

Kasabova Kateryna, PhD, Associate Professor, Department of bakery and confectionery technology, State Biotechnological University, kas_kat@ukr.net

Фоміна Ірина Миколаївна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, anirif@ukr.net

Fomina Iryna, PhD, Associate Professor, Department of bakery and confectionery technology, State Biotechnological University, anirif@ukr.net

DOI 10.5281/zenodo.14671988

УДК 637.52:635.11:637.56:635.62:664.38

БУРЯК, ПОПЕРЕДНЬО ОБРОБЛЕНИЙ ЗАМОРОЖУВАННЯМ-РОЗМОРОЖУВАННЯМ, ЯК ДЖЕРЕЛО НІТРИТІВ В ІТАЛІЙСЬКІЙ САЛЯМІ, ЗБАГАЧЕНІЙ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ БІЛКАМИ

Т.М. Головко, М.В. Жеребкін, А.О.Геліх, А.М. Філон, Ю. Пан

Ферментовані сушені ковбаси є стародавнім способом консервування м'яса в Європі. Для покращення дозрівання, органолептичних та мікробіологічних показників до саламі додають нітрити. Свіжий буряк є стійким джерелом нітратів, а нова технологія його сушіння включає попередню обробку заморожуванням-розморожуванням та сонячну енергію, що є кліматично-нейтральним рішенням для харчової промисловості. Однак такий напівфабрикат із буряку не використовується як джерело нітритів у технології Італійської саламі, збагаченої альтернативними білками. Результати досліджень показали ефективність використання буряку як джерела нітритів і покращення органолептики та мікробіології саламі.

Ключові слова: європейська кухня, м'ясні вироби, альтернативний білок, харчовий барвник, нульовий голод, здорова дієта.

BEETROOT PRETREATED BY FREEZE-THAW, AS A SOURCE OF NITRITES IN ITALIAN SALAMI ENRICHED WITH ALTERNATIVE PROTEINS

T. Golovko, M. Zherebkin, A. Helikh, A. Filon, Y. Pang

*Fermented dried sausages are an ancient method of meat preservation in Europe. To enhance maturation and microbiological parameters, nitrites are added to salami. Fresh beet (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva* Alef.) is a stable source of nitrates, containing them up to 1240 mg/kg. Sustainable drying of beet, involving freeze-thaw pretreatment and solar energy, is a climate-neutral solution for the food industry. However, beet pretreated by freeze-thaw is not used as a nitrite source in Italian salami with alternative proteins. Dried snails (*Lissachatina fulica*) and*

pumpkin seed protein isolate (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*) were used to enrich salami. Both alternative proteins were added to recipes in equal amounts of 5%. Regular dried beet is commonly used as a colorant, but its nitrite-replacing properties are overlooked. Five salami samples enriched with alternative proteins were prepared: Control 1 (without nitrite/nitrate), Control 2 (125 mg/kg sodium nitrite and 125 mg/kg sodium nitrate), A1 (1% beet powder), A2 (1.5% beet powder), and A3 (2% beet powder). The best sample was A2, containing 1.5% beet powder and 5% dried snails and pumpkin seed protein. In A2, moisture content in raw salami was 64.7%, in fermented salami 34.5%, and the yield was 69.8%. Control 2 showed higher values (67.3%, 38.7%, 71.4%), but lower than Control 1. The highest organoleptic scores were in Control 2 (9.15) and A2 (9.2). The best taste (9.2) and aroma (9.6) were found in Control 2, while A2 had the best color (9.3) and texture (9.4). After 40 days of fermentation, aerobic mesophilic bacteria counted 9.7 log CFU/g across experimental samples, higher than Controls 1 and 2. Lactic acid bacteria were highest in A2 at 10.4 log CFU/g. Coliforms were below 3 MPN/g in all samples. After 60 days of storage, starter culture counts decreased by 10-15%, while coliforms remained below 3 MPN/g. Italian salami enriched with alternative proteins can be consumed in households, restaurants, and festivals. Future research should explore new beet varieties, analyze color parameters, and use beet powder in other meat recipes.

Keywords: European cuisine, meat products, alternative protein, food coloring, zero hunger, healthy diet.

Постановка проблеми в загальному вигляді. За даними Глобальних проблем населення ООН зараз на Землі проживає понад 8 мільярдів людей, очікується, що цей показник зросте більш ніж на 2 мільярди в найближчі 30 років. Це створює додатковий тиск на природні ресурси через забезпечення зростаючих потреб у їжі. Згідно програми ООН з довкілля, очікується, що глобальний попит на харчові продукти зросте майже на 60% до 2050 року. Вирішення питання збільшення споживання харчових ресурсів, має першочергову роль у забезпеченні нульового голоду на планеті, згідно 2 цілі стійкого розвитку [1]. Цікаво, що лише 16% населення світу є вегетаріанцями. Існує припущення, що кількість вегетаріанців може зрости в майбутньому, але все ж таки значна частина населення потребує продуктів тваринного походження, особливо в країнах, що розвиваються [2].

