютамінат натрію і харчовий барвник. Підготовку суміші фаршу здійснюють так само, як і для камабоко, з невеликої кількості якої готують червоне тісто (чи забарвлену пасту). З цією метою використовують порошкоподібний барвник червоного кольору і воду з льодом. Потім червоне тісто поступає в екструдер, звідки подається у фаршефорсунку. З неї фаршмаса видавлюється у вигляді тонкого (товщина близько 1,6 мм) і широкого полотна на транспортерну стрічку з нержавіючої сталі, де вона піддається термообробці при температурі 40-70 °C протягом 1,5 хв. При цьому формується сітчаста тривимірна структура гелю, що надає суміші міцність і еластичність. Після охолодження стрічка проходить між двома валиками з рифленою поверхнею, що призводить до розрізання фаршмаси. Потім за допомогою роликів, що обертаються, стрічка цієї маси з насиченими волокнами формується в джгут (пучок) овальної форми, що має зовнішню подібність до м'яса крабових кінцівок, після чого джгут забарвлюють. З цією метою на полімерну плівку шириною 90 мм наносять вузьку смужку (10-15 мм) червоного тіста, що поступає з охолоджуваного екструдера. Сформований джгут розміщують на плівку поверх шару червоного тіста. Оскільки червоне тісто добре прилипає до суміші фаршу, то вона набуває забарвлення, властивого крабовому м'ясу. Потім джгут обертають плівкою на спеціальному автоматі, термозварюють і порціонують на палички завдовжки 100-105 мм з подальшим варінням при 92 °C впродовж 15 хв. і охолодженням впродовж 10 хв. Фасують в пакети з полімерної плівки і герметично упаковують під вакуумом. Готові крабові палички за органолептичними показниками нагадують натуральне м'ясо краба.

Нарешті, джгут загортають у плівку за допомогою автомата, розрізають на палички (100-105 мм), варять при 92 °C протягом 15 хвилин, охолоджують 10 хвилин, а потім фасують і пакують під вакуумом. У результаті виходять крабові палички, які за смаком і виглядом нагадують натуральне м'ясо краба.

Їжа є джерелом поживних речовин та енергії для людей і тварин. Їжа схильна до мікробного забруднення та псування, що призводить до ризиків для здоров'я та економічних втрат [55-56].

Безпека харчових продуктів є серйозною глобальною проблемою, оскільки приблизно 600 мільйонів людей щороку хворіють через забруднену їжу [57]. Для вирішення цієї проблеми ключові заходи включають вибір відповідних продуктів, дотримання належної гігієни, забезпечення безпеки харчових інгредієнтів та запобігання перехресному забрудненню під час обробки харчових продуктів [58].

Це вимагає механізму, який би зберігав їжу свіжою та безпечною протягом тривалого періоду часу. Досі в історії людства для продовження терміну придатності використовуються різні фізичні та хімічні методи. На жаль, ці методи мають багато недоліків, які створюють проблеми для якості та безпеки продукту, що перевищують потреби споживача.

Наприкінці минулого століття, після ретельного аналізу та узагальнення великого обсягу наукових даних щодо безпечності харчових продуктів із тривалим терміном зберігання, німецький учений професор Лотар Ляйстнер увів новий технічний термін – «бар'єрні технології» [59]. Згідно з визначенням професора Ляйстнера, такі технології передбачають застосування спеціального комплексу «бар'єрів», що забезпечують мікробіологічну стійкість, безпеку та стабільну споживчу цінність харчових продуктів протягом тривалого періоду зберігання. Серед найважливіших бар'єрів, які використовуються у виробництві рибних імітованих продуктів, можна виокремити наступні: температуру зберігання, температуру завершальної теплової обробки та герметичну споживчу упаковку.

Біологічне консервування з використанням мікробних, рослинних та тваринних метаболітів та антимікробних пептидів нещодавно привернуло значну увагу як найбезпечніший спосіб продовження терміну придатності харчових продуктів без негативного впливу на якість продукту. Було виявлено, що антимікробна ефективність антимікробних пептидів та метаболітів значно пригнічує ріст потужних харчових патогенів та мікроорганізмів, що спричиняють псування. Однак, ефективність біологічних антимікробних агентів для консервування харчових продуктів посилюється шляхом комбінованого застосування з меншою кількістю хімічних консервантів завдяки розумній формулі серії бар'єрних технологій, що називаються бар'єрними технологіями [59]. Дослідження багатьох авторів показали роль біоконсервантів у бар'єрних технологіях для збереження різних продуктів протягом значних періодів часу. Turgis et al. проілюстрували синергію нізину та γ -випромінювання, яка перешкоджає розмноженню *Listeria monocytogenes* та продовжує термін зберігання м'яса до 5 днів при температурі 4 °C [60]. Аналогічно, дослідниками було продемонстровано комбінований ефект ефірних олій та низькотемпературного зберігання рибних пресервів; мікрокапсульованої формули нізину та ефірних олій орегано і кориці, γ -випромінювання для пригнічення *Listeria monocytogenes* на готовій до вживання шинці під час зберігання [61-62]. Висновки авторів вказують на синергетичний ефект тому використання ефірних олій та технології мікрокапсулювання вважається перспективною системою переходу для ефективного покращення безпеки харчових продуктів на ринку готових до вживання продуктів тваринного походження.

Перспективними є розробки сенсорів на основі вуглецевих точок для виявлення харчових патогенів, таких як золотистий стафілокок або кишкова паличка [63-64], а пакувальні матеріали, покриті вуглецевими точками, використовуються для продовження терміну придатності авокадо до 14 днів [65]. Вуглецеві точки також можуть утворювати комплекси включення з широким спектром молекул. Ця властивість була використана для розробки зондів та сенсорів для виявлення забруднюючих речовин у зразках харчових продуктів, таких як пестициди, гербіциди або важкі метали [66-67]. Однак інтеграція вуглецевих точок у харчові продукти вимагає всебічного розуміння аспектів їх безпеки.

Останнім часом у харчовій галузі, зокрема при переробці риби та морепродуктів, набирають все більшої популярності глобальні ринкові тренди, такі як «натуральність», «чиста етикетка», «зменшення харчових відходів» та інші. Роста попит споживачів на доступну, смачну і натуральну їжу, яка, однак, повинна бути безпечною, якісною і з достатньо довгими термінами придатності і відповідати вимогам щодо тренду здорового способу життя [68]. Попит на подібний підхід зумовлений зростаючим рівнем урбанізації, підвищенням обізнаності споживачів щодо складу та корисності харчових продуктів, а також прагненням до збереження здоров'я.

