

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.3:665

Лозова Т. М.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849, Researcher ID E-9830-2019,
д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

НАУКОВІ ТОВАРОЗНАВЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ

Анотація. У статті представлено результати наукових товарознавчих досліджень змін якості харчових продуктів, що пов'язані з окислювальними процесами під час зберігання. Метою статті є дослідження харчових добавок (фітодобавок) з антиоксидантними властивостями для сповільнення негативних змін якості у процесі зберігання. Ліпіди, які входять до складу харчових продуктів, найменш стійкі до окислення атмосферним киснем порівняно з іншими хімічними компонентами. Тому стійкість до окислювальних процесів під час зберігання є однією з головних вимог до властивостей жирів і жировмісних продуктів поряд із харчовою цінністю та належними органолептичними показниками. Внаслідок таких змін якості – процесів окислення – утворюються шкідливі для організму сполуки, зокрема токсичні. Це призводить до псування й непридатності до споживання харчових продуктів. Експериментально встановлено антирадикальні механізми фітодобавок із порошків фіалки триколірної (*Viola tricolor*) і квітів ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla*) на маргарині. Такі фітодобавки володіють антиоксидантною активністю, що становить 0,385 та 0,212 од. відповідно. Внесення зазначених фітодобавок у жирову систему дозволяє суттєво загальмувати процес окислення, оскільки утворення первинних продуктів уповільнюється в 1,1–1,7 рази та вторинних продуктів – у 1,2–1,74 рази. Цінний хімічний склад фітодобавок, який пояснює антиоксидантну дію, спричиняє також потенційне збагачення харчових продуктів біологічно активними речовинами. З урахуванням отриманих даних можна зробити висновок, що доцільно розвивати науковий напрям стосовно пошуку нових природних добавок, які запобігатимуть негативним змінам якості харчових продуктів у процесі зберігання, зокрема дослідженню комбінування різноманітних фітодобавок.

Ключові слова: зміна якості, зберігання, товарознавчі дослідження, окислення, фітодобавки, харчові продукти.

Lozova T. M.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849, Researcher ID E-9830-2019,
Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Science,
Customs Affairs and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

SCIENTIFIC COMMODITY RESEARCH ON CHANGES IN THE QUALITY OF FOOD PRODUCTS DURING STORAGE

Abstract. The article presents the results of scientific commodity research on changes in the quality of food products associated with oxidative processes during storage. The aim of the article is to study food additives (phytoadditives) with antioxidant properties to slow down negative changes in quality during storage. Lipids that are part of food products are the least resistant to oxidation by atmospheric oxygen compared to other chemical components. Therefore, resistance to oxidative processes during storage is one of the main requirements for the properties of fats and fat-containing products, along with nutritional value and proper organoleptic indicators. As a result of such quality changes – oxidation processes – harmful compounds are formed for the body, in particular toxic ones. This leads to spoilage and unsuitability for consumption of food

*products. Anti-radical mechanisms of phytoadditives from powders of violet tricolor (*Viola tricolor*) and flowers of chamomile (*Matricaria chamomilla*) on margarine were experimentally established. Such phytoadditives have antioxidant activity, which is 0.385 and 0.212 units, respectively. The introduction of these phytoadditives into the fat system allows to significantly slow down the oxidation process, since the formation of primary products is slowed down by 1.1–1.7 times and secondary products by 1.2–1.74 times. The valuable chemical composition of phytoadditives, which explains the antioxidant effect, also causes the potential enrichment of food products with biologically active substances. Taking into account the data obtained, we can conclude that it is advisable to develop a scientific direction in the search for new natural additives that will prevent negative changes in the quality of food products during storage, in particular, the study of combining various phytoadditives.*

Key words: quality change, storage, commodity research, oxidation, phytonutrients, food products.

JEL Classification: L66, L81, L15, O32

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-12>

Постановка проблеми. Збереження якості і харчової цінності та скорочення втрат харчових продуктів під час зберігання є вагомим завданням сьогодення. Харчові продукти за хімічним складом – це багатокомпонентні системи, що містять ліпіди, азотисті речовини, мінеральні сполуки, вітаміни та ферменти. У процесі зберігання харчових продуктів кожна з цих зазначених сполук піддається складним змінам, що можуть призвести до зниження харчової цінності й органолептичних властивостей, зробити продукти непридатними до споживання. Можливі також кількісні втрати продуктів, головним чином, за рахунок випаровування вологи, виділення летких сполук у вигляді ароматичних речовин, вуглекислоти тощо. Втрати харчових продуктів призводять до суттєвих економічних втрат.