Високий вміст жиру, натрію та деяких добавок у м'ясних продуктах є важливою проблемою для здорового харчування [3]. Нітрит натрію є добавкою, яка виконує багато функцій у м'ясних продуктах, таких як пригнічення мікроорганізмів завдяки антиоксидантним властивостям, стабілізація кольору та смаку, але викликає багато критики серед науковців [4–8]. Проте використання нітриту натрію викликає суперечки в науковому співтоваристві та в органах охорони здоров'я головним чином тому, що немає чітких доказів зв'язку між споживанням нітритів і утворенням нітрозамінів [9, 10]. У зв'язку з цим

контроль початкового вмісту нітритів і їх залишків у м'ясних продуктах є важливим, а в харчовій промисловості використання нітритів суворо регламентовано, однак його зменшення або заміна все ще є проблемою [11]. Деякі дослідження оцінювали потенційні природні заміники нітриту натрію для створення рецептур здорових м'ясних продуктів, зберігаючи сенсорні властивості та мікробіологічну безпеку [12–15].

Тому важливо проводити дослідження використання нових джерел нітритів у ферментованих харчових продуктах для покращення їх якісних та мікробіологічних характеристик. У майбутньому це може створити умови для повної заміни штучного нітриту натрію.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інноваційні дослідження оптимізації рецептур м'ясних виробів направлені на часткову або повну заміну м'яса на альтернативний білок. Для підвищення ефективності таких технологій всебічно досліджуються функціональні властивості ізоляту білка насіння гарбуза [16]. Метод рН-коригуючої обробки є ключовим для покращення функціональних властивостей ізоляту білка насіння гарбуза, оскільки він не лише підвищує формування і стабільність гелю, але й оптимізує розчинність білка та емульгуючі властивості. Це розширює застосування цього рослинного білка у харчових рецептурах та сприяє розвитку здоровіших і стійкіших альтернатив тваринним білкам [17]. Оптимізація ультразвукової алкаліїної екстракції білка з гарбузового шроту є важливим підходом, оскільки вона дозволяє підвищити вихід білка та його функціональні властивості, такі як розчинність і емульгуюча здатність. Це сприяє ефективному використанню рослинних білків у харчовій промисловості та розробці інноваційних продуктів на основі рослинних інгредієнтів [18].

Стійка стратегія заміни нітриту натрію полягає в поєднанні багатих на нітрати овочів із заквасками, які перетворюють нітрати на нітрити [19]. Пошук нової сировини притаманної певному регіону країни, для зменшення собівартості та покращення здоров'я населення є поширеною темою для досліджень [20]. Місцева сировина може ефективно вирощуватись фермерами на особистих господарствах які мають власне виробництво енергоресурсів, що покращує стійкість громади [21]. Одним із найбільш використовуваних мікроорганізмів для ферментації ковбасних виробів є *Staphylococcus carnosus*, які покращують смакові властивості в'яленого м'яса [22, 23].

Буряк має високий потенціал, як альтернативне джерело нітритів у ферментованих м'ясних виробках з високим антиоксидантним потенціалом, що має безліч переваг окрім звичайного використання буряка у якості харчового барвника [24, 25]. Є багато досліджень, що

підтверджують високий вміст біоактивних компонентів у буряку [26]. Стійка сушка овочів сонячною енергією та нові методи попередньої обробки буряка, такої як заморожування-розморожування створюють передумови для подальших досліджень [27].

Важливим питанням для виробництва м'ясних виробів є традиції української кухні та їх удосконалення до критеріїв харчової стійкості. У таких дослідженнях активно використовуються альтернативні білки та місцева сировини [28]. Додавання альтернативних білків має не тільки переваги у підвищенні харчової стійкості, але й недоліки, особливо в питаннях забруднення біотоксинами. Це має враховуватись при розробці нових рецептур з їх додаванням [29]. Частиною збереження української кухні також є крафтові технології, що дозволяють малим підприємствам здійснювати інноваційну діяльність у виробництві м'ясних виробів корисних для здоров'я [30].

Багато європейських м'ясних виробів рецептурно схожі на українські аналоги, що відображає спільні кулінарні традиції та культурні взаємозв'язки між народами. Використання місцевої сировини не лише підвищує якість продукції, а й відновлює традиції, пов'язані з конкретними регіонами, що надає виробам унікального культурного змісту. Цей підхід поглиблює розуміння гастрономічної ідентичності, адже кожен продукт стає носієм історії, звичаїв та практик, що сформувалися протягом поколінь.

Дотримання загального плану стійкого розвитку України є важливим елементом, який має інтегруватися у технології та рецептури м'ясних виробів. В рамках соціокультурної антропології, це не лише означає використання екологічно чистих продуктів, але й врахування соціальних аспектів, таких як підтримка місцевих спільнот, збереження традиційних методів виробництва і формування нових гастрономічних практик. Наприклад, у процесі виробництва м'ясних продуктів важливо залучати місцевих фермерів та виробників, що сприяє розвитку регіональної економіки та зміцнює соціальні зв'язки.