Таким чином, одним із ключових завдань харчової промисловості України на сучасному етапі є гарантування безпеки рибних продуктів. У рибній сировині та продукції, особливо за умови недотримання технологічних процесів і санітарно-гігієнічних норм виробництва, можуть міститися небезпечні для здоров'я людини мікроорганізми, зокрема лістерії.

У зв'язку з цим у країнах Європейської економічної зони, а також у державах з високорозвиненими харчовими стандартами, таких як США, Канада та Японія, жорстко регулюються вимоги до контролю присутності патогенних лістерій у рибній продукції. Такі мікроорганізми становлять ризик для здоров'я споживачів і можуть спричинити серйозні захворювання. Українські рибопереробні підприємства, орієнтовані на експорт, приділяють особливу увагу забезпеченню високої якості та безпечності своєї продукції, що є обов'язковим для успіху на міжнародних ринках. Перевірка продукції на наявність збудника лістеріозу входить до переліку обов'язкових заходів.

Нормативними документами України не нормується мінімальна інфікуюча доза *L. monocytogenes*. У Сполучених Штатах Центром безпеки харчових продуктів та прикладного харчування (CFSAN) та Службою безпеки та інспекції харчових продуктів Міністерства сільського господарства США (FSIS) запроваджується політика «нульової толерантності» до присутності *L. monocytogenes* у готових до вживання продуктах харчування. На Маврикії наразі немає правил, що регулюють присутність *L. monocytogenes* у готових до вживання морепродуктах. Однак, для пригнічення росту *L. monocytogenes* рекомендується застосовувати додаткові заходи після обробки, такі як обробка натуральними антимікробними засобами [69].

Таким чином актуальними є розробки щодо контролю та регулювання вмісту *L. monocytogenes* у крабових паличках, що виробляються українськими виробниками.

У продуктах з сурімі зазвичай додають інгредієнти для покращення фізичних характеристик. До таких інгредієнтів належать різні види крохмалю та борошна, гідроколоїди [70]. Додавання крохмалю до рибних желе має на меті покращити текстуру, збільшити міцність гелю, забезпечити стабільність матриці гелю сурімі та збільшити водоутримувальну здатність та сенсорні властивості отриманого продукту [71]. Тапіоковий крохмаль є найпоширенішим наповнювачем, оскільки він містить високий вміст амілопектину (83 %), завдяки чому може утворювати гнучкий та когезивний гель [72]. Використання тапіокового крохмалю як сполучної речовини робить текстуру крабових паличок липкою або менш компактною, тому для покращення текстури потрібні різні види крохмалю, такі як кукурудзяний крохмаль. Кукурудзяний крохмаль містить близько 25 % амілози, яка надає йому твердих властивостей, тоді як амілопектин викликає липкість [73]. Борошно з високим вмістом амілози має твердіший, більш адгезивний та компактний борошняний гель [74].

Додавання пшеничного борошна як структуроутворювача має обмеження з точки зору вмісту глютену. Використання безглютенового борошна призведе до нестабільного тіста, а текстура крабових паличок стане ламаною та не жуальною, тому необхідно додавати інші харчові добавки, такі як гідроколоїди. Для отримання гелевої текстури з високою еластичністю можна використовувати різні типи гідроколоїдів. Карагенан може поєднувати полімерні ланцюги, утворюючи безперервну тривимірну сітку, яка є матрицею. Ця матриця робить карагенановий гель міцним, стабільним, жорстким та еластичним [75]. Додавання карагенану призвело до збільшення липкості, еластичності та міцності на розтяг у продуктах реструктуризації рибного м'яса [76]. Наукові дослідження раціональної пропорції борошна з квасолі джек-бін, тапіоки та кукурудзяного крохмалю дозволяє збільшити вміст білка в продукті до 34,80 %.

Для зберігання імітованих подуктів застосовують охолодження або заморожування. Проте цих процесів може бути недостатньо для запобігання окисненню ліпідів, появи прогірклих сторонніх присмаків та запахів або росту бактерій [77]. Додавання або застосування до морепродуктів рослинних екстрактів, їстівних плівок та покриттів є успішними методами обробки, які можуть продовжити термін придатності харчових продуктів [78].

Покриття імітованих продуктів їстівними плівками може розглядатися як перспективний та ефективний метод покращення якості харчових продуктів [79]. Хітозан та желатин як природні полімери демонструють чудові характеристики, такі як їстівність, біорозкладність та плівкоутворювальні властивості, і є цікавими біоматеріалами для розробки їстівної упаковки в харчовій промисловості, а також є нетоксичними та не забруднюючими навколишнє середовище. Їстівні плівкові покриття в поєднанні з охолодженням або іншою системою пакування виявилися ефективним методом консервації для продовження терміну придатності продуктів харчування та збереження якості широкого спектру свіжих охолоджених харчових продуктів. Ще однією функцією їстівних покриттів може бути їхня функція як носія антимікробних сполук [80-81].

Ця тенденція може слугувати повштовхом для розробки нових біорозкладних пакувальних матеріалів з натуральних полімерів, щоб створити часткову альтернативу пластиковій упаковці.

Висновки. Процес удосконалення технології є безперервним, оскільки вітчизняна та світова наука постійно відкриває все нові властивості основних компонентів їжі і коректує їхню роль у життєзабезпеченні людського організму. Український ринок крабових паличок активно розвивається, демонструючи зміну споживчих уподобань. Споживачі все частіше надають перевагу якіснішій продукції, що стимулює виробників та імпортерів до розширення асортименту та вдосконалення технологій. Крабові палички виготовляються з сурімі, концентрованого рибного білка, технологія виробництва якого постійно вдосконалюється для пошуку нових джерел сировини (в тому числі нерибних), покращення гелеутворюючої здатності та сенсорних характеристик продукту. Це дозволяє створювати якісні аналоги традиційних делікатесів. Промивання фаршу для сурімі потребує великих обсягів води, що створює екологічні виклики. Тому актуальними є дослідження, спрямовані на зменшення споживання води та розробку альтернативних, більш екологічних методів, що відповідає глобальним цілям сталого розвитку. Гарантування безпеки продукції є ключовим завданням. У статті наголошується на застосуванні «бар'єрних технологій» та біоконсервантів для запобігання росту патогенних мікроорганізмів, зокрема *Listeria monocytogenes*. Інноваційні рішення, такі як їстівні покриття та 3D-друк, відкривають нові можливості для покращення якості, безпечності та естетичної привабливості продукції. Харчова промисловість повинна реагувати на сучасні тренди, такі як попит на «натуральність» і «чисту етикетку». Це вимагає розробки та впровадження науково обґрунтованих технологій, що дозволяють ефективно використовувати білкові ресурси та виробляти високоякісні, безпечні та здорові продукти харчування.