Проблему з розроблення раціональних способів зберігання харчових продуктів можна вирішувати лише на основі глибоких наукових товарознавчих досліджень головних процесів, які відбуваються під час зберігання. Важливим аспектом також є характер взаємозв'язку між продуктами та навколишнім середовищем.

Для встановлення граничних термінів зберігання та придатності до споживання необхідно виявити й вивчити основні процеси, внаслідок яких знижується якість продуктів, і насамперед їхні органолептичні характеристики. З метою подовження термінів зберігання продуктів харчування потрібно загальмувати процеси, що зумовлюють псування продукції. Проте варто врахувати, що, створюючи несприятливі умови для одних процесів, можна водночас прискорити інші небажані зміни у продуктах. Зокрема, у результаті уповільнення мікробіологічних процесів створюються сприятливі умови для неферментативного

потемніння. З іншого боку, внаслідок гальмування реакцій неферментативного потемніння спостерігається інтенсивне автоокислення жирів.

Властивості харчових продуктів та їхні зміни під час зберігання потрібно досліджувати в умовах багатофакторності внутрішніх та зовнішніх впливів, а зв'язок між змінами продуктів і режимами їхнього зберігання – на основі узагальнення результатів експериментальних спостережень. Такий підхід дозволяє виявити основні фактори та оцінити ступінь їхнього впливу на ті чи інші хімічні і фізико-хімічні процеси, які відбуваються в продуктах під час зберігання.

Результати чисельних досліджень, виконаних вітчизняними і зарубіжними науковцями, дозволяють на науковій основі вирішувати теоретичні та практичні завдання щодо збереження якості й зниження втрат продуктів харчування під час зберігання.

У процесі розроблення раціональних способів запобігання зниженню якості продуктів харчування поряд зі змінами, що відбуваються у самих продуктах (йдеться особливо про тепло- і масообмінні процеси), важливо враховувати фактори їхнього обумовлення. Користуючись теплофізичними методами, можна більш точно судити про оптимальні умови зберігання кожного виду харчових продуктів, обирати раціональні технічні засоби для їхнього підтримування у приміщеннях для зберігання. Теплофізичні методи дозволяють побудувати математичні моделі для вивчення конкретних процесів.

Ліпіди, які входять до складу харчових продуктів, найменш стійкі до окислення атмосферним киснем порівняно з іншими хімічними компонентами. Тому стійкість до окислювальних процесів під час зберігання є однією з основних

вимог до властивостей жирів та жировмісних продуктів поряд із харчовою повноцінністю і високими органолептичними властивостями (смаком, запахом, кольором, консистенцією). Ці властивості перебувають у взаємозв'язку. Харчова повноцінність жировмісних продуктів залежить переважно від складу і співвідношення різноманітних, насамперед високоненасичених жирних кислот, що входять до структури тригліцеридів, а також від низки супутніх речовин. Але саме ненасичені жирні кислоти та деякі сполуки, супутні жирам (наприклад, фосфоліпіди), досить нестійкі до дії молекулярного кисню повітря.

До важливих процесів у жировмісних харчових продуктах належать окислювальні, які зумовлюють суттєве погіршення якості продукції під час зберігання. Це обґрунтовує необхідність наукових досліджень процесів окислення з метою подовження термінів зберігання харчових продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі зберігання у жирах і жировмісних продуктах внаслідок зміни високоненасичених жирних кислот, ліпопротеїдів, провітамінів і вітамінів завжди відбуваються незворотні складні хімічні перетворення, що призводять до зниження біологічної цінності та органолептичних властивостей. Водночас можуть утворюватися і небажані для організму продукти окислення, зокрема токсичні. У зв'язку з цим виникає необхідність вирішення проблеми підвищення стійкості відносно хімічних змін жирів у продуктах під час зберігання й розроблення умов, що забезпечують тривале їхнє зберігання з мінімальними змінами властивостей [1–5].