Таким чином, адаптація європейських рецептів через призму українських традицій та стійкого розвитку дозволяє не лише зберегти культурну спадщину, але й підвищити конкурентоспроможність на ринку, формуючи унікальну гастрономічну ідентичність, яка поєднує в собі минуле та сучасність.

Мета статті. Дослідження фокусується на ефективності використання порошку буряка, попередньо обробленого заморожуванням-розморожуванням, як натурального джерела нітритів у виробництві італійської сальмі, збагаченої альтернативними білками.

Важливість цього підходу полягає в тому, що буряк є природним джерелом нітратів, які можуть перетворюватися на нітрити, забезпечуючи необхідну консервуючу дію та покращуючи органолептику. Для збагачення саямі планується використовувати сушених равликів і ізолят білка насіння гарбуза, які є стійкими джерелами білка, що також підвищує харчову цінність продукту.

Основною метою дослідження є оцінка впливу буряка та альтернативних білків на процеси дозрівання та зберігання саямі. Для цього планується проведення органолептичних і мікробіологічних аналізів, що дозволять визначити не лише якість та смакові характеристики продукції, але й її безпечність. Це дослідження сприятиме розвитку нових технологій у м'ясній промисловості та допоможе знайти ефективні способи використання рослинних інгредієнтів у традиційних рецептурах. Це дозволить задовольнити сучасні вимоги споживачів щодо здорового харчування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Технологічні особливості рецептури Італійської саямі, її збагачення альтернативними білками та адаптація до здорової дієти. Альтернативні білка, а саме порошок равликів (*Lissachatina fulica*) та ізолят білка насіння гарбуза (*Cucurbita pepo var. styriaca*), додавались до рецептури для зменшення вмісту м'яса та покращення мікробіологічних показників. Два види альтернативного білка додавались до рецептури дослідних зразків у однаковій кількості 5 %. Така зміна в рецептурі також зменшувала кліматичний вплив від виробництва саямі, чим підвищувала її харчову стійкість. Отримані зразки свіжого буряка (*Beta vulgaris L. var. conditiva Alef.*), а саме очищеного від шкірочки, містили 1240 мг/кг нітратів, але частина їх була втрачена (22,7 %) після заморожування-розморожування і сушки і склала 7554 мг/кг нітратів на суху речовину. Буряк є стійким джерелом нітратів, оскільки містить їх у великій кількості, що робить його цінним інгредієнтом у багатьох харчових продуктах. Для його обробки було застосовано стійку технологію сушки, яка включає попередню обробку заморожуванням-розморожуванням та використання сонячної енергії, що є кліматично нейтральним рішенням для харчової промисловості. Цей процес не лише зберігає поживні речовини буряка, але й знижує його екологічний слід.

Після сушки буряк подрібнювали в порошок, що дозволяє легко використовувати його в різних рецептурах. Використання такого порошку може сприяти підвищенню харчової цінності продуктів і покращенню їх смакових якостей. Для проведення досліджень було підготовлено 5 зразків Італійської саямі збагаченої альтернативним білком: контроль 1

(без нітриту та нітрату натрію), контроль 2 (125 мг/кг нітриту натрію та 125 мг/кг нітрату натрію), А1 (1 % порошку буряка), А2 (1,5 % порошку буряка), А3 (2 % порошку буряка), що наведені в табл. 1. Було приготовано по 6 зразків саямі з кожної рецептури для проведення досліджень.

Таблиця 1

**Рецептури Італійської саямі, збагаченої альтернативним білком
із різним вмістом порошку буряку, n=6**

Інгредієнти, г/кг	Контрольні зразки		Дослідні зразки		
	Контроль 1	Контроль 2	А1	А2	А3
	без нітриту та нітрату натрію	250 мг/кг нітриту та нітрату натрію	1 % порошку буряку	1,5 % порошку буряку	2 % порошку буряку
Яловичина	888	888	778	773	768
Порошок равликів 5 %	0	0	50	50	50
Ізолят білка насіння гарбуза 5 %	0	0	50	50	50
Свинячий жир	80	80	80	80	80
Фруктоза	10	10	10	10	10
Сіль	20	20	20	20	20
Сушений часник	1	1	1	1	1
Закваска	1	1	1	1	1
Порошок буряку	0	0	10	15	20
Нітрит та нітрат натрію	0	0,25	0	0	0

Зазвичай у традиційному виробництві саямі використовується лише свинина, але допускається також використання яловичини та телятини, особливо для здорової дієти. Ця традиція відображає не лише гастрономічні вподобання, а й культурні та соціальні контексти, що формувалися протягом століть. Саямі, як продукт, є важливою частиною харчової спадщини, яка варіюється залежно від регіону.

Сьогодні існують народні практики приготування саямі з різних видів м'яса, що притаманне певному регіону чи території. Ці варіації підкреслюють локальні гастрономічні традиції та унікальні кулінарні техніки, які передаються з покоління в покоління. Наприклад, у деяких культурах використання дичини або навіть птахів може стати основою для саямі, що відображає місцеві ресурси та традиції ведення господарства. Таким чином, приготування саямі з різних видів м'яса не лише демонструє креативність та адаптивність кулінарних традицій, а й слугує свідченням про культурні обміни та взаємодію між народами.

