

УДК 664.5

doi:10.20998/2413-4295.2025.04.06

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІЙ ДЛЯ ІНГІБУВАННЯ ОКИСНЕННЯ ЖИРІВ У ХАРЧОВИХ СИСТЕМАХ

В. В. ЛЯПУНОВ*, І. М. ДЕМИДОВ

Кафедра Технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, УКРАЇНА

*e-mail: Vadym.Liapunov@ihti.khpi.edu.ua

АНОТАЦІЯ Окиснення ліпідів є одним із ключових факторів, що знижують якість і безпечність харчових продуктів, зокрема м'ясних, рибних і жиромісних систем. Унаслідок цього процесу утворюються токсичні сполуки, погіршуються органолептичні характеристики та скорочується термін зберігання продукції. Традиційно для запобігання окисним процесам застосовують синтетичні антиоксиданти, однак зростаючий попит на натуральні інгредієнти, пов'язаний із трендом *clean label*, стимулює інтерес до використання спецій як джерела природних антиоксидантів. Метою даного огляду є систематизація сучасних наукових даних щодо механізму окиснення ліпідів і можливостей його інгібування за допомогою спецій. Описано хімічну природу автоокиснення жирів, вплив зовнішніх факторів (температура, світло, присутність металів) та структурних особливостей жирових матриць на інтенсивність процесу. Проаналізовано антиоксидантні властивості класичних (розмарин, куркума) і менш поширених (звездика, кумін, майоран, сичуанський перець, духмянний перець, базилік) спецій, основні активні компоненти яких належать до групи фенолів, терпенів або ефірних олій. Розглянуто вплив технології екстракції на ефективність антиоксидантів (спиртові, CO₂-екстракти, ефірні олії), фактори стабільності біоактивних речовин, їх поведінку в різних харчових системах (емульсії, маринади, масла), а також перспективи нанотехнологій та синергетичних комбінацій із вітамінами та іншими антиоксидантами. Отримані дані свідчать про високий потенціал спецій як багатofункціональних інгредієнтів, здатних не лише подовжити термін зберігання, а й покращити функціональні та сенсорні характеристики продуктів харчування.

Ключові слова: окиснення ліпідів; спеції; натуральні антиоксиданти; фенольні сполуки; ефірні олії

MODERN TRENDS IN THE USE OF SPICES FOR LIPID OXIDATION INHIBITION IN FOOD SYSTEMS

V. LIAPUNOV*, I. DEMIDOV

Department of Fat and Fermentation Products Technologies, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT Lipid oxidation is one of the key factors reducing the quality and safety of food products, particularly meat, fish, and fat-containing systems. This process leads to the formation of toxic compounds, deterioration of organoleptic properties, and shortened shelf life. While synthetic antioxidants have traditionally been used to inhibit oxidation, the increasing demand for natural ingredients, driven by the *clean label* trend, has prompted significant interest in spices as a rich source of natural antioxidants. The aim of this review is to systematize current scientific data on the mechanisms of lipid oxidation and the potential of spices to inhibit this process. The chemical nature of lipid autoxidation, the influence of external factors (temperature, light, transition metals), and the structural characteristics of fat matrices on oxidation intensity are described. The antioxidant properties of both well-known (rosemary, turmeric) and less commonly used (clove, cumin, marjoram, Sichuan pepper, allspice, basil) spices are analyzed. Their main active components are phenolic compounds, terpenes, or essential oils. The review also explores how extraction methods (ethanolic, CO₂-based, or essential oils) affect antioxidant efficacy, the stability of bioactive compounds, and their performance in various food systems (emulsions, marinades, oils). Additionally, the potential of nanotechnology and synergistic combinations with vitamins and other antioxidants are considered. The compiled data demonstrate the high potential of spices as multifunctional ingredients that can not only extend shelf life but also improve the functional and sensory characteristics of food products.

Keywords: lipid oxidation; spices; natural antioxidants; phenolic compounds; essential oils

Вступ

Ліпідне окиснення - один із основних факторів псування харчових продуктів із високим вмістом жирів. Воно призводить до утворення шкідливих речовин, втрати смаку, кольору, консистенції й навіть утворення токсичних сполук [1]. У зв'язку з цим, у харчових технологіях активно застосовують антиоксиданти - речовини, що гальмують або повністю переривають окисні ланцюгові вільно-радикальні реакції. На зміну синтетичним антиоксидантам, що в ряді досліджень виявили можливу токсичність, приходять природні компоненти. Особливої уваги

заслужують спеції - натуральні продукти, багаті на поліфеноли, флавоноїди, терпеноїди, ефірні олії, які у більшості випадків демонструють виражену антиоксидантну активність [1,2].