Науковцями запропоновано спосіб оцінювання окисно-відновного потенціалу і загальної антиоксидантної здатності різних дієтичних добавок, використовуючи різні аналітичні методи для досягнення складності вимірювань антиоксидантів. Новий підхід до визначення загальної антиоксидантної здатності в харчових продуктах передбачає використання сучасних електрохімічних методів, включаючи диференціальну імпульсну вольтамперометрію (DPV) і циклічну вольтамперометрію (CV). Ці методи вимірюють окисно-відновний потенціал зразків, надаючи інформацію про електронодонорну здатність антиоксидантів без використання шкідливих хімічних речовин або обробки зразків, із мінімальним впливом на навколишнє середовище. Вимірені ABTS та FRAP були виражені в еквівалентах вітаміну С,

щоб дозволити порівняння з вимірюваннями CV і фактичним вмістом вітаміну С. Цей підхід дозволив непряме порівняння активностей, отриманих із використанням різних стандартних речовин, шляхом перетворення на стандартні еквіваленти. Подібні тенденції спостерігалися в усіх методах, за винятком DPPH. Значення FRAP корелювали з ABTS та CV ($r = 0,797$ та $r = 0,757$ відповідно). Метод DPV забезпечив більш детальну оцінку окисно-відновної активності вибраних продуктів на основі різних піків окислення. Дослідження підкреслює важливість обов'язкового тестування і кількісного визначення антиоксидантів, а також необхідність регулювання антиоксидантних властивостей за допомогою нормативних стандартів [6–8].

Наукові роботи зосереджені на біохімічних механізмах захисту від вільних радикалів і їхній ролі у створенні та підтримці антиоксидантних властивостей. Для досягнення цієї мети продукти харчування, фрукти та морські водорості з високим вмістом антиоксидантів повинні становити основу поживних речовин, оскільки відомо, що натуральні продукти мають значно вищу ефективність засвоєння. Дослідження окреслює перспективу, згідно з якою використання антиоксидантів може продовжити термін придатності харчових продуктів, захищаючи їх від псування, спричиненого окисленням, а також їх використання як харчових добавок [9].

Вивчення антиоксидантів та їхнього значення в різних галузях, від харчової інженерії до медицини та фармації, становить значний інтерес для наукової спільноти. У харчовій галузі вагомою проблемою є запровадження нових методів для визначення антиоксидантної активності, механізму виявлення, застосовності, переваг та недоліків таких методів. Серед тестів, базованих на переносі атома водню, представлені такі: тест на поглинання кисневих радикалів (ORAC), тест на антиоксидантну здатність гідроксильних радикалів (HORAC), тест на загальний антиоксидантний параметр захоплення пероксильних радикалів (TRAP) і тест на загальну антиоксидантну здатність поглинання оксирадикалів (TOSC). Тести, базовані на переносі одного електрона, включають тест на антиоксидантну силу відновлення міді (CUPRAC), тест на антиоксидантну силу відновлення заліза (FRAP) та тест Фоліна-Чокальтеу. Змішані тести, що включають перенесення як атома водню, так і електрона, включають тест 2,2'-азинобіс-(3-етилбензотіазолін-6-сульфонової

кислоти (ABTS) та тест [2,2-ди(4-трет-октил-феніл)-1-пікрилгідрозил] (DPPH). Усі ці аналізи базуються на хімічних реакціях, а оцінка кінетики або досягнення рівноважного стану спирається на спектрофотометрію [10].

Встановлено, що коричневі морські водорості мають відносно високий вміст фенольних сполук і виключно флоротанінів, які володіють біоактивними властивостями. Вміст цих фенольних сполук був основою для одержання цінних харчових добавок. Доведено потенціал застосування видів бурих морських водоростей як антиоксиданту в харчових матрицях [11].