References

1. Ustenko, I., Mardar, M., & Pambuk, S. (2015). Marketinhovi doslidzhennya rinku produktsiyi z surimi. *Ahrosvit*, 9(1), 37–43.
2. Androshchuk, O., & Holembovska, N. (2025). Analiz suchasnoho stanu rybnoho rynku Ukrainy. *Zdorovia liudyny i natsi.*, 3(1), 21–36.
3. Marques, António, et al. (2010). Chemical composition of Atlantic spider crab *Maja brachydactyla*: Human health implications. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(3), 230-237.
4. Omotoso, O. T. (2005). Chemical composition and nutritive significance of the land crab, *Cardisoma armatum* (Decapoda). *African Journal of Applied Zoology and Environmental Biology*. 7, 68-72.
5. Spindler-Barth, Margarethe. (1976), Changes in the chemical composition of the common shore crab, *Carcinus maenas*, during the molting cycle, *Journal of comparative Physiology*. 05(2), 197-205.
6. Sato, Maki. (2025). Centennial companies in Japan: Ethical strategies for sustainability and well-being. Sustainable Transformation and Well-being: The Role of Business for Individual and Collective Flourishing. *Cham: Springer Nature Switzerland*, 45-66.
7. Gueneegues, P. (2021). Surimi market update. 16th Surimi Industry Forum Webinar (Nov 30), Jae Park Surimi School.
8. Bashir, K.M.I., Kim, J.S., An, J.H., Sohn, J.H. & Choi, J.S. (2017). Natural food additives and preservatives for fish-paste products: A review of the past, present, and future states of research. *J. Food Qual.* 9675469.
9. Park, J.W. (2005). Surimi seafood: products, market, and manufacturing. In Park, J.W. (Ed). *Surimi and Surimi Seafood*, p. 375-433. Boca Raton: CRC Press.

10. Martín-Sánchez, A. M., et al. (2009). Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 8(4), 359-374.
11. Yingchutrakul, Manatsada, et al. (2022). Asian carp, an alternative material for surimi production: Progress and future. *Foods*. 11(9), 1318. [j.1541-4337.2009.00087.x20220411-1-v09mt4-libre.pdf \(d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net\)](https://doi.org/10.3390/foods11091318).
12. Navarro, C. (2007). Tecnología de los productos gelificados. In: Perez Alvarez JA, Fernández L'opez J, Sayas Barber' a E, editors. *Industrialización de productos de origen animal*. 3rd ed. Alicante, Spain: Univ. Miguel Hernández. p 139–159.
13. Chakma, S. (2025). *Evaluation of Quality and Shelf Life of Tigertooth Croaker (Otolithes ruber) Fish Balls During Refrigerated Storage Condition* (Doctoral dissertation, Faculty of Fisheries, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University, Khulshi, Chattogram-4225, Bangladesh). Black binding - Suchita.pdf (cvasu.ac.bd)
14. Pambuk, S. (2007). *Rozrobka malovidkhodnoyi tekhnolohiyi pererobki aterini chornomors'koyi* [Dis. na zdobuttya stupenya kand. tekhn. nauk, ONAKhT]. ONAKhT.
15. Slobodianiuk, N. M., et al. (2019). Vplyv medu naturalnoho na pokaznyky bezpechnosti rybnykh preserviv i past // *Scientific Journal Animal Science & Food Technologies*. 10(1), 40-47.
16. Babji, A.S., Mukhlis, I., Gna, S.K., Seri Chempaka, M.Y., Norhaliza, M. and Eraou, B. (1995). Processing efficiency and physico-chemical properties of surimi type materials. *Malaysian Journal of Animal Science* 1, 52-58.
17. Guenneugues, P. and Morrissey, M.T. (2005). Surimi resources. In Park, J.W. (Ed). *Surimi and Surimi Seafood* 2nd edn, p. 375-433. Boca Raton, FL: CRC Press
18. Antonomanolaki, R.E., Vareltsis, K. P., Georgakis, S.A. and Kaldrymidou, E. (1999). Thermal gelation properties of surimi like material made from sheep meat. *Journal of Meat Science* 52, 429-435.
19. Kenny, T, Desmond, E. and Ward, P. (1999). Up-grading of low-value meats and by-products for use in consumer foods, *Dublin, Ireland: The National Food Centre*. 1-26.
20. Tina, N., Nurul, H., Ruzita, A. (2010). Surimi-like material: Challenges and prospects. *International Food Research Journal*, 17(3), 509–517.
21. Park, S., Brewer, M.S., Novakofski, J., Bechtel, P.J. and McKeith, F., K. (1996). Salt, cryoprotectants and preheating temperature effects on surimi-like material from beef or pork. *Journal of Food Science* 61, 422.
22. Campo-Deano, L.C., Tovar, C.A., Pombo, M.J., Solas, M.T. and Borderias, A.J. (2009). Rheological study of giant squid surimi (*Dosicus gigas*) made by two methods with different cryoprotectants added. *Journal of Food Engineering* 94, 26-33.
23. Yang, T.S., and Froning, G.W. (1992). Selected washing processes affect thermal gelation properties and microstructure of mechanically deboned chicken meat. *Journal of Food Science* 57, 325-329.
24. Nowсанд, A.A.K.M., Kanoh, S. and Niwa, E. (2000). Thermal gelation characteristics of breast and thigh muscles of spent hen and broiler and their surimi. *Journal of Meat Science* 54, 169-175.
25. Jin, S. K., Kim, I.S., Choi, Y.J., Kim, B.G. and Hur, S.J. (2009). The development of imitation crab stick containing chicken breast surimi. *Journal of Food Science and Technology* 42, 150-156.
26. Martín-Sánchez, A. M., et al. (2009). Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 8.4, 359-374.
27. Vilhelmsson O. (1997). The state of enzyme biotechnology in the fish processing industry. *Trends Food Sci Technol* 8(8), 266–70.
28. Carvajal PA, Lanier TC, MacDonald GA. (2005). Stabilization of proteins in surimi. In: Park JW, editor. *Surimi and surimi seafood*. 2nd ed. Boca Raton, Fla.: Taylor & Francis Group. p 163–225.
29. Hultin HO, Riley C, inventors. (2007). Apr 26. Systems and methods for separating proteins from connective tissue. Patent WO/2007/046891.
30. Priyadarshini, B.; Xavier, K.M.; Nayak, B.B.; Dhanapal, K.; Balange, A.K. (2017). Instrumental quality attributes of single washed surimi gels of tilapia: Effect of different washing media. *LWT* 86, 385–392.
31. Somjid, P., Panpipat, W. and Chaijan, M. (2017). Carbonated water as a novel washing medium for mackerel (*Auxis thazard*) surimi production. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3979– 3988. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2862-7>
32. Endoma, L. F., Gabo, J. H. C., Sargadillos, R. M., Condrellon, C. G., Francisco, W. A., Daet, I. P., ... & Muegue, M. F. S. (2022). Physico-chemical properties and sensory quality of surimi from bigtooth pomfret (*Brama orcini*) at different washing cycles. *Food Res*, 6, 266-274.
33. Chen, H.H.; Chiu, E.M.; Huang, J.R. (1997). Color and gel-forming properties of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) as related to washing conditions. *J. Food Sci.* 62, 985–991.
34. Somjid, P., Panpipat, W., Cheong, L. Z., & Chaijan, M. (2021). Reduced washing cycle for sustainable mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi production: Evaluation of bio-physico-chemical, rheological, and gel-forming properties. *Foods*, 10(11), 2717.
35. Carvajal PA, Lanier TC, MacDonald GA. (2005). Stabilization of proteins in surimi. In: Park JW, editor. *Surimi and surimi seafood*. 2nd ed. Boca Raton, Fla.: Taylor & Francis Group. 163–225.
36. Park JW, Lin TM. (1996). Extraction of proteins from Pacific whiting mince at various washing conditions. *J Food Sci* 61(2):432–38.
37. Lin TM, Park JW. (1997). Effective washing conditions reduce water usage for surimi processing. *J Aqua Food Prod Technol* 6(2):65–79.
38. Wu J, Li CY, Ho ML, Jiang ST. (2000). Quality improvement of mackerel surimi with NADPH- sulfite reductase from *Escherichia coli*. *J Food Sci* 65(8):1400–3.
39. Meacock G, Taylor KDA, Knowles MJ, Himonides A. (1997). The improved whitening of minced cod flesh using dispersed titanium dioxide. *J Sci Food Agric* 73(2):221–5.
40. Marchetti, Marion Daniela, et al. (2025). Multi-Method Evaluation of Surimi Quality from a Bycatch Species (*Trachurus lathami*): Physicochemical, Textural, Sensory, and Thermal Responses to Washing Conditions. *Food and Bioproducts Processing* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308525001348>.

