

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., завідувачка кафедри харчових технологій,

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Решетило Л. І.,

lidare@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1229-634X,

Researcher ID: G-9509-2020,

к.т.н., доц., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,

Львівський торговельно-економічний університет,

м. Львів

Романюк Р. А.,

магістр,

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

СУЧАСНІ НАУКОВІ СПРЯМУВАННЯ У ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗБЕРІГАННЯ ЖИРОВМІСНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Анотація. У статті наведено результати сучасних наукових досліджень щодо поліпшення зберігання жировмісних харчових продуктів у спосіб уповільнення процесів окислення. Значна увага зарубіжних науковців приділяється дослідженням, пов'язаним із вивченням можливості застосування натуральних дошок-антиоксидантів у різних групах харчових продуктів, таких як олії, м'ясні, рибні, молочні продукти. Показано, що антиоксидантна дія використаних дошок пояснюється високим вмістом поліфенольних та інших цінних сполук із антирадикальним ефектом. Реакції окислення є основною причиною псування харчових олій, жирів та жировмісних харчових продуктів під час зберігання або термічної обробки. У харчовій науці окислення є однією з головних причин зниження якості продукції та короткого терміну зберігання. Антиоксиданти відіграють дуже важливу роль у багатьох біологічних процесах, в яких присутні вільні радикали. Первинні антиоксиданти (натуральні або синтетичні) запобігають автоокисленню, віддаючи водень вільним радикалам, що утворюються на початкових стадіях автоокислення. Застосовуються антиоксиданти в основному як харчові добавки для запобігання або уповільнення окислення, підвищення стабільності продукції та подовження тривалості зберігання. Оскільки вчені все більше стурбовані безпекою синтетичних антиоксидантів, вони звертаються до натуральних альтернатив, таких як токоферол, екстракт розмарину, аскорбінова кислота та ін. Дослідження натуральних антиоксидантів та їх ролі в здоров'ї і харчуванні людини є відносно новим і надзвичайно важливим науковим напрямком. Деякі біологічні джерела, такі як лікарські рослини, овочі, прянощі та фрукти, оцінюються як джерела потенційно безпечних натуральних антиоксидантів. Науковцями розглядаються можливості використання та досліджуються властивості натуральних антиоксидантів для поліпшення збереження якості харчових олій, жирів, молочних, м'ясних, кондитерських та інших жировмісних продуктів. Результати досліджень підтверджують, що більшість натуральних дошок мають вищу антиоксидантну активність і термостабільність, ніж синтетичні. Антиоксидантний потенціал харчових продуктів можна визначити за допомогою низки методів: спектрометричного, хроматографічного та електрохімічного. Показано високу антиокислювальну дію екстракту виноградних кісточок та екстракту розмарину, які підвищують стабільність під час зберігання м'ясних виробів. Виявлено ефективність багатьох антиоксидантами екстрактів шипшини (*Rosa canina* L.) і глоду (*Crataegus monogyna*) для мінімізації окисного псування білків і ліпідів у яловичих котлетах. Обробка сумішшю α -токоферолу і розмарину (0,05 % + 0,02 %) показала найбільш сильну антиоксидантну активність серед антиоксидантів, досліджених у моделі олії-сардини і заморожено-подрібненого м'яса риби. Автором статті на молочному жирі вивчено антиоксидантну дію порошку плодів глоду, порошку плодів шипшини і порошку меліси (по 0,1 % до маси молочного жиру). Отримані результати лабораторного дослідження слугують підставою й обґрунтуванням для рекомендації до використання вивчених натуральних дошок для подовження зберігання молочного жиру і продуктів на його основі. Особливо високу стабілізуючу дію виявив порошок меліси, який дозволив загальмувати утворення продуктів окислення до 4,7 раза. Ці добавки можна використовувати у вигляді інгібіторів окислювального псування молочного жиру та продуктів на його основі.

Ключові слова: зберігання, окислення, продукти окислення, добавки, антиоксиданти, якість, жиромісні харчові продукти.