Ефірні олії вважаються заміниками синтетичних добавок у харчових продуктах. Оскільки окислення ліпідів є основним хімічним процесом, що впливає на псування харчових продуктів, зокрема майонезу, досліджено антиоксидантну активність ефірної олії чебрецю (*Zataria multiflora* Voiss) на окислювальну стабільність обробленого майонезу (гомогенізованого) протягом 6 місяців зберігання. Антиоксидантну активність ефірної олії чебрецю (0-150 $\mu\text{кг}$ /г) визначали методом DPPH. Для досліджень застосовували аналізи: пероксид, анізидин, тотокс, тіобарбітурова кислота [12]. Ефірна олія характеризується великою кількістю монотерпенів, таких як тимол і карвакрол. Щодо антиокислення, досліджена ефірна олія сильно зменшила вміст радикалу DPPH ($\text{IC}_{50}=144,4 \text{ } \mu\text{кг}$ /мл). Результати показали, що зразки майонезу із вмістом ефірної олії значно менше піддаються окисленню, тоді як контрольний зразок окислювався швидше. Ефірна олія мала значний вплив на смак, запах і загальне сприйняття продукту, але істотної різниці в кольорі та текстурі не спостерігалося. Результати цих експериментів свідчать про те, що ефірна олія чебрецю (*Z. multiflora*) може бути використана як джерело натурального антиоксиданту для застосування в харчовій промисловості з метою запобігання окислення ліпідів у жиромісних продуктах. Тому його можна використовувати як натуральний антиоксидант і ароматизатор у харчових продуктах [13].

Встановлено й оцінено ефективність багатьох антиоксидантами екстрактів шипшини (*Rosa canina* L.) і глуду (*Crataegus monogyna*) для мінімізації окисного псування м'ясних продуктів [14, 15].

Виноградні вичавки продемонстрували найвищі рівні загального вмісту фенольних сполук і антиоксидантного потенціалу за оціненими методами. Відповідно до результатів, отриманих

за фенольним складом, можна зробити висновок, що добавки включають основні компоненти – флавоноїди катехін, мірицетин та епікатехін, які повинні сприяти антиоксидантній активності екстракту [16].

Внаслідок аналізу отриманих даних досліджень можна рекомендувати порошок виноградного насіння як добавку для багатьох харчових продуктів, зокрема м'ясних [17, 18].

Таким чином, виконаний аналіз підтверджує особливу вагомість проблеми пошуку та використання харчових добавок із вираженими антиоксидантними властивостями.

Постановка завдання. Метою статті є представлення результатів наукового товарознавчого дослідження змін якості харчових продуктів під час зберігання, які містять харчові добавки з антиоксидантними властивостями.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження змін якості харчової продукції з метою запобігання її погіршення здійснювали шляхом вивчення важливих процесів окислювального характеру та можливостей їхнього гальмування.

Одним із пріоритетних сучасних напрямів у харчовій галузі є застосування природних добавок рослинного походження, що призводить до збагачення продукції біологічно активними сполуками для профілактики можливих різноманітних фізіологічних порушень в організмі людини і пов'язаних із ними захворювань, а також сприяє сповільненню окислювальних перетворень.

Досліджено антиоксидантні характеристики фітодобавок у концентрації по 1,0 % – порошку квітів фіалки триколірної (*Viola tricolor*) та порошку квітів ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla*) на жировій основі маргарину у модельних умовах за температури $(90 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Вивчення антиоксидантної активності здійснювали на волюметричній установці. Вимірювали поглинання кисню в умовах ініційованого окислення з використанням кумольної моделі. У ході досліджень одержували залежність кількості поглиненого кисню від часу.

На графіку залежність швидкості окислення (на осі ординат) від швидкості ініціювання (на осі абсцис) наведено в робочих одиницях (рис. 1). Ця залежність, тобто її лінійність, свідчить про те, що досліджувана речовина – інгібітор, а тангенс нахилу цієї прямої – це величина $k_2 \cdot [\text{RH}] / k_7 \cdot f \cdot n \cdot [\text{InH}]$, за якою розраховано $k_7 \cdot f \cdot n \cdot [\text{InH}]$ та оцінено K_7 .