41. Amiza, M. A., & Nur Ain, K. (2012). Effect of Washing Cycle and Salt Addition on the Properties of Gel from Silver Catfish (*Pangasius* Sp.) Surimi. *Y UMT 11th International Annual Symposium on Sustainability Science and Management* (c. 485–490).
42. Il-Suk Kima, Su-Jung Kim, Ki-Jong Jeonga, Yeung-Joon Choi, Sun-Jin Hur, Sang-Keun Jin (2007). Effect of muscle type and washing times on physico-chemical characteristics and qualities of surimi. *Journal of Food Engineering*. 81(3.), 618–623. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877407000295>
43. Afsaneh Asgharzadeh, Bahareh Shabanpour, Santiago P. Aubourg, Hedayat Hosseini (2010). Chemical changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. *Grasas y Aceites*. 61(1), 95–101.
44. Khozaghi S. Jafarpour, (2008). Quality characteristics of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi and kamaboko and the role of sarcooplasmic proteins. *RMIT University School of Applied Sciences*. 216 p.
45. Vinnov, O. S., & Maievska, T. (2013). Elektroaktyvovana voda v tekhnologii promytkh rybnykh farshiv. Voda v kharchovykh produktakh i dlia kharchovykh produktiv. *Y Vseukr. nauk.-prakt. konf., m. Kharkiv, 16-17 trav* (c. 5–6). KhDUKhT.
46. Sun, X. D., & Holley, R. A. (2011). Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 10(1), 33–51.
47. Zou, Hao, et al. (2025). Processing suitability of three tilapia species for alternative freshwater surimi: A comprehensive evaluation from muscle physicochemical to gelling properties. *Food Chemistry*: 145540. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814625027918>
48. Yang, Ruizhi, et al. (2025) Factors influencing surimi gelling properties and natural additive-based gel fortification strategies: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 24(1): e70067. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.70067>.
49. Jin, S.K., Kim, I.S., Kim, S. J., Jeong, K. J., Choi, Y.J. and Hur, S. J. (2007). Effects of muscle type and washing times on physicochemical characteristic and qualities of surimi. *Journal of Food Engineering* 81, 618–623.J.
50. Trondsen, T. (1998). Blue whiting surimi: new perspectives on the market value. *Journal of Fisheries Research* 34, 1–15
51. Phatcharat, S., Benjakul, S., Visessanguan, W. (2006). Effects of washing with oxidising agents on the gelforming ability and physicochemical properties of surimi produced from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). *Journal of Food Chemistry* 98, 431–439.
52. Catarci, C. (2007). Surimi market report, December 2007. FAO Globefish. Accessed March 9, 2009: <http://www.globefish.org/dynamisk.php4?id=4356>.
53. Diao, Dieynabou, et al. (2025). Development and future prospects of 3D printed surimi products: A review. *Applied Food Research*: 100757. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502225000678>
54. Xiong, Yin, et al. (2025). A novel method for high-temperature microwave 3d printing of golden thread surimi: Combination of thermally reversible gelatin and κ -carrageenan. *Food Hydrocolloids* 16,1 110856. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X24011305>.
55. Kebede, B. (2019). The Preservative Efficacy of Antimicrobial Proteins and Metabolites from Microorganisms, Animals and Plants as Potential Alternative to Chemical Food Preservation: A Review. *Food Sci. Qual. Manag.*, 87, 34–54. 49349-libre.pdf (dlwqtxs1xzle7.cloudfront.net)
56. Bezusov, A. T., Manoli, T. A., Nikitchina, T. I., & Barysheva, Ya. O. (2018). Shchodo pytannia pro utvorennia biohennykh aminiv v kharchovykh produktakh. *Naukovi pratsi* [Odesskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnologii], (82, Vyp. 2), 40–46.
57. WHO (2022). Food safety fact sheet. World Health Organization. Retrieved November 01 from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
58. Njoagwuani EI, Onyeaka H, Mazi IM, Akegbe H, Oladunjoye IO, Ochulor CE, Omotosho AD, Odeyemi OA, Nwaiwu O, Tamasiga P (2023). Food safety in vulnerable populations: a perspective on the challenges and solutions. *FASEB J* 37(5):e22872. <https://doi.org/10.1096/fj.202201713R>
59. Leistner, L., & Gould, G. W. (2002). *Hurdle Technologies: Combination Treatments for Food Stability, Safety and Quality: Combination Treatments for Food Stability, Safety, and Quality*. Kluwer Academic.
60. Turgis, M., Stotz, V., Dupont, C., Salmieri, S., Khan, R., A. & Lacroix, M. (2012), Elimination of *Listeria monocytogenes* in Sausage Meat by Combination Treatment: Radiation and Radiation Resistant Bacteriocins. *Radiation Physics and Chemistry*. 81, 1185–118.
61. Manoli, T., Nikitchina, T., & Barysheva, Y. (2018). Vykorystannia priano-aromatychnykh ekstraktiv v tekhnologii rybnykh preserviv z metoiu posylennia konservuiuchoho efektu pry zberihanni v umovakh pomirnykh pozytyvnykh temperaturakh. *Y 77-yi nauk. konf. naukovy-vykkladatskoho skladu akademii* (c. 221). ONTU.. <https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/db962ae6-7dc2-437d-a192-01d08886c623/content>
62. Huq, T., Vu, K., D., Riedl, B., Bouchar, J. & Lacroix, M. (2015), Synergistic Effect of Gamma(γ) Radiation and Microencapsulated Antimicrobial Against *Listeria monocytogenes* on Ready-To-Eat (RTE) Meat. *Food Microbiology*, 46, 507–514.
63. Gao X, Zhang H, Liu L, Jia M, Li X, Li J (2024). Nano-biosensor based on manganese dioxide nanosheets and carbon dots for dual-mode determination of *staphylococcus aureus*. *Food Chem* 432, 137144. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137144>
64. Zhao D, Zhang Z, Liu X, Zhang R, Xiao X (2021a) Rapid and low-temperature synthesis of n, p co-doped yellow emitting carbon dots and their applications as antibacterial agent and detection probe to sudan red I. *Mater Sci Eng C* 119,111468. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111468>
65. Ezati P, Rhim J-W, Molaei R, Rezaei Z (2022). Carbon quantum dots-based antifungal coating film for active packaging application of avocado. *Food Packag Shelf Life* 33, 100878. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100878>.