Мета роботи

Метою цієї оглядової статті є здійснення комплексного аналізу ключових тенденцій та перспектив використання спецій в якості антиоксидантів для жиромісних систем. У роботі розглядаються як загальновідомі спеції з антиоксидантними

властивостями (розмарин, кумин). Так і ті, які ще в процесі вивчення та гіпотетично мають потенціал.

Виклад основного матеріалу

Механізм окиснення. Ключовим фактором погіршення якості жиромістких харчових продуктів є окиснення ліпідів. Окрім зниження смакових та ароматичних властивостей, це ще призводить до утворення потенційно токсичних речовин, що знижують безпечність і поживну цінність їжі [3,4].

Найпоширенішим механізмом є автоокиснення - ініційована вільними радикалами ланцюгова реакція. Першою стадією реакції є ініціація, в процесі якої утворюється ліпідний радикал ($L\cdot$) внаслідок дії тепла, світла або металів-прооксидантів. Найчастіше джерелом утворення радикалів є багатоатомні поліненасичені жирні кислоти.

Наступною стадією є продовження ланцюгів. Ліпідні радикали вступають в реакцію з киснем повітря і утворюють пероксирадикали ($LOO\cdot$), які далі атакують інші ліпіди, утворюючи гідропероксида ($LOOH$) і нові радикали.

В кінці йде стадія обриву ланцюгів. Два радикали вступають в реакцію з утворенням стабільних (але потенційно токсичних) продуктів - кетонів, альдегідів, спиртів [3,5].

Також, окрім автоокиснення, можуть бути інші механізми. Прикладом цього є фотоперенесення, що активується світлом (особливо в присутності хлорофілів або міоглобіну), сприяє утворенню синглетного кисню, що окиснює ліпіди за неklasичним механізмом [4]. Ще одним прикладом є ензиматичне окиснення, що каталізується ферментами (наприклад, ліпооксигеназою), часто актуальне у свіжих рослинних продуктах [3].

Багато зовнішніх і внутрішніх факторів можуть впливати на процес окиснення. Одним із ключових є температура - її підвищення активує ініціацію вільнорадикальних реакцій, прискорює деградацію первинних продуктів окиснення до вторинних продуктів. Іони перехідних металів, зокрема Fe^{2+} і Cu^{2+} , прискорюють окиснення, каталізуючи розщеплення гідропероксидів з утворенням нових вільних радикалів. Присутність цих іонів змінної валентності навіть у низьких концентраціях може суттєво прискорити процес псування жирів. Хімічна структура ліпідів також має значення: поліненасичені жирні кислоти значно чутливіші до окиснення порівняно з мононенасиченими або насиченими. Тому продукти з високим вмістом поліненасичених жирних кислот мають вищу схильність до окиснення - прогоркання. Крім того, важливу роль відіграють такі параметри, як водна активність, рН, наявність антиоксидантів та фізико-хімічна структура харчової матриці - наприклад, емульсії є більш вразливими до окиснення через велику площу міжфазного контакту між жировою та водною фазами [6,7].

У процесі окиснення утворюються два ключові типи продуктів. Первинними валентно насиченими

продуктами є гідропероксида ($LOOH$), які мають низьку стабільність та є індикаторами початкових стадій автоокиснення. Вони швидко розкладаються, особливо під впливом температури або металів, із утворенням вільних радикалів та вторинних продуктів - летких і ароматичних сполук, таких як малоновий діальдегід, гексаналь, кетони, спирти, вуглеводні. Саме ці сполуки відповідають за зміну запаху, смаку й кольору продукту, а також можуть бути токсичними для організму [6,8]. У харчових емульсіях, де жирові компоненти розподілені у водній фазі, вторинні продукти можуть мігрувати між краплями жиру, впливаючи на динаміку всього процесу окиснення [7].