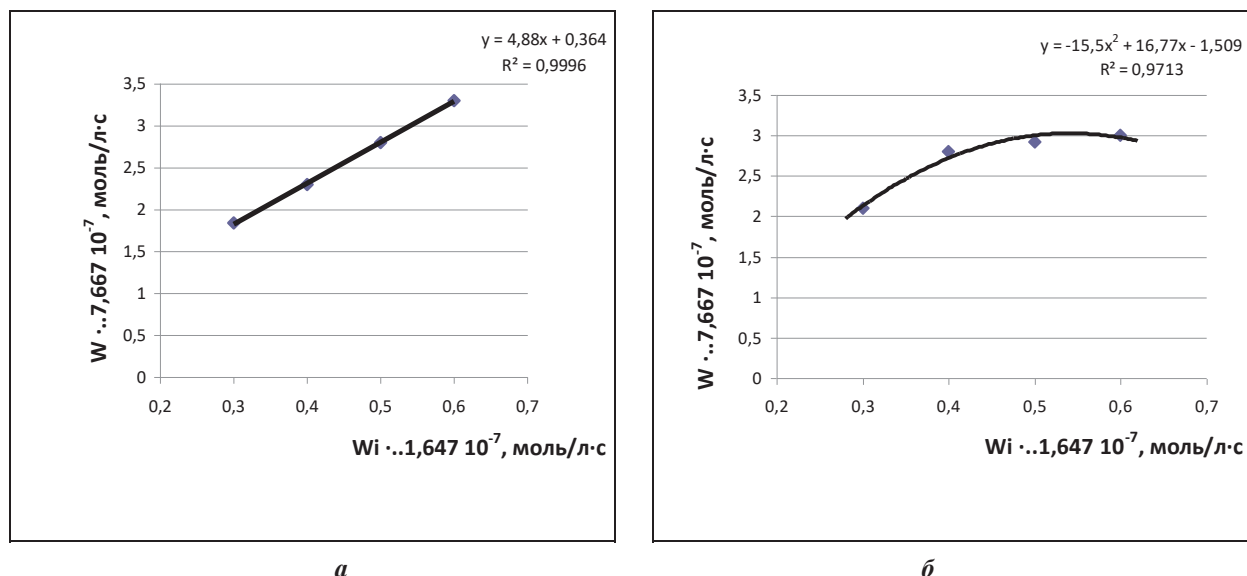


Рис. 1. Залежність швидкості окислення від швидкості ініціювання з фітодобавками

Результати визначення антиоксидантної активності представлено в табл. 1. Величина K_7 служить мірою антиоксидантної активності речовини, тобто, чим вона більша, тим вищі антиоксидантні властивості певної речовини. Значення K_7 дає змогу порівнювати різні інгібітори між собою за силою їх антиоксидантного впливу.

Обидві добавки виявили досить високу антиоксидантну активність: порошок квітів фіалки триколірної – 0,385 та порошок квітів ромашки лікарської – 0,212 од.

У ході досліджень підтверджено антирадикальну дію фітодобавок на жировій основі маргарину, що показано на рис. 2.

Таблиця 1

Результати дослідження антиоксидантної активності фітодобавок

Антиоксидант	$tg \alpha$; (мм/хв.)/мл	$tg \alpha = (k_2 \cdot [RH] / k_7 \cdot f \cdot n \cdot [InH])$.	$K_7 \times f \times n \times [InH]$
Порошок квітів фіалки триколірної	4,867	22,881	0,385
Порошок квітів ромашки лікарської	8,833	41,526	0,212

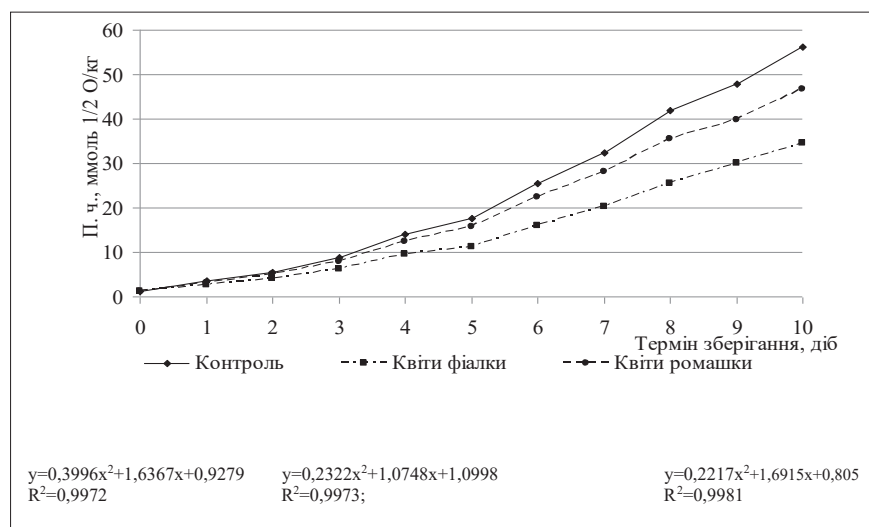


Рис. 2. Динаміка пероксидного числа жирової основи маргарину з фітодобавками (1,0 %) у процесі зберігання в модельних умовах за температури $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$

Додавання порошку квітів фіалки триколірної сприяли уповільненню зростання пероксидного числа жиру порівняно з контролем (жиром без добавок) в 1,4–1,7 раза, а порошку ромашки лікарської – в 1,1–1,2 раза.