66. Hoang NM, Ngoc NTB, Huong PTL, Huyen PTT, Duy DQ, Dao V-D, Tu LT (2023). Dual emission carbon dots for simultaneous detections of Pb²⁺ and Fe³⁺ ions in water via distinct sensing mechanisms. *J Fluoresc* 33(4),1359–1366. <https://doi.org/10.1007/s10895-022-03139-2>
67. Pajewska-Szmyt M, Buszewski B, Gadzała-Kopciuch R (2020). Carbon dots as rapid assays for detection of mercury (II) ions based on turn-off mode and breast milk. *Spectrochim Acta A* 236,118320. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118320>.
68. Cui, Z., Manoli, T., Nikitchina, T., & Mo, H. (2020). Trends in the manufacture of processed squid products. *Food Science and Technology*, 14(1), 89-97. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i1.1650>
69. Ramroop P., Neetoo H. (2018). Antilisterial activity of Cymbopogon citratus on crabsticks. *AIMS microbiology*. (4)1, 67-84.
70. Finani, N. I., & Rosida, D. F. (2025). Effect of Proportion of Jack bean Flour, Tapioca Flour, and Corn Starch on the Nutrition of Instant Milkfish Crabstick. *AJARCADE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 9(1), 154-157.
71. Rasco, B & Bledsoe, G. (2006). *Surimi and Surimi Analog Products*. In Hui, Y. H. CRC Taylor & Francis (eds) Handbook of Food Science, Technology and Engineering. Boca Raton, London, New York
72. Zhang, F., Fang, L., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H., & Cui, M. (2013). Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi-beef gels with microbial transglutaminase. *Meat Science*, 93(3), 533–537.
73. Rosida, Dedin F (2021). Buku Ajar Pati Termodifikasi dari Umbi-umbian Lokal dan Aplikasinya untuk Produk Pangan. CV. Putra Media Nusantara, Surabaya.
74. Lin, J.-H., Singh, H., Chang, Y.-T., & Chang, Y.-H. (2011). Factor analysis of the functional properties of rice flours from mutant genotypes. *Food Chemistry*, 126(3), 1108–1114.
75. Kusnandar, F., Winiati, P., Abdullah, M., & Umar, S. (2020). Perspektif Global Ilmu dan Teknologi Pangan (Jilid 1) PATPI. Bogor: PT. Penerbit IPB Press.
76. Rahmawati, I., Liviawaty, E., Pratama, R. I., & Junianto. (2023). Carrageenan in Seaweed (*Eucheuma* sp.) and Use of Carrageenan in Fishery Food Products: A Review. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 23(6), 1–10. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2023/v23i6617>.
77. Gómez-Guillén, M.C. & Montero, M.P. (2007): Polyphenol uses in seafood conservation. *American Journal of Food Technology*, 2(7): 593-601.
78. Ucar, Y., Durmus, M., & Özogul, Y. (2025). Natural preservatives for fish and seafood. In *Natural Preservatives for Food* (pp. 193-220). Academic Press
79. Smaoui, S., Chaari, M., Agriopoulou, S., & Varzakas, T. (2025). Green active films/coatings based on seafood by-products (chitosan and gelatin): a powerful tool in food packaging. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15(6), 8331-8350.
80. Siracusa, V. (2025). Packaging material in the food industry. In *Antimicrobial food packaging* (pp. 111-126). Academic Press.
81. Quintavalla, S., Vicini, L. (2002): Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*, 62: 373-380.

SCIENTIFIC ASPECTS OF THE PRODUCTION OF IMITATED FISH PRODUCTS

Manoli T., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Sukhanov A., postgraduate student, Myroshnichenko O., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Barysheva Y., Ph.D, assistant Odesa National University of Technology

Abstract. The article highlights current aspects of the production, quality control and safety of crab sticks, a popular surimi product on the Ukrainian and global markets. The article presents the main historical moments and reasons for the emergence of such an assortment as imitation products. The article focuses on the ingredients of crab sticks. It shows that the basis of imitation products is washed fish mince, which is mainly obtained from the muscle tissue of fish with white musculature. The technological process of manufacturing surimi, which is concentrated fish protein, and its transformation into an imitation product is described. The article focuses on the main problems of imitation product production related to the lack of traditional raw material sources for surimi production and the need to develop technologies for processing domestic raw materials into surimi. The article highlights issues related to the processing of fish with dark muscles, which include high fat content, colouring pigments, and low molecular weight compounds, etc. The key stages of the technology are analyzed, including the selection of raw materials (fish and non-fish), the improvement of recipes and processing methods to improve the gel-forming ability and sensory characteristics of the product. Particular attention is paid to the environmental aspects of production, in particular, the search for ways to reduce water consumption during minced meat washing, which is important for the sustainable development of the industry. Food safety issues are considered, in particular the use of 'barrier technologies' and biopreservatives to increase shelf life and prevent the growth of pathogenic microorganisms such as *Listeria monocytogenes*. It is shown that the use of natural preservatives will increase in the future, driven by growing consumer demand for organic, fresh and long-life food products. Examples of innovative solutions are given.