Це підкреслює важливість збереження кулінарної спадщини в контексті глобалізації, де традиційні рецепти можуть бути адаптовані до сучасних умов, але при цьому зберігати свою автентичність і зв'язок із культурними коренями.

Зважаючи і на так високий вміст свинячого жиру, свинини була повністю замінена на яловичину, щоб збільшити відповідність салами основам здорової дієти. Загалом всі компоненти рецептури у дослідних зразках відповідають вимогам здорової дієти, крім свинячого жиру та сушеного часнику. Можливість їх заміни на більш корисні для здоров'я інгредієнти має бути проаналізована в майбутніх дослідженнях.

У виробництві салами беруть участь чотири основні стадії: підготовка сировини, ферментація, дозрівання і сушіння. Підготовлені інгредієнти, а саме: яловичину, порошок равликів, ізолят білка насіння гарбуза, свинячий жир, закваску, порошок буряка або нітрит та нітрат натрію, перемішували та подрібнювали через м'ясорубку з решіткою 8 мм. У якості закваски використовувались істотні мікроорганізми *Staphylococcus xylosus* та *Pediosoccus pentosaceus* у кількості 1 г/кг фаршу. Потім додавали сіль, для екстракції міофібрилярних білків, фруктозу та сушений часник та перемішували до однорідної консистенції. Отриманим м'ясним фаршем наповнювали натуральні оболонки та перев'язували для отримання салами розміром 80 г. Ферментація отриманих зразків відбувалась в контрольованих лабораторних умовах, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Параметри температури та вологості у ферментаційній камері

Час ферментації, діб	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
1	25	95	0,2
2	23	90	0,3
3	23	90	0,3
4	20	85	0,5
5	20	85	0,5
7	18	80	0,5
8	15	75	0,5
40	15	75	0,5

Швидкість обдуву салами повітрям була на рівні 0,5 м/с, що є стандартним показником для їх виготовлення. Італійську салами упаковували в поліетиленові пакети і зберігали при 4–6 °C. Стандартними термінами зберігання цього виду салами є 60 діб, за умови дотримання рекомендованої температури.

Основні зміни, що відбуваються у саямі під час дозрівання, проявляються у зменшенні рН та вологи, також відзначається значне збільшення кількості закваски, що запобігає псуванню ферментованої ковбаси. Проводячи зважування зразків до і після дозрівання, можна визначити вихід продукту, що здебільшого пов'язаний зі зменшенням вологи у саямі, який наведено на рис. 1.

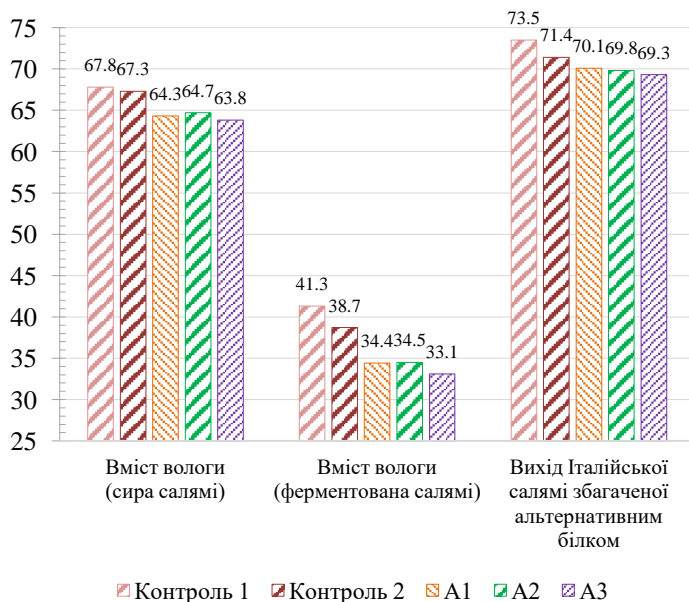


Рис. 1. Вплив зміни вмісту вологи в Італійській саямі, збагаченій альтернативним білком, на її вихід, n=6

Вміст вологи у ферментованій саямі у зразках з альтернативним білком та порошком буряка був дещо нижчий, ніж у контрольних зразків, і склав в середньому 34 %. Це пов'язано з тим, що нові інгредієнти, додані до рецептури, містили мало вологи та абсорбували її під час відновлення. Але вони не змогли утримати вологу у зв'язаному стані і знову втратили її під час сушіння та ферментації. Менший вміст вологи у фінальному продукті створює кращі умови для зберігання. Вихід Італійської саямі, збагаченої альтернативним білком, був дещо нижчий ніж у контрольних зразків і склав в середньому 69,7 %. Навіть незначна кількість додаткових інгредієнтів призвела до зменшення виходу саямі, хоча і незначного.