Lozova T. M.,

lozovاتم@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849,

Researcher ID: E-9830-2019,

Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Food Technologies,

Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Reshetylo L. I.,

lidare@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1229-634X,

Researcher ID: G-9509-2020,

Ph.D., Associate Professor, Professor at the Department of Commodity Science,

Customs Affairs and Quality Management,

Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Romanyuk R. A.,

Master's degree student,

Lviv University of Trade and Economics, Lviv

CURRENT SCIENTIFIC DIRECTIONS IN RESEARCH OF STORAGE OF FATTY FOOD PRODUCTS

Abstract. *The article presents the results of modern scientific research on improving the storage of fat-containing food products in a way that slows down oxidation processes. Considerable attention of foreign scientists is paid to research related to the study of the possibility of using natural additives-antioxidants in various groups of food products, such as oils, meat, fish, and dairy products. It is shown that the antioxidant effect of the used additives is due to the high content of polyphenols and other valuable compounds with an antiradical effect. Oxidation reactions are the main cause of spoilage of edible oils, fats and fatty foods during storage or heat treatment. In food science, oxidation is one of the main causes of reduced product quality and short shelf life. Antioxidants play a very important role in many biological processes in which free radicals are present. Primary antioxidants (natural or synthetic) prevent autoxidation by donating hydrogen to free radicals formed in the initial stages of autoxidation. Antioxidants are used mainly as food additives to prevent or slow down oxidation, increase product stability, and extend shelf life. As scientists are increasingly concerned about the safety of synthetic antioxidants, they are turning to natural alternatives such as tocopherol, rosemary extract, ascorbic acid, and others. The study of natural antioxidants and their role in human health and nutrition is a relatively new and extremely important scientific direction. Some biological sources, such as medicinal plants, vegetables, spices and fruits, are evaluated as sources of potentially safe natural antioxidants. Scientists are considering the possibilities of using and investigating the properties of natural antioxidants to improve the preservation of the quality of edible oils, fats, dairy, meat, confectionery and other fat-containing products. Research results confirm that most natural supplements have higher antioxidant activity and thermal stability than synthetic ones. The antioxidant potential of food products can be determined using a number of methods: spectrometric, chromatographic and electrochemical. The high antioxidant effect of grape seed extract and rosemary extract, which increase the stability during storage of meat products, has been shown. The effectiveness of antioxidant-rich rosehip (*Rosa canina* L.) and hawthorn (*Crataegus monogyna*) extracts to minimize oxidative damage to proteins and lipids in beef cutlets was revealed. Treatment with a mixture of α -tocopherol and rosemary (0.05% + 0.02%) showed the strongest antioxidant activity among the antioxidants studied in the model system of oil-sardine and frozen-shredded fish meat. The author of the article studied the antioxidant effect of hawthorn fruit powder, rosehip fruit powder, and lemon balm powder (0.1% by weight of milk fat) on milk fat. The obtained results of the laboratory study serve as a basis and justification for recommending the use of studied natural additives to prolong the storage of milk fat and products based on it. Lemon balm powder showed a particularly high stabilizing effect, which made it possible to inhibit the formation of oxidation products up to 4.7 times. These additives can be used as inhibitors of oxidative deterioration of milk fat and products based on it.*

Key words: storage, oxidation, oxidation products, additives, antioxidants, quality, fatty foods.

JEL Classification: L81

DOI 10.32782/2522-1221-2024-37-14

Постановка проблеми. Проблема зберігання харчових продуктів має винятково актуальне і важливе значення для сфери торгівлі й виробництва. Жировмісним харчовим продуктам притаманна специфіка, яка полягає у вираженості реакції окислення, що є головною причиною псування. Автооксидация, яка є найбільш поширеним явищем окислення, відбувається через реакцію між киснем і ненасиченими жирними кислотами за допомогою автокаталітичного процесу, що складається з вільнорадикального ланцюгового механізму. Цей ланцюг включає етапи ініціації, поширення та завершення, які можуть бути циклічними після початку.