Keywords: crab sticks, technology, surimi, safety, quality, proteins, gel-forming ability, sensory analysis.

Список використаної літератури

1. Устенко І. А., Мардар М. Р., Памбук С. А. Маркетингові дослідження ринку продукції з сурімі // *Агросвіт*. 2015. № 9. С. 37-43. http://www.agrosvit.info/pdf/9_2015/9.pdf.

2. Андрощук О., Голембовська Н. Аналіз сучасного стану рибного ринку України // Здоров'я людини і нації. 2025. № 3(1). С. 21-36.
3. Marques, António, et al. Chemical composition of Atlantic spider crab *Maja brachydactyla*: Human health implications. // Journal of Food Composition and Analysis 2010. №23.3. P. 230-237.
4. Omotoso, O. T. Chemical composition and nutritive significance of the land crab, *Cardisoma armatum* (Decapoda) // African Journal of Applied Zoology and Environmental Biology. 2005. №7. P. 68-72.
5. Spindler-Barth, Margarethe. Changes in the chemical composition of the common shore crab, *Carcinus maenas*, during the molting cycle // Journal of comparative Physiology. 1976. № 105.2. P: 197-205.
6. Sato, Maki. Centennial companies in Japan: Ethical strategies for sustainability and well-being. Sustainable Transformation and Well-being: The Role of Business for Individual and Collective Flourishing. // Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. P. 45-66.
7. Gueneugues, P. «Surimi market update.» 16th Surimi Industry Forum Webinar (Nov 30), Jae Park Surimi School. 2021.
8. Bashir, K.M.I.; Kim, J.S.; An, J.H.; Sohn, J.H.; Choi, J.S. Natural food additives and preservatives for fish-paste products: A review of the past, present, and future states of research. J. Food Qual. 2017. P. 9675469..
9. Park, J.W. 2005. Surimi seafood: products, market, and manufacturing. In Park, J.W. (Ed). Surimi and Surimi Seafood, p. 375-433. Boca Raton: CRC Press.
10. Martín-Sánchez, A. M., et al. Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: A review.// Comprehensive reviews in food science and food safety. 2009. 8.4 P. 359-374.
11. Yingchutrakul, Manatsada, et al. Asian carp, an alternative material for surimi production: Progress and future.// Foods. 2022. 11.9 P. 1318.]. j.1541-4337.2009.00087.x20220411-1-v09mt4-libre.pdf (d1wqtxtslxzle7.cloudfront.net).
12. Navarro C. Tecnología de los productos gelificados. In: Perez Alvarez JA, Fernández L'opez J, Sayas Barber' a E, editors. // Industrialización de productos de origen animal. 3rd ed. Alicante, Spain: Univ. Miguel Hernández. 2007. p 139–59.
13. Chakma, S.. Evaluation of Quality and Shelf Life of Tigertooth Croaker (*Otolithes ruber*) Fish Balls During Refrigerated Storage Condition (2025) (Doctoral dissertation, Faculty of Fisheries, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University, Khulshi, Chattogram-4225, Bangladesh). Black binding - Suchita.pdf (cvasu.ac.bd)
14. Памбук С. А. Розробка маловідходної технології переробки атерини чорноморської : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : УДК 664.959.2 – 027.33 : захист 30.10.2007 / наук. кер. Манолі Т.А. Одеса: ОНАХТ, 2007. 197 с.
15. Слободянюк, Н. М., et al. Вплив меду натурального на показники безпеки рибних пресервів і паст // Scientific Journal'Animal Science & Food Technologies. 2019. № 10.1 С.40-47.
16. Babji, A.S., Mukhlis, I., Gna, S.K.,Seri Chempaka, M.Y., Norhaliza, M. and Eraou, B. Processing efficiency and physico-chemical properties of surimi type materials. // Malaysian Journal of Animal Science. 1995. № 1. P. 52-58.
17. Guenneugues, P. and Morrissey, M.T. Surimi resources. In Park, J.W. (Ed). Surimi and Surimi Seafood. 2005. 2nd edn, p. 375-433. Boca Raton, FL: CRC Press
18. Antonomanolaki, R.E., Vareltsis, K. P., Georgakis, S.A. and Kaldrymidou, E. Thermal gelation properties of surimi like material made from sheep meat. // Journal of Meat Science 1999. № 52. P. 429-435.
19. Kenny, T, Desmond, E. and Ward, P. Up-grading of low-value meats and by-products for use in consumer foods. 1999. p. 1-26. Dublin, Ireland: The National Food Centre.
20. Tina, N., Nurul, H., Ruzita, A.. Surimi-like material: Challenges and prospects. // International Food Research Journal, 2010. № 17(3), p. 509–517..
21. Park, S., Brewer, M.S., Novakofski, J., Bechtel, P.J. and McKeith, F., K. Salt, cryoprotectants and preheating temperature effects on surimi-like material from beef or pork. // Journal of Food Science 1996. P. 61: 422.
22. Campo-Deano, L.C., Tovar, C.A., Pombo, M.J., Solas, M.T. and Borderias, A.J. Rheological study of giant squid surimi (*Dosicus gigas*) made by two methods with different cryoprotectants added. // Journal of Food Engineering 2009. №94 p. 26-33.
23. Yang, T.S., and Froning, G.W. Selected washing processes affect thermal gelation properties and microstructure of mechanically deboned chicken meat. // Journal of Food Science 1992. № 57. P. 325-329.
24. Nowsand, A.A.K.M., Kanoh, S. and Niwa, E. Thermal gelation characteristics of breast and thigh muscles of spent hen and broiler and their surimi. Journal of Meat Science 2000. №54.p. 169-175.
25. Jin, S. K., Kim, I.S., Choi, Y.J., Kim, B.G. and Hur, S.J. The development of imitation crab stick containing chicken breast surimi. // Journal of Food Science and Technology 2009. № 42. P. 150-156.
26. Martín-Sánchez, A. M., et al. Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: A review // Comprehensive reviews in food science and food safety 2009. № 8.4 p. 359-374.
27. Vilhelmsson O. The state of enzyme biotechnology in the fish processing industry. // Trends Food Sci Technol 1997. № 8(8):p.266–70.
28. Carvajal PA, Lanier TC, MacDonald GA. Stabilization of proteins in surimi. In: Park JW, editor. Surimi and surimi seafood. 2nd ed. Boca Raton, Fla.: Taylor & Francis Group. 2005. p 163–225.
29. Hultin HO, Riley C, inventors. Systems and methods for separating proteins from connective tissue. 2007 Apr 26. Patent WO/2007/046891.
30. Priyadarshini, B.; Xavier, K.M.; Nayak, B.B.; Dhanapal, K.; Balange, A.K. Instrumental quality attributes of single washed surimi gels of tilapia: Effect of different washing media. LWT 2017, 86, 385–392.
31. Somjid, P., Panpipat, W. and Chaijan, M. Carbonated water as a novel washing medium for mackerel (*Auxis thazard*) surimi production. // Journal of Food Science and Technology, 2017. № 54(12), p.3979– 3988. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2862-7>
32. Endoma, L. F., Gabo, J. H. C., Sargadillos, R. M., Condrellon, C. G., Francisco, W. A., Daet, I. P., ... & Muegue, M. F.