Органолептична оцінка Італійської саямі, збагаченої альтернативними білками. Десять експертів оцінювали Італійську саямі, збагачену альтернативним білком за методом "Score Card" для оцінки сенсорних параметрів, а саме: колір, консистенція, аромат, смак і загальна прийнятність [31]. Отримані значення від учасників оцінювали за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу та виражали як середнє значення, що наведено на рис. 2.

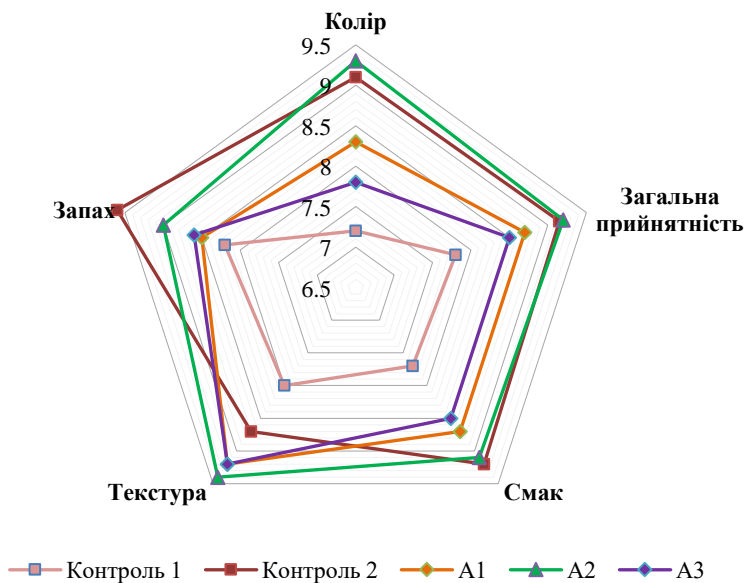


Рис. 2. Органолептична оцінка Італійської саямі, збагаченої альтернативними білками, n=10

Особливе питання під час заміни нітриту та нітрату натрію приділяється органолептичній оцінці, оскільки хімічні інгредієнти покращують смак ферментованих м'ясних виробів. У свою чергу натуральні джерела нітритів можуть зробити смак та колір готового продукту не бажаним, особливо це стосується національних страв.

Найгірші показники органолептики були у контрольного зразка 1, де загальна прийнятність склала всього 7,8. Найкращі результати органолептичної оцінки були у контролю 2 (9,15) та зразку A2 (9,2) з 1,5 % порошку буряка. Найкращий смак (9,2) та запах (9,6) були у

контролю 2. Найкращі колір (9,3) та текстура (9,4) були у зразка А2. Загалом, показники органолептики контролю 2 (125 мг/кг нітриту натрію та 125 мг/кг нітрату натрію) та зразка А2 (1,5 % порошку буряка) були майже однакові.

Це говорить про те, що сушений буряк, попередньо оброблений заморожуванням-розморожуванням повністю відповідає вимогам альтернативного джерела нітритів. Альтернативні білки, що додавались до рецептури покращили органолептику. Про це свідчить вищий показник загальної прийнятності у всіх дослідних зразках порівняно з контролем 1. Незважаючи на те, що саме контроль 1 є найбільш традиційним прикладом виготовлення салямів в давнину, його органолептичні показники необхідно покращувати.

Мікробіологічне дослідження Італійської салямів, збагаченої альтернативними білками, та вплив порошку буряку на кількість бактерій. Мікробіологічні аналізи загальних коліформ і аеробних мезофільних бактерій проводили згідно методів мікробіологічного дослідження продуктів харчування [32]. Молочнокислі бактерії кількісно визначали відповідно до ISO 15214:1998 [33]. Використовували дві частини кожного циклу для шести зразків, а визначення проводили під час обробки (0 і 40 днів). Результати мікробіологічного дослідження, що представлені як середнє значення шести зразків, наведено в табл. 3.

Закваска є сумішшю бактерій *Pediococcus pentosaceus* і смакових бактерій *Staphylococcus xylosum*. Вона відповідає за перетворення цукру в молочну кислоту, покращення органолептичних, мікробіологічних та фізико-хімічних показників салямів. Вміст закваски буде збільшуватися протягом всього процесу дозрівання, оскільки бактерії будуть рости і виробляти молочну кислоту, доки популяція не досягне кількості близько $10 \log \text{CFU/g}$.

Незважаючи на виявлені високі початкові значення загальної кількості коліформ у ферментованих сушених ковбасах, ця кількість зменшилася до норми під час дозрівання. Це відбулося завдяки зниженню рН та розвитку бактерій *Pediococcus pentosaceus* і смакових бактерій *Staphylococcus xylosum*.