Наслідки ліпідного окиснення проявляються не лише на сенсорному, але й на біологічному рівні. З органолептичної точки зору, це поява характерного прогірклого запаху і смаку, зміна кольору та текстури, що знижує споживчу привабливість. Біологічні ефекти включають деградацію жиророзчинних вітамінів (зокрема А та Е), погіршення засвоюваності жирів, а також утворення токсичних альдегідів - таких як 4-гідроксинонєналь. Ці сполуки мають високу реакційну здатність і здатні модифікувати білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти, спричиняючи окиснювальний стрес, запалення і, в окремих випадках, канцерогенез. Крім того, продукти окиснення можуть ініціювати ко-окиснення білків, знижуючи функціональні властивості харчових систем [6,8].

Огляд спецій з антиоксидантними властивостями. У контексті зростаючого споживчого попиту на натуральні інгредієнти, спеції стали одним з найбільш перспективних джерел антиоксидантів для застосування у харчових продуктах, зокрема у системах, що містять ліпіди. Їхній багатий хімічний склад - поліфеноли, флавоноїди, ефірні олії, фенольні кислоти, терпеноїди - дозволяє ефективно перехоплювати вільні радикали, хелатувати іони металів та гальмувати розвиток ліпідного окиснення [6,9,10].

На відміну від синтетичних антиоксидантів, таких як бутилгідроксіанізол та бутилгідрокситолуол та інших. багато сполук зі спецій мають статус «загальноновизнаних як безпечні» та позитивно сприймаються споживачами, що важливо для маркування "clean label" [10]. Проте ефективність різних спецій значно варіюється залежно від типу біоактивних сполук, форми застосування (суха сировина, екстракт, ефірна олія), жирової матриці продукту та умов обробки [11].

В цій частині розглядаються як класичні спеції з антиоксидантною активністю (розмарин, куркума), так і перспективні менш поширені представники, що містять потужні біоактивні компоненти - евгенол, кумінальдегід, карвакрол, тимол, мирцен тощо.

Розмарин є однією з найбільш вивчених спецій з точки зору антиоксидантних властивостей і широко використовується в харчовій промисловості для подовження терміну зберігання продуктів, що містять ліпіди. Його ефективність зумовлена високим вмістом фенольних сполук, серед яких ключовими є карнозол,

карнозинова кислота, розмаринова кислота, а також урсолова кислота та кафеїнова кислота [9-11]. Карнозол і карнозинова кислота є ліпофільними дитерпенами з вираженою здатністю до пригнічення автоокиснення жирів, тоді як розмаринова кислота, водорозчинний поліфенол, також проявляє потужну антирадикальну активність у гідрофільному середовищі. Урсолова кислота володіє радикал-захоплюючими властивостями, а кафеїнова кислота проявляє високу антиоксидантну активність, іноді (і доволі часто) перевершуючи синтетичні аналоги [12,13].

У ряді досліджень екстракти розмарину демонструють високу ефективність у пригніченні окиснення жирів у м'ясних продуктах, рослинних оліях, емульгованих системах та кулінарно оброблених стравах [9,10]. Наприклад, при смаженні соняшникової олії з додаванням розмарину утворюється менше продуктів вторинного окиснення порівняно з контролем без добавок. У м'ясних системах, таких як свинина або яловичина, екстракти розмарину сповільнюють утворення малонового діальдегіду та інших альдегідів, відповідальних за прогірклі запахи [10].

Цікаво, що ефективність розмарину залежить і від типу харчової системи. Дослідження показало, що при тепловій обробці лосося антиоксидантний ефект розмарину є обмеженим, що може бути пов'язано з деградацією його активних сполук за високих температур [11].

Куркума - це пряність, отримана з кореневища *Curcuma longa*, основним біологічно активним компонентом якої є куркумін - поліфенольна сполука, що відповідає за яскраво-жовтий колір і має потужні антиоксидантні властивості. Куркумін діє як ефективний радикал-захоплювач завдяки наявності фенольних гідроксильних груп та дієної системи, здатної стабілізувати вільні радикали через делокалізацію електронів [14].

Практичні дослідження показують, що куркумін ефективно інгібує окиснення жирів у різних харчових системах. Наприклад, у досліді з модельною молочною системою встановлено, що додавання харчової наноемульсії куркуміну забезпечує суттєве зниження інтенсивності ліпідного окиснення в порівнянні з контролем [14]. Інше дослідження показало, що куркумін ефективно пригнічує пероксидацію ліпідів у метиловому лінолеаті, ліпосомах та печінкових гомогенатах, перевершуючи за ефективністю бутілгідрокситолуен [15].