Встановлено достовірне зниження інтенсивності глибоких окислювальних перетворень у зразках маргарину з фітодобавками за бензидиновим числом (табл. 2).

У серії досліджень більш виражений антиоксидантний ефект був властивий фітодобавці з порошку квітів фіалки триколірної. Її присутність у модельній системі сприяла сповільненню

накопичення карбонільних сполук, які здатні реагувати з бензидином, в 1,3–1,74 раза за увесь період експерименту. Фітодобавка з порошку квітів ромашки лікарської обумовила стримування утворення цих вторинних продуктів окислення на 10–18 % відносно контрольного зразка.

Таким чином, результатами досліджень встановлено доцільність використання у жирових основах харчових продуктів фітодобавок із рослинних порошоків квітів фіалки триколірної та ромашки лікарської для суттєвого гальмування окислювальних процесів та збагачення продукції біологічно цінними сполуками.

Таблиця 2

Динаміка бензидинового числа жирової основи маргарину з фітодобавками у процесі зберігання в модельних умовах за температури $(90 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ $p \leq 0,05$; $n = 3$

Фітодобавки, 1,0 % до маси жиру	Тривалість зберігання, дів				
	2	4	6	8	10
Контроль	0,196±0,010	0,292±0,015	0,402±0,020	0,699±0,035	0,864±0,043
Порошок квітів фіалки	0,150±0,008	0,198±0,010	0,251±0,013	0,431±0,021	0,496±0,025
Порошок квітів ромашки	0,178±0,009	0,260±0,013	0,337±0,017	0,582±0,029	0,732±0,037

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Отже, дослідження змін якості жирових і жиромісних харчових продуктів доводять можливість запобігання негативним процесам шляхом уповільнення окислювальних процесів, що вважаються одними з головних під час зберігання. Експериментально встановлено антирадикальні механізми фітодобавок із порошоків фіалки триколірної (*Viola tricolor*) і квітів ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla*) на маргарині. Такі фітодобавки володіють антиоксидантною активністю, що становить 0,385 та 0,212 од. відповідно.

Внесення досліджених фітодобавок у жирову систему дозволяє суттєво загальмувати процес окислення за реестрацією первинних продуктів (у 1,1–1,7 раза) і вторинних (в 1,2–1,74 раза) продуктів окислення. Цінний хімічний склад фітодобавок, який пояснює антиоксидантну дію, спричиняє також потенційне збагачення харчових продуктів біологічно активними речовинами.

З урахуванням отриманих даних можна зробити висновок, що доцільно розвивати науковий напрям стосовно пошуку нових природних добавок, які запобігатимуть негативним змінам якості харчових продуктів у процесі зберігання, зокрема дослідженню комбінування різноманітних фітодобавок.

ЛІТЕРАТУРА

- Zhang S., Chen Y., McClements D. J., Hou T., Geng F. et al. Composition, processing, and quality control of whole flaxseed products used to fortify foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2023. Vol. 22. P. 587–614.
- Noreen S., Tufail T., Bader Ul Ain H., Ali A., Aadir R. M. et al. Antioxidant activity and phytochemical analysis of fennel seeds and flaxseed. *Food Sci. Nutr.* 2023. Vol. 11. P. 1309–1317.
- Qiu C., Wang H., Guo Y., Long S., Wang Y. Comparison of fatty acid composition, phytochemical profile and antioxidant activity in four flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties. *Oil Crop Sci.* 2020. Vol. 5. P. 136–141.
- Waszkowiak K., Gliszczynska-Świgło A. Binary ethanol–water solvents affect phenolic profile and antioxidant capacity of flaxseed extracts. *Eur. Food Res. Technol.* 2016. Vol. 242. P. 777–786.
- Slavova-Kazakova A., Karamac M., Kancheva V., Amarowicz R. Antioxidant activity of flaxseed extracts in lipid systems. *Molecules.* 2015. Vol. 21. P. 17.
- Nikoleta Lugonja, Dalibor Stanković. Eco-Friendly Voltammetric Techniques for Assessing Antioxidant Properties in Dietary Supplements. *Compounds.* 2025. Vol. 5 (4). P. 51. <https://doi.org/10.3390/compounds5040051>.
- Pruteanu L. L., Bailey D. S., Grădinaru A. C., Jäntschi L. The Biochemistry and Effectiveness of Antioxidants in Food, Fruits, and Marine Algae. *Antioxidants.* 2023. Vol. 12. P. 860.