- SPhysico-chemical properties and sensory quality of surimi from bigtooth pomfret (*Brama orcini*) at different washing cycles. *Food Res*, 2022. № 6, p.266-274. Physico-chemical properties and sensory quality of surimi from bigtooth pomfret (*Brama orcini*) at different washing cycles (researchgate.net)
33. Chen, H.H.; Chiu, E.M.; Huang, J.R. Color and gel-forming properties of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) as related to washing conditions. *J. Food Sci.* 1997, 62, 985–991.
 34. Somjid, P., Panpipat, W., Cheong, L. Z., & Chaijan, M. Reduced washing cycle for sustainable mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi production: Evaluation of bio-physico-chemical, rheological, and gel-forming properties. *Foods*, 2021.№ 10(11), p.2717.
 35. Carvajal PA, Lanier TC, MacDonald GA. Stabilization of proteins in surimi. In: Park JW, editor. *Surimi and surimi seafood*. 2nd ed. Boca Raton, Fla.: Taylor & Francis Group. 2005. p 163–225.
 36. Park JW, Lin TM. Extraction of proteins from Pacific whiting mince at various washing conditions. // *J Food Sci* 1996. №61(2). P.432–38.
 37. Lin TM, Park JW. Effective washing conditions reduce water usage for surimi processing. // *J Aqua Food Prod Technol* 1997. № 6(2):p.65–79.
 38. Wu J, Li CY, Ho ML, Jiang ST. Quality improvement of mackerel surimi with NADPH- sulfite reductase from *Escherichia coli*. // *J Food Sci* 2000. №65(8). P.1400–3.
 39. Meacock G, Taylor KDA, Knowles MJ, Himonides A. The improved whitening of minced cod flesh using dispersed titanium dioxide. // *J Sci Food Agric* 1997. №73(2). P.221–5.
 40. Marchetti, Marion Daniela, et al. «Multi-Method Evaluation of Surimi Quality from a Bycatch Species (*Trachurus lathami*): Physicochemical, Textural, Sensory, and Thermal Responses to Washing Conditions.» *Food and Bioprocess Processing* (2025) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308525001348>.
 41. Amiza M. A. Effect of Washing Cycle and Salt Addition on the Properties of Gel from Silver Catfish (*Pangasius Sp.*) Surimi / M. A. Amiza and K. Nur Ain // *UMT 11th International Annual Symposium on Sustainability Science and Management*, 09th–11th July 2012, Terengganu, Malaysia. — 2012. — P. 485—490.
 42. Effect of muscle type and washing times on physico-chemical characteristics and qualities of surimi / Sang-Keun Jin <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877407000295> — affl, Il-Suk Kima, Su-Jung Kim, Ki-Jong Jeonga, Yeung-Joon Choi, Sun-Jin Hur // *Journal of Food Engineering*. — 2007. — Vol. 81, N 3. — P. 618—623.
 43. Chemical changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process / Afsaneh Asgharzadeh, Bahareh Shabanpour, Santiago P. Aubourg, Hedayat Hosseini // *Grasas y Aceites*. — 2010. — Vol. 61, N 1. — P. 95—101.
 44. Quality characteristics of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi and kamaboko and the role of sarcooplasmic proteins / Khozagh S. Jafarpour // *RMIT University School of Applied Sciences*. — 2008. — 216 p.
 45. Віннов О. С., Маєвська Т. М. Електроактивована вода в технології промитих рибних фаршів. Вода в харчових продуктах і для харчових продуктів : тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф., м. Харків, 16-17 трав. 2013 р. Харків : ХДУХТ, 2013. С. 5-6. <https://repo.btu.kharkiv.ua/bitstreams/f6770e46-f64b-4714-a29b-1304c3a025a6/download>
 46. Sun, X. D., & Holley, R. A.. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. // *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2011. № 10(1).p. 33-51.
 47. Zou, Hao, et al. «Processing suitability of three tilapia species for alternative freshwater surimi: A comprehensive evaluation from muscle physicochemical to gelling properties.» *Food Chemistry* (2025): 145540. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814625027918>
 48. Yang, Ruizhi, et al. «Factors influencing surimi gelling properties and natural additive-based gel fortification strategies: A review.» *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 24.1 (2025): e70067. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.70067>.
 49. Jin, S.K., Kim, I.S., Kim, S. J., Jeong, K. J., Choi, Y.J. and Hur, S. J. 2007. Effects of muscle type and washing times on physicochemical characteristic and qualities of surimi. *Journal of Food Engineering* 81: 618-623.].
 50. Trondsen, T. Blue whiting surimi: new perspectives on the market value. *Journal of Fisheries Research* 1998. №34. p. 1-15
 51. Phatcharat, S., Benjakul, S., Visessanguan, W. Effects of washing with oxidising agents on the gelforming ability and physicochemical properties of surimi produced from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). *Journal of Food Chemistry* 2006. №98. P. 431-439.
 52. Catarci, C 2007. Surimi market report - December 2007. Downloaded from <http://www.globefish.org/dynamisk.php?id=4356> on 18/10/2009.
 53. Diao, Dieynabou, et al. «Development and future prospects of 3D printed surimi products: A review.» *Applied Food Research* (2025): 100757. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502225000678>
 54. Xiong, Yin, et al. «A novel method for high-temperature microwave 3d printing of golden thread surimi: Combination of thermally reversible gelatin and κ-carrageenan.» *Food Hydrocolloids* 161 (2025): 110856. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X24011305>.
 55. Kebede, B.. The Preservative Efficacy of Antimicrobial Proteins and Metabolites from Microorganisms, Animals and Plants as Potential Alternative to Chemical Food Preservation: A Review. *Food Sci. Qual. Manag.*, 2019. № 87, 34-54. [49349-libre.pdf](https://www.researchgate.net/publication/349349-libre.pdf) (d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net)
 56. Безусов, А. Т., Манолі, Т. А., Нікітчина, Т. І., & Баришева, Я. О. Щодо питання про утворення біогенних амінів в харчових продуктах. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], 2018. 82, Вип. 2, С.40-46.
 57. WHO (2022, 2022/05/19/) Food safety fact sheet. World Health Organization. Retrieved November 01 from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
 58. Njoagwuani EI, Onyeaka H, Mazi IM, Akegbe H, Oladunjoye IO, Ochulor CE, Omotosho AD, Odeyemi OA, Nwaiwu O,