Попри значний потенціал, застосування куркуміну у харчових продуктах обмежене через його низьку водорозчинність та нестабільність при світловому або лужному впливі. Ці властивості спонукають до пошуку нових форм інкапсуляції або синергічних комбінацій з іншими антиоксидантами для підвищення біодоступності та стабільності.

Гвоздика є однією з найпотужніших спецій за антиоксидантною активністю завдяки високому вмісту фенольних сполук, насамперед евгенолу - монотерпенового фенолу, який може становити до

75–85% ефірної олії гвоздики. Крім евгенолу, до складу гвоздики входять евгеніл-ацетат, β -каріофілен та інші терпеноїди, що також виявляють біологічну активність [16].

Механізм антиоксидантної дії евгенолу ґрунтується на його здатності до відновлення вільних радикалів завдяки наявності фенольного гідроксилу. Евгенол може переривати ланцюгові реакції автоокиснення ліпідів, стабілізуючи пероксильні радикали та уповільнюючи утворення як первинних (гідропероксида), так і вторинних продуктів (альдегіди, кетони) окиснення жирів [16,17].

У ряді досліджень доведено, що екстракти гвоздики значно знижують інтенсивність ліпідного окиснення у продуктах з високим вмістом жиру. Наприклад, у досліді з солоними качиними яйцями було встановлено, що додавання екстракту гвоздики значно зменшувало кількість речовин, що реагують з тіобарбітуратною кислотою, а також знижувало рівень кон'югованих дієнів і анізидинове число протягом періоду зберігання [17].

У моделі з фаршем яловичини ефірна олія гвоздики забезпечила значно вищу антиоксидантну активність у порівнянні з ефірною олією чебрецю, знижуючи рівень малонового діальдегіду під час зберігання [18]. Крім того, гвоздика показала потенціал як інгредієнт у функціональних пакувальних матеріалах, здатних уповільнювати окиснення ліпідів у м'ясних продуктах завдяки випаровуванню активних сполук [16].

Кумин — це популярна спеція, особливо в кухнях Близького Сходу та Південної Азії, яка містить широкий спектр біоактивних компонентів. Основною леткою сполукою, відповідальною за антиоксидантну дію кумину, є кумінальдегід - ароматичний альдегід із вираженими радикал-захоплюючими властивостями. Також до складу ефірної олії кумину входять гама-терпінен, β -пінен, α -феландрен та інші терпеноїди [19,20].

Дослідження свідчать, що кумінальдегід ефективно інгібує ліпідне окиснення, стабілізуючи вільні радикали та перешкоджаючи розповсюдженню реакцій перекисного окиснення. Використання ефірної олії кумину у формі наноемульсії значно підвищує її стабільність та біодоступність. У дослідженні на майонезі було показано, що така наноемульсія знижувала перекисне число, рівень кислотності та загальну мікробіологічну забрудненість продукту протягом зберігання, покращуючи тим самим його стабільність [19].

Інше дослідження показало, що ефірна олія кумину, отримана методом надкритичної CO_2 -екстракції, має високий вміст кумінальдегіду (до 19%) і виявляє сильну антиоксидантну активність у тестах β -каротинового знебарвлення та інгібування пероксидного окиснення [20]. Дослідження на м'ясних системах довело, що додавання кумину до фаршированого продукту перед тепловою обробкою знижує рівень

малонового діальдегіду та 4-гідроксинафталену у результаті шлунково-кишкової симуляції травлення [21].

Таким чином, кумин, особливо у вигляді концентрованих або інкапсульованих форм, демонструє значний потенціал для використання як натуральний антиоксидант у жиромісних харчових системах.

Базилік є джерелом багатьох фенольних сполук із вираженою антиоксидантною активністю, серед яких виділяються розмаринова кислота, кафеїнова кислота, флавоноїди (орієнтин, віценін), а також ліпофільні терпени - ліналоол, евгенол, камфора. Завдяки поєднанню гідрофільних і гідрофобних антиоксидантів базилік демонструє ефективну дію у різних харчових середовищах, включаючи емульсії, м'ясні продукти та олії [22,23].

У дослідженні було показано, що додавання ефірної олії базиліку до сальми зменшує рівень окиснення ліпідів під час дозрівання та зберігання, досягаючи ефективності, подібної до натрію ериторбату - синтетичного антиоксиданту. Найвищу активність виявлено при концентрації 0.75 мг/г, при цьому не спостерігалось негативного впливу на органолептичні властивості продукту [22].