Вільні радикали здатні пошкоджувати білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи та ліпіди, що призводить до багатьох захворювань, включаючи раннє старіння, атеросклероз та інші. Антиоксиданти можуть очищати ці вільні радикали, щоб запобігти пошкодженню клітин, у кінцевому підсумку зменшуючи окислювальний стрес і, таким чином, сприятливо впливати на здоров'я людини. Дослідження показали, що підвищене споживання антиоксидантів як харчових добавок призводить до зниження ризику багатьох захворювань.

Антиоксиданти відіграють дуже важливу роль у багатьох біологічних процесах, в яких присутні вільні радикали. Значна частина цих сполук запобігає пошкодженню клітинних компонентів внаслідок хімічних реакцій за участю вільних радикалів. Механізми окислення постійно виникають у живому метаболізмі, а активні форми кисню беруться із зовнішніх процесів посилення окислення. За останні роки було зроблено багато спроб швидких, економічних та зручних аналітичних підходів для виявлення та визначення антиоксидантної здатності. Сучасні методи пропонують альтернативну та потужну стратегію для визначення вмісту антиоксидантів, оскільки вони дозволяють просте та недороге виявлення.

Дослідження натуральних антиоксидантів та їх ролі у здоров'ї і харчуванні людини є новим і надзвичайно важливим науковим напрямом. Деякі біологічні джерела, такі як лікарські рослини, овочі, прянощі та фрукти, оцінюються як джерела потенційно безпечних натуральних антиоксидантів.

Первинні антиоксиданти (натуральні або синтетичні) запобігають автоокисленню, віддаючи водень вільним радикалам, що утворюються на початкових стадіях автоокислення. Досі є сумніви щодо безпечності та схвалення, рівня і типу використання синтетичних антиоксидантів, що

регулюється у більшості країн. В останні роки спостерігається глобальна тенденція до заміни синтетичних антиоксидантів натуральними, такими як екстракт листя оливи, мірицетин, катехін, геністеїн і кофеїнова кислота та багато інших. Важливо зменшити застосування синтетичних антиоксидантів через їх потенційний негативний вплив на здоров'я та в результаті споживчого попиту.

Науковцями розглядаються можливості використання та досліджуються натуральні антиоксиданти для стабілізації харчових олій, жирів, молочних, м'ясних, кондитерських та інших жировмісних продуктів. Результати досліджень підтверджують, що більшість натуральних добавок мають вищу антиоксидантну активність і термостабільність, ніж синтетичні.

Таким чином, окреслена проблема обґрунтовує необхідність виконання досліджень, які сприяли б вирішенню поставлених завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У харчовій науці окислення є однією з головних причин зниження якості продукції та короткого терміну зберігання. Таким чином, антиоксиданти в основному використовуються як харчові добавки для запобігання або уповільнення окислення, підвищення стабільності продукції та подовження терміну зберігання. Синтетичні низькомолекулярні антиоксиданти, такі як бутильований гідроксианізол, бутильований гідрокситолуол, пропілгаллат і трет-бутилгідрокінон, широко використовуються в харчовій промисловості завдяки їх високій антиоксидантній активності та низькій вартості. Оскільки вчені все більше стурбовані безпечністю синтетичних антиоксидантів, вони звертаються до натуральних альтернатив, таких як токоферол, екстракт розмарину, аскорбінова кислота та ін. [1].

Широке використання антиоксидантів та їх потенційна комерційна цінність спонукають все більше практиків брати участь у дослідженнях антиоксидантів, що призводить до великої кількості експериментальних даних, пов'язаних із різними типами антиоксидантів.

Антиоксиданти затримують або інгібують окислення ліпідів у низьких концентраціях. Токоферолі, аскорбінова кислота, каротиноїди, флавоноїди, амінокислоти, фосфоліпіди і стероли є натуральними антиоксидантами у харчових продуктах. Антиоксиданти гальмують окислення, вилучаючи вільні радикали, хелатуючи прооксидантні метали, пригнічуючи синглетний кисень і фотосенсибілізатори та інактивуючи ліпокси-

геназу. Антиоксиданти виявляють взаємодію, таку як синергізм (токоферолі та аскорбінова кислота), антагонізм (альфа-токоферол і кавова кислота) та просте приєднання [2]. Синергізм виникає, коли один антиоксидант регенерується іншими або захищає інший антиоксидант шляхом його окислення і коли два або більше антиоксидантів виявляють різні антиоксидантні механізми.