8. Mishra K., Ojha H., Chaudhury N. K. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chem.* 2012. Vol. 130. P. 1036–1043.
9. Irina Georgiana Munteanu, Constantin Apetrei. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant. *Int. J. Mol. Sci.* 2021. Vol. 22 (7). P. 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>.
10. Shahidi F., Zhong Y. Measurement of antioxidant activity. *J. Funct. Foods.* 2015. Vol. 18. P. 757–781.
11. Ruiyi Zhang, Ashna Khan, Jaspreet Singh, Lovedeep Kaur. Phlorotannins from New Zealand brown seaweeds: Extraction, antioxidant activity, and food applications. *Food Chemistry Advances.* 2025. Vol. 9. P. 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101144>.
12. Asiye Ahmadi-Dastgerdi, Neda Fallah, Maryam Zokaei, Majid Gholami-Ahangaran. The Role of Thyme (*Zataria multiflora* Boiss) Essential Oil as Natural Antioxidant on the Lipid Oxidation in Mayonnaise. *Journal of Food Quality.* 2022. Vol. 26 (3). P. 366–380.
13. Pricila Veiga-Santos, Karina de Jesus Antonio, Carolina Toledo Santos, Amanda Alves Arruda, Larissa Bindo de Barros, Larissa Tulio Gonçalves. Pomace-Cassava as Antioxidant Bio-Based Coating Polymers for Cheeses. *Polysaccharides.* 2024. Vol. 3 (2). P. 380–387. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides3020022>.
14. Christian Vallejo-Torres, Mario Estévez, Sandra Martínez. The prooxidant action of high-oxygen MAP on beef patties can be counterbalanced by antioxidant compounds from common hawthorn and rose hips. *Meat Science.* 2023. Vol. 2. P. 701–714. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109282>.
15. Ju Shen, Min Zhang, Linlin Zhao, Arun S. Mujumdar, Haixiang Wang. Schemes for enhanced antioxidant stability in frying meat: a review of frying process using single oil and blended oils. *Food Science and Nutrition.* 2024. Vol. 3 (1). P. 591–603. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2019672>.
16. Jéssica Bordim, Caroline Marques, Matheus A. Calegari, Tatiane L. C. Oldoni, Marina L. Mitterer-Daltoé. Potential effect of naturally colored antioxidants from *Moringa oleifera*, propolis, and grape pomace – Evaluation of color and shelf life of chicken paté. *Food Chemistry Advances.* 2023. Vol. 3. P. 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100409>.
17. R. Apak, M. Özyürek, K. Güçlü, E. Çapanoğlu. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. classification, physicochemical principles, mechanisms, and Electron Transfer (ET)-based assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2023. Vol. 64 (5). P. 997–1027.
18. Bordim J., Lise C. C., Marques C., Oldoni T. C., Varela P., Mitterer-Daltoé M. L. Potential use of naturally colored antioxidants in the food industry – A study of consumers' perception and acceptance. *Journal of Sensory Studies.* 2021. Vol. 36. P. 126–147.