Оглядова робота узагальнила докази, що фенольні екстракти базиліку можуть уповільнювати окиснення в ліпідних системах завдяки наявності антиоксидантних компонентів, здатних до нейтралізації вільних радикалів та хелатування іонів металів [23]. Крім того, базилік містить похідні гідроксикоричних кислот, зокрема розмаринову, яка демонструє значну антиоксидантну дію. За іншими даними, червоний різновид базиліку мав вищу антиоксидантну активність та вміст фенольних сполук порівняно з білим [24].

Таким чином, базилік, завдяки багатому фенольному складу, є перспективною спецією для інгібування окиснення жирів у різних харчових системах, але ефективність залежить від сорту, методу екстракції та умов середовища.

Майоран - ароматична трава, широко застосовувана в кулінарії, що містить високі концентрації карвакролу та тимолу - двох основних фенольних мономерів з вираженими антиоксидантними властивостями. Їх активність реалізується через кілька механізмів: гасіння вільних радикалів, хелатування іонів металів, а також пригнічення автоокиснення ліпідів на стадіях ініціації та розповсюдження [25].

В експериментальних умовах було показано, що карвакрол і тимол здатні значно знижувати швидкість утворення гідропероксидів і вторинних продуктів окиснення в ліпідних системах, зокрема у моделях з соняшниковою олією та ліпосомами. Їх ефективність порівнювана з бутильованим гідроксіанізолом, при цьому важливою перевагою є природне походження і відсутність токсичного ефекту при помірному дозуванні [25].

У дослідженнях, де карвакрол і тимол інкапсульовали в полімерні плівки (наприклад, поліпропіленові), було встановлено, що вони поступово вивільняються з поверхні упаковки і

забезпечують пролонгований антиоксидантний ефект, що може бути корисним у технологіях активної харчової упаковки [26].

Також встановлено, що ці сполуки можуть позитивно впливати на мікробіологічну стабільність та органолептичні властивості жиромісних продуктів. Водночас, їх дія залежить від концентрації: за надлишкових рівнів можливе виникнення прооксидантного ефекту або зміна смаку готового продукту, що вимагає оптимізації дозування [27].

Сичуанський перець, що належить до роду *Zanthoxylum*, є характерною спецією азійської кухні з вираженим ароматичним та сенсорним профілем. Основними біоактивними компонентами є гідрокси- α -сансхол, лимонен, ліналоол, гамма-терпінен, а також флавоноїди та фенольні кислоти, які демонструють антиоксидантну активність [28,29].

Фенольні сполуки, екстраговані з перикарпію, показали значну здатність до пригнічення автоокиснення жирів. Це дозволяє розглядати сичуанський перець як перспективне джерело натуральних антиоксидантів для жиромісних продуктів [28].

Водночас, хімічний склад сичуанського перцю складний, і в деяких випадках спостерігається антагонізм між фенолами і алкалоїдами, що може знижувати загальну антиоксидантну ефективність. Такий ефект залежить від сорту, ступеня стиглості та умов екстракції, тому потребує подальшого вивчення при адаптації до харчових технологій [29].

За оглядовими даними, сичуанський перець має менший рівень прооксидантного ризику порівняно з гострим перцем і забезпечує м'якший ароматичний профіль, що розширює можливості його застосування в делікатних системах, таких як соуси, маринади, рибні продукти [30].

Духмянний перець, є однією з небагатьох спецій, що поєднує смакові характеристики кориці, гвоздики та мускатного горіха. Основними біологічно активними сполуками, відповідальними за антиоксидантну дію, є евгенол, мирцен, шавікол і фенольні кислоти. Високий вміст евгенолу (до 55%) в ефірній олії листя визначає її потужну радикал-знешкоджувальну активність [31].

В умовах *in vitro* він проявляє високу антиоксидантну ефективність, перевищуючи чистий евгенол за активністю, що свідчить про синергійний ефект комплексу сполук [32]. Також встановлено, що екстракти з листя мають здатність інгібувати перекисне окиснення ліпідів, знижуючи утворення малонового діальдегіду, що є стандартом для оцінки ступеня ліпідного окиснення [31,33].