Перекисне окислення ліпідів є критичним фактором у ланцюзі виробництва харчових олій. Щоб мінімізувати цей процес, розроблено кілька способів застосування синтетичних антиоксидантів, які широко використовуються під час отримання олії для збереження їх молекулярної цілісності [3]. Аналізи показують, що антиоксиданти з натуральних джерел є кращими для олій до смаження, а також приготування їжі в цілому, як ефективний засіб для пригнічення перекисного окислення ліпідів. Науковцями висвітлено можливості та проблеми щодо використання натуральних антиоксидантів замість синтетичних з точки зору ефективного покращення окисної стабільності харчових олій. Для підвищення стійкості олій проти окислювального псування запропоновано використання наноемульсійних систем для інкапсуляції екстракту апельсинової кірки, отриманого в результаті традиційної мацерації та нової технології ультразвукової екстракції [4]. Доведено позитивну дію оптимального сполучення антиоксидантів для подовження збереження якості лляної олії. Для досягнення цієї мети із задіянням різних антиоксидантних механізмів запропонована комбінація чотирьох типів антиоксидантів, включаючи токоферол, аскорбілпальмітат, фітинову кислоту і джерело поліфенолів (антиоксидант листя бамбука, екстракт розмарину, екстракт поліфенолів чаю і пальмітат поліфенолів чаю), що вводили у склад лляної олії [5]. Доведено антиоксидантну активність листя шовковиці (*Morus Indica L.*) на олії рисових висівків (RBO) [6].

Вченими запропоновано перед приготуванням у м'ясний фарш додавати низку антиоксидантів для досягнення стійкості проти окислення. Визначали тіобарбітурове число у зразках вареного м'яса після зберігання впродовж 35 днів. Серед протестованих антиоксидантів бутильований гідроксипропілкетон (ВНА), бутильований гідрокситолуол (ВНТ), пропілгалат (PG), трет-бутилгідрокінон (ТВНҚ), тригідроксибутирофенон (ТНВР), нордигідрогваяретова кислота (NDGA), катехол і етоксигін виявили високу

ефективність. Вони сприяли гальмуванню накопичення вторинних продуктів окислення [7, 8].

Оцінено і показано антиоксидантну дію пектину та томатної пасти на окислення ліпідів і виробництво ковбаси з курячої грудки під час зберігання в холодильнику протягом 14 днів. Результати ґрунтувалися на дослідженні пероксидного числа та кількості сполук за реакцією з TBARS.

Виноградні вичавки продемонстрували найвищі рівні загального вмісту фенольних сполук і антиоксидантного потенціалу за оціненими методами. Порівняння результатів обґрунтовує доцільність застосування такої добавки у м'ясних продуктах.

Оцінено ефективність багатих антиоксидантами екстрактів шипшини (*Rosa canina L.*) і глоду (*Crataegus monogyna*) для мінімізації окисного псування білків і ліпідів у яловичих котлетах, підданих дії в атмосфері високого вмісту кисню (НіОх-МАР) і вакууму (Vacuum). Екстракти шипшини і глоду охарактеризовані за кількісним визначенням біоактивних сполук: фенольних сполук, токоферолів і вітаміну С. Обидва екстракти мали високі концентрації біологічно активних речовин, причому екстракт шипшини мав вищий загальний вміст фенолів і вітаміну С. Тим не менше екстракт глоду був найефективнішим у захисті яловичих котлет від карбонілювання білка, зменшуючи, як наслідок, міцність варених яловичих котлет. Використання екстрактів шипшини і глоду у котлетах із яловичини значно покращило наміри споживачів купувати продукцію в пакувальних системах НіОх-МАР. Використання екстрактів шипшини і глоду або їх комбінації вважається перспективним ефективним антиоксидантним засобом для зменшення прооксидантних ефектів, спричинених НіОх-МАР у червоному м'ясі [9, 10].