Таблиця 3

**Мікробіологічне дослідження Італійської салямі, збагаченої
альтернативними білками під час ферментації, n=6**

Мікробіологічні показники	Італійська салямі, збагачена альтернативними білками									
	Початок сушки та ферментації, сирий продукт					40 днів сушки та ферментації, фінальний продукт				
	Контроль 1	Контроль 2	A1	A2	A3	Контроль 1	Контроль 2	A1	A2	A3
Аеробні мезофільні бактерії, log CFU/g	7,2	7,1	7,4	7,4	7,2	9,5	9,2	9,7	9,7	9,7
Молочнокислі бактерії, log CFU/g	6,1	6,2	6,2	6,3	6,3	9,9	9,8	9,8	10,4	10,3
Всього коліформ, MPN/g	62	95	380	970	1260	57	<3	<3	<3	<3

В Італійській салямі, збагаченій альтернативними білками, після 40 днів ферментації кількість коліформ склала менше 3 MPN/g для всіх зразків ковбас. Додавання порошку буряку забезпечило сталий розвиток закваски, що свідчить про ефективність використання буряку у якості джерела нітригів та покращення якості та мікробіології салямі, що наведено в табл. 3. У контроль 2 кількість закваски є меншою через сильні консервуючі властивості нітриту та нітрату натрію. У свою чергу, у традиційній салямі (контроль 1) ці показники ще нижчі через пригнічення розвитку закваски іншими мікроорганізмами.

Для того, щоб впевнитися у харчовій безпеці Італійської салямі, збагаченої альтернативними білками, під час зберігання було проведено додаткові мікробіологічні дослідження. Використовували дві частини кожного циклу для шести зразків, визначення проводили під час зберігання (30 та 60 днів). Результати цього мікробіологічного дослідження, представлені як середнє значення шести зразків, наведено в табл. 4.

Таблиця 4

**Мікробіологічне дослідження Італійської салямі, збагаченої
альтернативними білками, під час зберігання, n=6**

Мікробіологічні показники	Італійська салямі, збагачена альтернативними білками									
	30 днів зберігання					60 днів зберігання				
	Контроль 1	Контроль 2	A1	A2	A3	Контроль 1	Контроль 2	A1	A2	A3
Аеробні мезофільні бактерії, log CFU/g	8,0	8,3	8,6	8,7	8,7	7,8	8,1	8,5	8,7	8,6
Молочнокислі бактерії, log CFU/g	8,2	8,4	8,4	8,8	9,0	7,5	8,1	8,4	8,9	8,9
Всього коліформ, MPN/g	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

Аналізуючи отримані дані, наведені в табл. 4, можна дійти висновку, що протягом всього терміну зберігання кількість бактерій знаходилася на одному рівні. Незначні відхилення кількості бактерій не впливали на загальну мікробіологію салямі. Після 60 днів зберігання всіх зразків вміст бактерій закваски зменшився на 10–15 %, а вміст коліформ був менше 3 MPN/g. Це підтверджує ефективність застосування порошку буряку у якості джерела нітритів та сталого забезпечення кількості бактерій *Pediococcus pentosaceus* і смакових бактерій *Staphylococcus xylosus* на необхідному рівні в Італійській салямі, збагаченій альтернативними білками.

Буряк, попередньо оброблений заморожуванням-розморожуванням та підданий сонячній сушці, є новою сировиною для ферментованої Італійської салямі. Порошок буряку ефективний для використання у рецептурах інших м'ясних виробів, і не тільки як джерело нітритів та харчовий барвник, а також як джерело харчових волокон та мінеральних речовин. Високий вміст необробленого цукру у сушеному буряку вплинув на збільшення кількості бактерій закваски у Італійській салямі, збагаченій альтернативними білками, у порівнянні з контрольними зразками.

Подальші дослідження слід спрямувати на пошук нових сортів буряку, що можуть використовуватися у більшій кількості в рецептурі. Також важливим є детальний аналіз хімічного складу буряку, отриманого заморожуванням-розморожуванням та сонячною сушкою. Необхідно дослідити показники кольору, мінеральний склад та використання порошку буряку у інших рецептурах м'ясних виробів. Невирішеним є питання взаємозв'язку альтернативних білків та порошку буряку в салямі під час дозрівання.

Висновки. Буряк (*Beta vulgaris L. var. conditiva Alef.*), отриманий заморожуванням-розморожуванням та сонячною сушкою, є ефективним джерелом нітритів у виробництві Італійської салямі. Додавання альтернативних білків, а саме порошку равликів (*Lissachatina fulica*) та ізоляту білка насіння гарбуза (*Cucurbita pepo var. styriaca*), до рецептури сприяло зменшення вмісту м'яса та покращення мікробіологічних показників. Це зменшило кліматичний вплив від виробництва Італійської салямі та збільшило її харчову стійкість. Додавання порошку буряку та альтернативних білків зменшило вміст вологи та вихід Італійської салямі. Збільшення кількості порошку буряку в рецептурі понад 1,5 % почало погіршувати колір салямі через високий вміст беталаїну, що не відповідав традиційному для італійської кухні. Тому найкращим зразком серед дослідних був А2 з 1,5 % порошку буряку. Дослідні зразки з додаванням порошку буряку показали кращі мікробіологічні показники, ніж контрольні.

Це дослідження відкриває нові можливості для використання натуральних альтернатив нітриту натрію, адже процес отримання порошку буряку є простим та ефективним. При цьому сушений буряк містить високу кількість нітратів, які перетворюються на нітрити під час ферментації.