Застосування ефірної олії в харчових системах, зокрема у фаршах із механічно обваленого м'яса птиці, показало зниження рівня окиснення жирів протягом щонайменше 8 днів зберігання. Цей ефект не залежав від дози, що вказує на ефективність навіть при мінімальному рівні додавання [31]. Крім того, встановлено, що духмянний перець може відігравати

роль у зниженні гепатотоксичності, що опосередковано підтверджує його антиоксидантний механізм [33].

Вплив форми використання спецій.

Антиоксидантна активність спецій значною мірою залежить від їхньої фізичної форми - цілісна сировина, екстракти чи ефірні олії. Різні форми мають відмінний вміст фенольних сполук, ступінь леткості, полярність і здатність до взаємодії з компонентами харчової системи. Ефірні олії містять переважно легкі компоненти, такі як терпеноїди та ароматичні альдегіди, і можуть демонструвати сильну антиоксидантну активність у системах з низькою полярністю. Проте метанольні або етанольні екстракти зазвичай містять вищу концентрацію поліфенолів, які мають вищу здатність до нейтралізації вільних радикалів, особливо у полярних середовищах [34].

Метод екстрагування має вирішальне значення для збереження біоактивних компонентів. У дослідженні оптимізації вилучення антиоксидантів з ароматичних трав (розмарин, материнка, чебрець) встановлено, що екстракція 50% етанолом забезпечує найвищий вихід фенольних сполук. Такі екстракти суттєво пригнічували утворення первинних продуктів окиснення в моделі з рослинною олією, а також збільшували період індукції, згідно з тестом Rancimat. Найвищу ефективність продемонстрував екстракт розмарину, що підтверджує доцільність застосування полярних екстрактів для стабілізації жирових продуктів [35].

При виборі форми спеції для конкретної харчової системи важливо враховувати температуру обробки, полярність середовища, а також чутливість активних сполук до окиснення і випаровування. Наприклад, спиртові екстракти є більш придатними для використання в маринадах або емульсіях, тоді як ефірні олії можуть бути ефективнішими в жирових матрицях з низькою вологістю.

Сучасні тенденції використання. У сучасній харчовій промисловості спостерігається активне впровадження спецій та їх екстрактів не лише як смакових добавок, а й як натуральних антиоксидантів. Такий підхід відповідає зростаючим споживчим запитам на продукти з мінімальною кількістю синтетичних компонентів («clean label»), а також на підвищення терміну зберігання та безпеки жиромістких харчових продуктів [2].

Однією з провідних тенденцій є використання спецій у маринадах для м'яса і риби, де вони виконують подвійну функцію - ароматизатора та антиоксиданту. Наприклад, додавання екстрактів розмарину, часнику, гвоздики або куркуми до м'ясних маринадів сприяє уповільненню окиснення ліпідів під час зберігання, покращуючи органолептичні характеристики та мікробіологічну стабільність продукту [2].

Інший напрям - використання спецій у емульгованих системах, таких як майонези, соуси та паштети. Завдяки високій площі міжфазового контакту в таких продуктах ліпіди є особливо вразливими до окиснення. Дослідження підтверджують, що додавання етанольних екстрактів

орегано, базиліку або материнки може значно уповільнити окисні процеси в цих системах [36].

Крім того, активно вивчається синергізм між різними компонентами спецій або між спеціями та іншими натуральними антиоксидантами, такими як аскорбінова кислота, токоферолі чи поліфеноли з фруктів. Встановлено, що такі комбінації можуть мати підсилений ефект завдяки різним механізмам дії (гасіння вільних радикалів, хелатування металів, відновлення гідропероксидів) [37].

Висновки

Проведений огляд літератури підтверджує, що спеції є перспективним джерелом натуральних антиоксидантів, здатних ефективно інгібувати ліпідне окиснення в харчових системах. Їх висока біологічна активність зумовлена вмістом поліфенолів, флавоноїдів, фенольних кислот та ефірних олій, здатних нейтралізувати вільні радикали, хелатувати іони металів та переривати ланцюгові реакції автоокиснення.

Найбільш дослідженими й ефективними виявилися розмарин, куркума, гвоздика, кумин, базилік, майоран та духмяний перець. Їх застосування у харчових продуктах із високим вмістом жирів забезпечує зниження утворення первинних та вторинних продуктів окиснення, покращує сенсорні властивості та подовжує термін зберігання.

Перспективним є також вивчення синергетичних комбінацій натуральних антиоксидантів, які можуть мати підсилений ефект завдяки різним механізмам дії.