Обробка сумішшю α -токоферолу і розмарину (0,05 % + 0,02 %) показала найбільш сильну активність серед антиоксидантів, досліджених у модельній системі олії–сардини і заморожено-подрібненого м'яса риби. У системі олії–сардини така суміш затримує початок окислення на 5 днів довше, аніж α -токоферол чи екстракт розмарину окремо, а його антиоксидантна активність порівнюється з активністю ВНА. У замороженому подрібненому м'ясі показник тіобарбітурового числа у зразку з такою сумішшю був найнижчим серед інших антиоксидантів. Аналіз показав, що під час зберігання вплив досліджуваної суміші антиоксидантів був приблизно на 10 % вищим

у порівнянні з α -токоферолом [11–13]. Це свідчить про те, що окислення поліненасичених жирних кислот інгібуються сумішшю α -токоферолу та розмарину сильніше порівняно з такими складниками поодиночі. Отже, спостерігався помітний синергетичний ефект між α -токоферолом і екстрактом розмарину.

Таким чином, наведені літературні дані щодо досліджень вчених багатьох країн світу свідчать про те, що, незважаючи на значний позитивний досвід, ця наукова проблема не вирішена і є значні резерви щодо поліпшення зберігання жиромісних харчових продуктів різних груп.

Постановка завдання. Метою статті є викладення результатів дослідження використання антиоксидантів та встановлення їх ефективності на молочному жирі.

Виклад основного матеріалу дослідження. На молочному жирі вивчено антиоксидантну дію порошку плодів глуду, порошку плодів шипшини і порошку меліси (по 0,1 % до маси молочного жиру). Спектрофотометричний аналіз показав трохи більшу кількість моноальдегідів (при довжині хвилі $\lambda = 448-452$ нм) у зразку жиру з 0,1 % плодів глуду, ніж у контролі, що показано на рис. 1.

Вищу за контроль оптичну густину можна пояснити взаємодією окремих речовин добавки

з тіобарбітуровою кислотою. Антиокислювальна активність порошку плодів глуду досить добре проявила себе під час утворення діальдегідів, тобто добавка сповільнила їх накопичення в 1,8 раза. Ця стабілізуюча дія зумовлена вмістом переважно флавоноїдів (до 2 %), антоціанів, аскорбінової та хлорогенової кислот. У зразку молочного жиру з додаванням порошку плодів шипшини моноальдегідів було в 2,1 раза менше за контроль, а діальдегідів – у 1,8 раза.

Добавка на основі порошку меліси сприяла зменшенню утворення моноальдегідів у 2,3 раза та діальдегідів – у 4,7 раза.

Антиоксидантні властивості шипшини завдячують наявності значної кількості дубильних речовин й аскорбінової кислоти.

Вираженим виявився антиоксидантний ефект цих натуральних добавок у молочному жирі під час подальшого зберігання (6 діб) (рис. 2).

Варто зазначити, що загальна тенденція після 6 діб модельного зберігання залишилася тією ж. Але додавання порошку плодів глуду у цьому випадку запобігло накопиченню кількості моноальдегідів у порівнянні з контрольним зразком молочного жиру в 1,25 раза та діальдегідів – у 1,1 раза.