- Tamasiga P Food safety in vulnerable populations: a perspective on the challenges and solutions. *FASEB J* 2023. № 37(5):e22872. <https://doi.org/10.1096/fj.202201713R>
59. Leistner L., Gould G.W. *Hurdle technologies*. Kluwer Academic. Plenum Publishers, New York, 2002. 194 p.
60. Turgis, M., Stotz, V., Dupont, C., Salmieri, S., Khan, R., A. & Lacroix, M., “Elimination of *Listeria monocytogenes* in Sausage Meat by Combination Treatment: Radiation and Radiation Resistant Bacteriocins” *Radiation Physics and Chemistry*, 2012. № 81, p. 1185–118.
61. Манолі, Т. А., Нікітчина Т.І., Баришева Я.О. Використання пряно-ароматичних екстрактів в технології рибних пре-сервів з метою посилення консервуючого ефекту при зберіганні в умовах помірних позитивних температурах. Збірник праць 77-ї наук. конф. науково-викладацького складу академії. ОНТУ: Одеса, 2018. С.221 <https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/db962ae6-7dc2-437d-a192-01d08886c623/content>.
62. Huq, T., Vu, K., D., Riedl, B., Bouchar, J. & Lacroix, M. .Synergistic Effect of Gamma(γ) Radiation and Microencapsulated Antimicrobial Against *Listeria monocytogenes* on Ready-To-Eat (RTE) Meat”,// *Food Microbiology*, 2015. № 46,p. 507-514.
63. Gao X, Zhang H, Liu L, Jia M, Li X, Li J Nano-biosensor based on manganese dioxide nanosheets and carbon dots for dual-mode determination of staphylococcus aureus. // *Food Chem* 2024. 432:137144. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137144>
64. Zhao D, Zhang Z, Liu X, Zhang R, Xiao X) Rapid and low-temperature synthesis of n, p co-doped yellow emitting carbon dots and their applications as antibacterial agent and detection probe to sudan red I. *Mater Sci Eng..* 2021. P. 119:111468. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111468>
65. Ezati P, Rhim J-W, Molaei R, Rezaei Z Carbon quantum dots-based antifungal coating film for active packaging application of avocado. // *Food Packag Shelf Life* 2022. № 33. P.100878. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100878>.
66. Hoang NM, Ngoc NTB, Huong PTL, Huyen PTT, Duy DQ, Dao V-D, Tu LT (2023) Dual emission carbon dots for simultaneous detections of Pb²⁺ and Fe³⁺ ions in water via distinct sensing mechanisms. *J Fluoresc* 33(4):1359–1366. <https://doi.org/10.1007/s10895-022-03139-2>
67. Pajewska-Szmyt M, Buszewski B, Gadzała-Kopciuch R Carbon dots as rapid assays for detection of mercury (II) ions based on turn-off mode and breast milk. *Spectrochim Acta A* 2020. 236:118320. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118320>.
68. Cui, Z., Manoli, T., Nikitchina, T., & Mo, H. Trends in the manufacture of processed squid products. // *Food Science and Technology*, 2020. № 14(1). P. 89-97. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i1.1650>
69. Ramroop P., Neetoo H. Antilisterial activity of *Cymbopogon citratus* on crabsticks // *AIMS microbiology*. – 2018. – Т. 4. – №. 1. – С. 67-84.
70. Finani, N. I., & Rosida, D. F. Effect of Proportion of Jack bean Flour, Tapioca Flour, and Corn Starch on the Nutrition of Instant Milkfish Crabstick. *AJARCADE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 2025. № 9(1), p. 154-157.
71. Rasco, B & Bledsoe. G. *Surimi and Surimi Analog Products*. In Hui . Y. H. CRC Taylor & Francis (eds) *Hanbook of Food Science, Technology and Engineering*. Boca Raton, London, New York. 2006.
72. Zhang, F., Fang, L., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H., & Cui, M. Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi-beef gels with microbial transglutaminase. *Meat Science*, 2013. № 93(3), p. 533–537.
73. Rosida, Dedin F *Buku Ajar Pati Termodifikasi dari Umbi-umbian Lokal dan Aplikasinya untuk Produk Pangan*. CV. Putra Media Nusantara, Surabaya. 2021.
74. Lin, J.-H., Singh, H., Chang, Y.-T., & Chang, Y.-H. Factor analysis of the functional properties of rice flours from mutant genotypes. *Food Chemistry*, 2011. № 126(3), p. 1108–1114.
75. Kusnandar, F., Winiati, P., Abdullah, M., & Umar, S. *Perspektif Global Ilmu dan Teknologi Pangan (Jilid 1) PATPI*. Bogor: PT. Penerbit IPB Press. 2020.
76. Rahmawati, I., Liviawaty, E., Pratama, R. I., & Junianto. Carrageenan in Seaweed (*Eucheuma* sp.) and Use of Carrageenan in Fishery Food Products: A Review. // *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 2023. № 23(6), p. 1–10. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2023/v23i6617>.
77. Gómez-Guillén, M.C. & Montero, M.P. Polyphenol uses in seafood conservation. // *American Journal of Food Technology*, 2007. № 2(7). P. 593-601.
78. Ucar, Y., Durmus, M., & Özogul, Y. Natural preservatives for fish and seafood. // *In Natural Preservatives for Food* 2025. pp. 193-220. Academic Press
79. Smaoui, S., Chaari, M., Agriopoulou, S., & Varzakas, T. Green active films/coatings based on seafood by-products (chitosan and gelatin): a powerful tool in food packaging. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2025. № 15(6), p. 8331-8350.
80. Siracusa, V. Packaging material in the food industry. // *In Antimicrobial food packaging* 2025. pp. 111-126. Academic Press.
81. Quintavalla, S., Vicini, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. // *Meat Science*, 2002. № 62: 373-380.

Отримано в редакцію 04.07.2025

Received 04.07.2025

Прийнято до друку 02.09.2025

Approved 02.09.2025