Таким чином, спеції можуть бути ефективною та безпечною альтернативою синтетичним антиоксидантам, підтримуючи концепцію clean label та покращуючи якість, харчову та біологічну цінність продуктів. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію дозування, формуляцій, стабільності при обробці та узгодження органолептичних характеристик в умовах промислового виробництва.

Список літератури

1. Sleem M. M., Shaaban H. A. Natural antioxidants from herbs and spices and their effects for improving the functionality and shelf life of food and dairy products: A review. *The Journal of Multidisciplinary Research*. 2023. Vol. 3. no. 1. P. 6–23. doi:10.37022/tjmdr.v3i1.430.
2. Alieozaman M. S., Chwdhury M., Fatima A., Dev M. An overview of spices and herbs as natural antioxidant sources. *Journal of Current Research in Food Science*. 2024. Vol. 5. P. 31–35. doi:10.22271/foodsci.2024.v5.i1a.119.
3. Amaral A. B., Silva M. V., Lannes S. C. S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. *Food Science and Technology*. 2018. Vol. 38. suppl. 1. P. 1–15. doi:10.1590/fst.32518.
4. Bao Y., Pignitter M. Mechanisms of lipid oxidation in water-in-oil emulsions and oxidomics-guided discovery of targeted protective approaches. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. Vol. 22. P. 2678–2705. doi:10.1111/1541-4337.13158.