REFERENCES

1. Zhang S., Chen Y., McClements, D. J., Hou T., Geng F. et al. (2023), Composition, processing, and quality control of whole flaxseed products used to fortify foods, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 22, p. 587–614.
2. Noreen S., Tufail T., Bader Ul Ain H., Ali A., Aadil, R. M. et al. (2023), Antioxidant activity and phytochemical analysis of fennel seeds and flaxseed, *Food Sci. Nutr.*, vol. 11, p. 1309–1317.
3. Qiu C., Wang H., Guo Y., Long S. and Wang Y. (2020), Comparison of fatty acid composition, phytochemical profile and antioxidant activity in four flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties, *Oil Crop Sci.*, vol. 5, p. 136–141.
4. Waszkowiak K. and Gliszczyńska-Świąło A. (2016), Binary ethanol–water solvents affect phenolic profile and antioxidant capacity of flaxseed extracts, *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 242, p. 777–786.
5. Slavova-Kazakova A., Karamać M., Kancheva V. and Amarowicz R. (2015), Antioxidant activity of flaxseed extracts in lipid systems, *Molecules*, vol. 21, p. 17.
6. Nikoleta Lugonja and Dalibor Stanković (2025), Eco-Friendly Voltammetric Techniques for Assessing Antioxidant Properties in Dietary Supplements, *Compounds*, vol. 5 (4), p. 51. <https://doi.org/10.3390/compounds5040051>.
7. Pruteanu, L. L., Bailey, D. S. and Grădinaru, A. C., Jäntschi L. (2023), The Biochemistry and Effectiveness of Antioxidants in Food, Fruits, and Marine Algae, *Antioxidants*, vol. 12, p. 860.
8. Mishra K., Ojha H. and Chaudhury, N. K. (2012), Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results, *Food Chem.*, vol. 130, p. 1036–1043.
9. Irina Georgiana Munteanu and Constantin Apetrei (2021), Analytical Methods Used in Determining Antioxidant, *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 22 (7), p. 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>.
10. Shahidi F. and Zhong Y. (2015), Measurement of antioxidant activity, *J. Funct. Foods*, vol. 18, p. 757–781.
11. Ruiyi Zhang, Ashna Khan, Jaspreet Singh and Lovedeep Kaur (2025), Phlorotannins from New Zealand brown seaweeds: Extraction, antioxidant activity, and food applications, *Food Chemistry Advances*, vol. 9, p. 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101144>.

12. Asiye Ahmadi-Dastgerdi, Neda Fallah, Maryam Zokaie and Majid Gholami-Ahangaran (2022), The Role of Thyme (*Zataria multiflora* Boiss) Essential Oil as Natural Antioxidant on the Lipid Oxidation in Mayonnaise, *Journal of Food Quality*, vol. 26 (3), p. 366–380.

13. Pricila Veiga-Santos, Karina de Jesus Antonio, Carolina Toledo Santos, Amanda Alves Arruda, Larissa Bindo de Barros and Larissa Tulio Gonçalves (2024), Pomace-Cassava as Antioxidant Bio-Based Coating Polymers for Cheeses, *Polysaccharides*, vol. 3 (2), p. 380–387. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides3020022>.

14. Christian Vallejo-Torres, Mario Estévez and Sandra Martínez (2023), The prooxidant action of high-oxygen MAP on beef patties can be counterbalanced by antioxidant compounds from common hawthorn and rose hips, *Meat Science*, vol. 2, p. 701–714. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109282>.

15. Ju Shen, Min Zhang, Linlin Zhao, Arun S. Mujumdar and Haixiang Wang (2024), Schemes for enhanced antioxidant stability in frying meat:

a review of frying process using single oil and blended oils, *Food Science and Nutrition*, vol. 3 (1), p. 591–603. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2019672>.

16. Jéssica Bordim, Caroline Marques, Matheus A. Calegari, Tatiane L. C. Oldoni and Marina L. Mitterer-Daltoé (2023), Potential effect of naturally colored antioxidants from *Moringa oleifera*, propolis, and grape pomace – Evaluation of color and shelf life of chicken paté, *Food Chemistry Advances*, vol. 3, p. 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100409>.

17. Apak R., Özyürek M., Güçlü K. and Çapanoğlu E. (2023), Antioxidant activity/capacity measurement. 1. classification, physicochemical principles, mechanisms, and Electron Transfer (ET)-based assays, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 64 (5), p. 997–1027.

18. Bordim J., Lise, C. C., Marques C., Oldoni, T. C., Varela P. and Mitterer-Daltoé, M. L. (2021), Potential use of naturally colored antioxidants in the food industry – A study of consumers' perception and acceptance, *Journal of Sensory Studies*, vol. 36, p. 126–147.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0) 

Дата першого надходження статті до видання: 20.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026