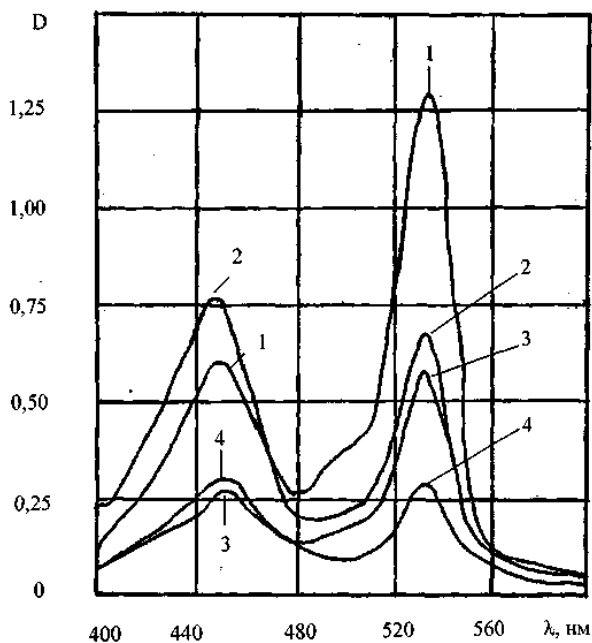


Рис. 1. Спектрограми продуктів окислення молочного жиру з 2-ТБК після 4 діб зберігання у модельних умовах за температури $(98 \pm 2)^\circ\text{C}$ із добавками: 1 – контроль; 2 – порошок глуду, 0,2 %; 3 – порошок шипшини, 0,1 %; 4 – меліса, 0,1 % (експериментальні дані отримані автором)

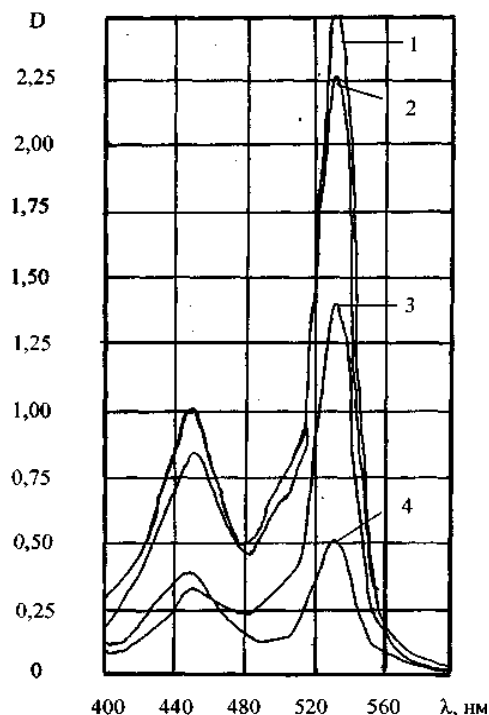


Рис. 2. Спектрограми продуктів окислення молочного жиру з 2-ТБК після 6 діб зберігання в модельних умовах за температури $(98 \pm 2)^\circ\text{C}$ із добавками: 1 – контроль; 2 – порошок глуду, 0,2 %; 3 – порошок шипшини, 0,1 %; 4 – меліса, 0,1 % (експериментальні дані отримані автором)

Використання порошку з плодів шипшини також уповільнило глибоке окислення молочного жиру з повільнішим утворенням моноальдегідів у 2,5 раза та діальдегідів – у 1,85 раза.

Після 6 днів зберігання молочний жир із включенням порошку меліси містить в 3,3 раза менше моноальдегідів, а діальдегідів було менше у ньому в 5 разів порівняно з контролем.

Отримані результати дослідження слугують підставою і обґрунтуванням для рекомендації до використання вивчених натуральних добавок для подовження зберігання молочного жиру і продуктів на його основі. Особливо високу стабілізуювальну дію виявив порошок меліси.