Салямі, збагачена альтернативними білками, має потенціал для широкого використання в харчуванні, зокрема в домогосподарствах, ресторанах, ярмарках та фестивалях. Однак для більш точного визначення споживчих уподобань та органолептичної якості, необхідно провести додаткові дослідження з залученням більшої кількості експертів, особливо з Італії, де салямі є традиційним та стародавнім продуктом. Також не зрозуміло, чи могли входити натуральні джерела нітритів, відомі науці, до перших документованих рецептур салямі у світі. Відповідь на це питання дозволить більш глибоко зрозуміти культурні та історичні аспекти виробництва цього стародавнього харчового продукту.

Список джерел інформації / References

1. United Nations. *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development* (A/RES/70/1). 2015. URL: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/92/pdf/n1529192.pdf>
2. Hargreaves, S. M., Raposo, A., Saraiva, A., & Zandonadi, R. P. Vegetarian diet: An overview through the perspective of quality of life domains. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(8), Article 4067. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084067>
3. Biesalski, H. K. Meat as a component of a healthy diet: Are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet *Meat Science*, 2005, 70(3), 509–524. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.017>
4. Pegg, R. B., & Honikel, K. O. Principles of curing. In F. Toldrá, Y. H. Hui, I. Astiasarán, J. G. Sebranek, & R. Talon (Eds.), *Handbook of fermented meat and poultry* (pp. 19–30). 2014. <https://doi.org/10.1002/9781118522653.ch4>
5. Honikel, K. O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 2008, 78(1), 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>
6. Marco, A., Navarro, J. L., & Flores, M. The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical, and sensory parameters of slow dry fermented sausage. *Meat Science*, 2006, 73(4), 660–673. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.011>
7. Vidal, V. A. S., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., & Pollonio, M. A. R. Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2020, 1–13. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1774495>
8. Holck, A., Axelsson, L., McLeod, A., Rode, T. M., & Heir, E. Health and safety considerations of fermented sausages. *Journal of Food Quality*, 2017, Article 9753894. <https://doi.org/10.1155/2017/9753894>
9. De Mey, E., De Maere, H., Paelinck, H., & Fraeye, I. Volatile N-nitrosamines in meat products: Potential precursors, influence of processing, and mitigation strategies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2017, 57(13), 2909–2923. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1078769>
10. EFSA ANS Panel. Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. *EFSA Journal*, 2017, 15(6), Article 157. <https://doi.org/10.2903/j.efsa>
11. Hospital, X. F., Carballo, J., Fernández, M., Arnau, J., Gratacós, M., & Hierro, E. Technological implications of reducing nitrate and nitrite levels in dry-fermented sausages: Typical microbiota, residual nitrate and nitrite, and volatile profile. *Food Control*, 2015, 57, 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.04.024>
12. Bázan-Lugo, E., García-Martínez, I., Alfaro-Rodríguez, R. H., & Totosaus, A. Color compensation in nitrite-reduced meat batters incorporating paprika or tomato paste. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, 92(8), 1627–1632. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4748>
13. Deda, M. S., Bloukas, J. G., & Fista, G. A. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 2007, 76, 501–508. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.01.004>

14. Sebranek, J. G., Jackson-Davis, A. L., Myers, K. L., & Lavieri, N. A. Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science*, 2012, 92(3), 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.002>
15. Shin, D.-M., Hwang, K.-E., Lee, C.-W., Kim, T.-K., Park, Y.-S., & Han, S. G. Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *cicla*) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2017, 37(3), 418–428. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.418>
16. Gao, D., Helikh, A., Duan, Z., & Xie, Q. Thermal, structural, and emulsifying properties of pumpkin seed protein isolate subjected to pH-shifting treatment. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2023, 17(3), 2301–2312. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01776-6>
17. Gao, D., Helikh, A., Filon, A., Duan, Z., & Vasylenko, O. Effect of pH-shifting treatment on the gel properties of pumpkin seed protein isolate. *Journal of Chemistry and Technologies*, 2022, 30(2), 198–204. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i2.241145>
18. Helikh, A., Gao, D., & Duan, Z. Optimization of ultrasound-assisted alkaline extraction of pumpkin seed meal protein isolate by response surface methodology. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University, Series «Technical Sciences»*, 2020, 31(3), 44–48. <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/08>
19. Sebranek, J. G., & Bacus, J. N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: What are the issues *Meat Science*, 2007, 77(1), 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.025>
20. Golovko, N., Golovko, T., & Gelikh, A. Investigation of amino acid structure of proteins of freshwater bivalve mussels from the genus *Anodonta* of northern Ukraine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2015, 5(11), 10–16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51072>
21. Vasilenko, O., Gelikh, A., & Filon, A. Development of personal farm: Independent sources of electricity. *Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University*, 2019, 9(1), 48. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-48>
22. Gøtterup, J., Olsen, K., Knöchel, S., Tjener, K., Stahnke, L. H., & Møller, J. K. S. Relationship between nitrate/nitrite reductase activities in meat-associated staphylococci and nitrosylmyoglobin formation in a cured meat model system. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 120(3), 303–310. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.08.034>
23. Löfblom, J., Rosenstein, R., Nguyen, M.-T., Ståhl, S., & Götz, F. *Staphylococcus carnosus*: From starter culture to protein engineering platform. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2017, 101(23-24), 8293–8307. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8528-6>
24. Jin, S.-K., Choi, J. S., Yang, H.-S., Park, T.-S., & Yim, D.-G. Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties, and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Science*, 2018, 146, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.032>

25. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., & Hadaegh, F. Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats, and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2016, 51, 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.06.006>

26. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. Bioactive compounds of beetroot and utilization in the food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*, 2019, 272, 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>

27. Liu, Y., Helikh, A. O., Filon, A. M., Tang, X.-X., Duan, Z.-H., & Ren, A.-Q. Beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva* Alef.) pretreated by freeze-thaw: Influence of drying methods on the quality characteristics. *CYTA-Journal of Food*, 2024, 22(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2295421>

28. Liu, Y., Helikh, A., Filon, A., & Duan, Z. Sausage technology for food sustainability: Recipe, color, nutrition, structure. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023, 4(11), 47–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286323>

29. Milana, M., van Asselt, E. D., & van der Fels-Klerx, H. J. The chemical and microbiological safety of emerging alternative protein sources and derived analogues: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2024, 23(4), Article e13377. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13377>

30. Helikh, A., Samilyk, M., Prymenko, V., & Vasylenko, O. Modeling of craft technology of boiled sausage "Firm Plus." *Restaurant and Hotel Consulting. Innovations*, 2020, 3(2), 237–251. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.3.2.2020.219708>

31. Amerine, M. A., Pangborn, R. M., & Roessler, E. B. Principles of sensory evaluation of food. New York, NY: Academic Press, 2013.

32. Salfinger, Y., & Tortorello, M. L. (Eds.). Compendium of methods for the microbiological examinations of foods. 5th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2015. <https://doi.org/10.2105/MBEF.0222>

33. International Organization for Standardization. ISO 15214:1998. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria – Colony-count technique at 30 degrees C. URL: <https://www.iso.org/standard/26853.html>

Головко Тетяна Миколаївна, д-р техн. наук, проф., професор кафедри технології м'яса, Державний біотехнологічний університет, golovko.tatyana.10@gmail.com.

Golovko Tatyana, Doctor of Technical Science, Professor, Professor in the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, golovko.tatyana.10@gmail.com.

Жеребкін Максим Васильович, канд. техн. наук, ст. викладач кафедри технології м'яса, Державний біотехнологічний університет, zherebkin.maxim@gmail.com.

Zherebkin Maxim, PhD, Senior Lecturer in the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, zherebkin.maxim@gmail.com.

Геліх Анна Олександрівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри технологій та безпечності харчових продуктів, Сумський національний аграрний університет, gelihsuny@gmail.com.

Helikh Anna, PhD, Associate Professor, Department of Technology and Food Safety, Sumy National Agrarian University, gelihsuny@gmail.com.

Філон Андрій Михайлович, асп., Сумський національний аграрний університет; магістр, Державний біотехнологічний університет, filongelih@gmail.com.

Filon Andrii, Postgraduate Student, Sumy National Agrarian University; Master of science, State Biotechnological University, filongelih@gmail.com.

Пан Юнфень, асп., Сумський національний аграрний університет, 876517553@qq.com.

Pang Yongfeng, Postgraduate Student, Sumy National Agrarian University, 876517553@qq.com.

DOI 10.5281/zenodo.14672191

УДК 664.641.12.016.8:664.664.5

АНАЛІЗ ХЛИБОПЕКАРСЬКОЇ ЯКОСТІ ЖИТНЬОГО БОРОШНА

В.П. Ковальова, М.О. Ковальов, В.Г. Макаренко

Представлено результати дослідження якості українського жита, встановлено відповідність показників якості вимогам державного стандарту. Проаналізовано якість житнього борошна сортового, оцінено стан білково-протеїназного і вуглеводно-амілазного комплексів за допомогою інноваційного обладнання. Рекомендовано для використання в хлібопекарській промисловості житнє сортове борошно зі значеннями водопоглинальної здатності вище 64 % зі значеннями стабільності тіста 2,5–4,0 хв (за приладом Mixolab).

Ключові слова: житнє борошно, реологічні властивості, білково-протеїназний комплекс, вуглеводно-амілазний комплекс.

ANALYSIS OF BAKING QUALITY OF RYE FLOUR

V. Kovalova, M. Kovalov, V. Makarenko

In recent years, the quality of cereal flour, as well as rye flour, has changed due to a decrease in biologically valuable components. This can be attributed to climatic conditions, modern technologies of grain cultivation and processing.

The baking properties of flour depend on the state of carbohydrate-amylase and protein-proteinase complexes. Rye flour proteins, unlike wheat proteins, do not form a gluten network. For a long time, it was believed that they were not capable of forming gluten. However, it can be extracted in weak solutions of salts or organic acids. The yield of raw gluten is 5-10%. The role of the protein-proteinase complex