Отже, досліджені натуральні добавки мають перспективу до використання як антиоксидантів проти окислювального псування різних молочних та інших жиромісних харчових продуктів.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Таким чином, на молочному жирі вивчено антиоксидантну дію порошку плодів глоду, порошку плодів шипшини і порошку меліси (по 0,1 % до маси молочного жиру). Отримані результати лабораторного дослідження слугують підставою й обґрунтуванням для рекомендації до використання вивчених натуральних добавок з метою подовження зберігання молочного жиру і продуктів на його основі. Особливо високу стабілізуювальну дію виявив порошок меліси, який дозволив загальмувати утворення продуктів окислення до 4,7 раза. Отримані результати та актуальність окресленого наукового спрямування обґрунтовують подальші дослідження на різних групах харчових продуктів із високою концентрацією жиру.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Olgica Nedić, Ana Penezić, Simeon Minić, Mirjana Radomirović, Milan Nikolić, Tanja Ćirković Veličković, Nikola Gligorijević, Nikola Gligorijević. Food Antioxidants and Their Interaction with Human Proteins. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12 (4). Pp. 411-431. <https://doi.org/10.3390/antiox12040815>.
2. Eunok Choe, David B. Min. Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2009. Vol. 8 (4). Pp. 345-358.
3. Marcondes Viana da Silva, Mariana Romana Correia Santos, Izis Rafaela Alves Silva, Eduardo Bruno Macedo Viana, Dioneire Amparo Dos Anjos, Ingrid Alves Santos. Synthetic and Natural Antioxidants Used in the Oxidative Stability of Edible Oils: An Overview. *Food Reviews International*. 2021. Vol. 12 (3). Pp. 611-619. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1869775>.
4. Maxwell D. Erickson, Dmytro P. Yevtushenko, Zhen-Xiang Lu. Oxidation and Thermal Degradation of Oil during Frying: A Review of Natural Antioxidant Use. *Food Reviews International*. 2022. Vol. 14 (8). Pp. 417. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2039689>.
5. R. Rashid, S. Mohd Wani, S. Manzoor, F. A. Masoodi, M. Masarat Dar. Improving oxidative stability of edible oils with nanoencapsulated orange peel extract powder during accelerated shelf life storage. *Food Bioscience*. 2022. Vol. 49. Pp. 416-423. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101917>.
6. Ting Lu, Yan Shen, Jing-Han Wang, Hong-Kai Xie, Yong-Fu Wang, Qi Zhao, Da-Yong Zhou, Fereidoon Shahidi. Improving oxidative stability of flaxseed oil with a mixture of antioxidants. *Food Processing and Preservation*. 2020. Vol. 44 (3). Pp. 802-816.
7. Aladedunye Felix, Matthaeus Bertrand. Phenolic extracts from *Sorbus aucuparia* (L.) and *Malus baccata* (L.) berries: Antioxidant activity and performance in rapeseed oil during frying and storage. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 159. Pp. 273-281. DOI 10.1016/j.foodchem.2014.02.139.
8. Shamdi F., Rubin L. J., Wood D. F. Control of Lipid Oxidation in Cooked Ground Pork with Antioxidants and Dinitrosyl Ferrohemochrome. *Food Science*. 1984. Vol. 52, Issue 3. Pp. 564-567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06675>.
9. Christian Vallejot-Torres, Mario Estévez, Sonia Ventanas, Sandra L. Martínez, David Morcuende. The pro-oxidant action of high-oxygen MAP on beef patties can be counterbalanced by antioxidant compounds from common hawthorn and rose hips. *Meat Science*. 2013. Vol. 204. Pp. 701-714. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109282>.
10. 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*. 2021. Vol. 3 (1). Pp. 591-603. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2019672>.
11. Mohammad JOUKI, Mohammad RABBANI, Mohammad Javad SHAKOURI. Effects of pectin and tomato paste as a natural antioxidant on inhibition of lipid oxidation and production of functional chicken breast sausage. *Food Sci. Technol (Campinas)*. 2020. Vol. 40 (2). Pp. 79-85. <https://doi.org/10.1590/fst.26419>.
12. Burcu Ozturk-Kerimoglu, Emine Nakilcioglu, Meltem Serdaroglu. Lipid oxidation in cured meat model systems containing either antioxidant or prooxidant: A comparative study on determination of malondialdehyde concentration by using conventional, test-kit and chromatographic assays. *Research Square*. 2022. Vol. 1 (2). Pp. 1-22.
13. Sabrina Vicentini Schaefer, Adrieli Maiandra Piccinin do Amaral, Ana Karolina Cherobin, Larissa

Karla Monteiro, Gisiéli Carla Morandin, Carolina Fischer, Darlene Cavalheiro, Georgia Ane Raquel Sehn. Japanese grape (*Hovenia dulcis*) powder as an antioxidant agent in Bologna sausages. *Science of Food and Agriculture*. 2022. Vol. 2 (2). Pp. 25-29. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11974>.

REFERENCES:

1. Olgica Nedić, Ana Penezić, Simeon Minić, Mirjana Radomirović, Milan Nikolić, Tanja Ćirković Veličković, Nikola Gligorijević, Nikola Gligorijević. (2023), Food Antioxidants and Their Interaction with Human Proteins. *Antioxidants*, vol. 12 (4), pp. 411-431. <https://doi.org/10.3390/antiox12040815>.
2. Eunok Choe, David B. Min. (2009), Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 8 (4), pp. 345-358.
3. Marcondes Viana da Silva, Mariana Romana Correia Santos, Izis Rafaela Alves Silva, Eduardo Bruno Macedo Viana, Dioneire Amparo Dos Anjos, Ingrid Alves Santos. (2021), Synthetic and Natural Antioxidants Used in the Oxidative Stability of Edible Oils: An Overview. *Food Reviews International*, vol. 12 (3), pp. 611-619. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1869775>.
4. Maxwell D. Erickson, Dmytro P. Yevtushenko, Zhen-Xiang Lu. (2022), Oxidation and Thermal Degradation of Oil during Frying: A Review of Natural Antioxidant Use. *Food Reviews International*, vol. 14 (8), pp. 417. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2039689>.
5. R. Rashid, S. Mohd Wani, S. Manzoor, F. A. Masoodi, M. Masarat Dar. (2022), Improving oxidative stability of edible oils with nanoencapsulated orange peel extract powder during accelerated shelf life storage. *Food Bioscience*, vol. 49, pp. 416-423. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101917>.
6. Ting Lu, Yan Shen, Jing-Han Wang, Hong-Kai Xie, Yong-Fu Wang, Qi Zhao, Da-Yong Zhou, Fereidoon Shahidi. (2020), Improving oxidative stability of flaxseed oil with a mixture of antioxidants. *Food Processing and Preservation*, vol. 44 (3), pp. 802-816.
7. Aladedunye Felix, Matthaeus Bertrand. (2014), Phenolic extracts from *Sorbus aucuparia* (L.) and *Malus baccata* (L.) berries: Antioxidant activity and performance in rapeseed oil during frying and storage. *Food Chemistry*, vol. 159, pp. 273-281. DOI 10.1016/j.foodchem.2014.02.139.
8. Shamdi F., Rubin L. J., Wood D. F. (1984), Control of Lipid Oxidation in Cooked Ground Pork with Antioxidants and Dinitrosyl Ferrohemochrome. *Food Science*, vol. 52, Issue 3, pp. 564-567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06675>.
9. Christian Vallejot-Torres, Mario Estévez, Sonia Ventanas, Sandra L. Martínez, David Morcuende. (2013), 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. 204, pp. 701-714. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109282>.
10. Ju Shen, Min Zhang, Linlin Zhao, Arun S. Mujumdar, Haixiang Wang. (2021), 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), pp. 591-603. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2019672>.
11. Mohammad JOUKI, Mohammad RABBANI, Mohammad Javad SHAKOURI. (2020), Effects of pectin and tomato paste as a natural antioxidant on inhibition of lipid oxidation and production of functional chicken breast sausage. *Food Sci. Technol (Campinas)*, vol. 40 (2), pp. 79-85. <https://doi.org/10.1590/fst.26419>.
12. Burcu Ozturk-Kerimoglu, Emine Nakilcioglu, Meltem Serdaroglu. (2022), Lipid oxidation in cured meat model systems containing either antioxidant or prooxidant: A comparative study on determination of malondialdehyde concentration by using conventional, test-kit and chromatographic assays. *Research Square*, vol. 1 (2), pp. 1-22.
13. Sabrina Vicentini Schaefer, Adrieli Maiandra Piccinin do Amaral, Ana Karolina Cherobin, Larissa Karla Monteiro, Gisiéli Carla Morandin, Carolina Fischer, Darlene Cavalheiro, Georgia Ane Raquel Sehn. (2022), Japanese grape (*Hovenia dulcis*) powder as an antioxidant agent in Bologna sausages. *Science of Food and Agriculture*, vol. 2 (2), pp. 25-29. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11974>.

Стаття надійшла до редакції
24 січня 2024 року