5. Ladikos D., Lougovois V. P. Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chemistry*. 1990. Vol. 35. P. 295–314.
6. Abeyrathne E. D. N. S., Nam K., Ahn D. U. Analytical methods for lipid oxidation and antioxidant capacity in food systems. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10. no. 10. Article 1587. doi:10.3390/antiox10101587.
7. Hennebelle M., Villeneuve P., Durand E., Lecomte J., van Duynhoven J., Meynier A., Yesiltas B., Jacobsen C., Berton-Carabin C. Lipid oxidation in emulsions: New insights from the past two decades. *Progress in Lipid Research*. 2024. Vol. 94. Article 101275. doi:10.1016/j.plipres.2024.101275.
8. St Angelo A. Lipid oxidation in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1996. Vol. 36. no. 3. P. 175–224. doi: 10.1080/10408399609527273.
9. Redondo-Cuevas L., Castellano G., Raikos V. Natural antioxidants from herbs and spices improve the oxidative stability and frying performance of vegetable oils. *International Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 52. no. 11. P. 2422–2428. doi:10.1111/ijfs.13526.
10. Tanabe H., Yoshida M., Tomita N. Comparison of the antioxidant activities of 22 commonly used culinary herbs and spices on the lipid oxidation of pork meat. *Animal Science Journal*. 2002. Vol. 73. P. 389–393. doi: 10.1046/j.1344-3941.2002.00054.x.
11. Leung K. S., Leung H. H., Wu C. Y., Galano J. M., Durand T., Lee J. C. Limited antioxidant effect of rosemary in lipid oxidation of pan-fried salmon. *Biomolecules*. 2019. Vol. 9. no. 8. Article 313. doi:10.3390/biom9080313.
12. Saleem M., Kim H. J., Jin C., Lee Y. S. Antioxidant caffeic acid derivatives from leaves of *Parthenocissus tricuspidata*. *Archives of Pharmacal Research*. 2004. Vol. 27. no. 3. P. 300–304. doi:10.1007/BF02980064.
13. Girsang E., Lister I. N. E., Ginting C. N., Sholihah I. A., Raif M. A., Kunardi S., Million H., Widowati W. Antioxidant and antiaging activity of rutin and caffeic acid. *Pharmaciana*. 2020. Vol. 10. no. 2. P. 147–156. doi: 10.12928/pharmaciana.v10i2.13010.
14. Joung H. J., Choi M. J., Kim J. T., Park S. H., Park H. J., Shin G. H. Development of food-grade curcumin nanoemulsion and its potential application to food beverage system: antioxidant property and in vitro digestion. *Journal of Food Science*. 2016. Vol. 81. no. 3. P. N745–N753. doi: 10.1111/1750-3841.13224.
15. Noguchi N., Komuro E., Niki E., Willson R. L. Action of curcumin as an antioxidant against lipid peroxidation. *Journal of the Japan Oil Chemists' Society*. 1994. Vol. 43. no. 12. P. 1045–1051. doi:10.5650/jos1956.43.1045.
16. Gengatharan A., Abd Rahim M. H. The application of clove extracts as a potential functional component in active food packaging materials and model food systems: a mini-review. *Applied Food Research*. 2023. Vol. 3. no. 1. Article 100283. doi: 10.1016/j.afres.2023.100283.
17. Harlina P. W., Ma M., Shahzad R., Gouda M. M., Qiu N. Effect of clove extract on lipid oxidation, antioxidant activity, volatile compounds and fatty acid composition of salted duck eggs. *Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 55. no. 12. P. 4719–4734. doi: 10.1007/s13197-018-3367-8.
18. Ricardo-Rodrigues S., Rouxinol M. I., Agulheiro-Santos A. C., Potes M. E., Laranjo M., Elias M. The antioxidant and antibacterial potential of thyme and clove essential oils for meat preservation—an overview. *Applied Biosciences*. 2024. Vol. 3. no. 1. P. 87–101. doi: 10.3390/applbiosci3010006.
19. Moradi A., Davati N., Emamifar A. Effects of *Cuminum cyminum* L. essential oil and its nanoemulsion on oxidative stability and microbial growth in mayonnaise during storage. *Food Science & Nutrition*. 2023. Vol. 11. no. 8. P. 4781–4793. doi:10.1002/fsn3.3457.
20. Fang L., Wang X., Guo L., Liu Q. Antioxidant and antimicrobial properties and chemical composition of cumin essential oils extracted by three methods. *Open Chemistry*. 2018. Vol. 16. no. 1. P. 291–297. doi: 10.1515/chem-2018-0034.
21. Van Hecke T., Ho P. L., Goethals S., De Smet S. The potential of herbs and spices to reduce lipid oxidation during heating and gastrointestinal digestion of a beef product. *Food Research International*. 2017. Vol. 102. P. 785–792. doi:10.1016/j.foodres.2017.09.090.
22. Gaio I., Cichoski A. Lipid and protein oxidation in the internal part of Italian-type salami containing basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2011. doi:10.1590/S0101-20612011000200024.
23. Maqsood S., Benjakul S., Abushelaibi A., Alam A. Phenolic compounds and plant phenolic extracts as natural antioxidants in prevention of lipid oxidation in seafood: a detailed review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. Vol. 13. no. 6. P. 1125–1140. doi:10.1111/1541-4337.12106.
24. Wangcharoen W., Morasuk W. Antioxidant capacity and phenolic content of holy basil. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 2007. Vol. 29. no. 5. P. 1407–1415.
25. Yanishlieva N. V., Marinova E. M., Gordon M. H. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry*. 1999. Vol. 64. no. 1. P. 59–66. doi: 10.1016/S0308-8146(98)00086-7.
26. Ramos M., Beltrán A., Peltzer M., Valente A. J. M., Garrigós M. C. Release and antioxidant activity of carvacrol and thymol from polypropylene active packaging films. *LWT – Food Science and Technology*. 2014. Vol. 58. no. 2. P. 470–477. doi:10.1016/j.lwt.2014.04.019.
27. Rathod N. B., Kulawik P., Ozogul F., Regenstein J. M., Ozogul Y. Biological activity of plant-based carvacrol and thymol and their impact on human health and food quality. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 116. P. 733–748. doi:10.1016/j.tifs.2021.08.023.
28. Ying L., Ying D., Liu-juan Z., Xian-jin L. Antioxidant activities of nine selected culinary spices from China. *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*. 2015. Vol. 22, no. 1. P. 50–57. doi:10.1016/S1006-8104(15)30007-6.
29. Sun X., Zhang D., Zhao L., Shi B., Xiao J., Liu X., Zekruman M., Hu Y., Ngouana A., Shi J., Zou X. Antagonistic interaction of phenols and alkaloids in Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) pericarp. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 152. Article 112551. doi:10.1016/j.indcrop.2020.112551.
30. Zhang D., Sun X., Battino M., Wei X., Shi J., Zhao L., Liu S., Xiao J., Shi B., Zou X. A comparative overview on chili pepper (*Capsicum* genus) and Sichuan pepper (*Zanthoxylum* genus): from pungent spices to pharma-foods. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 117. P. 148–162. doi:10.1016/j.tifs.2021.03.004.
31. Andrade B. F., Ferreira V. R. F., Cardoso G. P., Andrade M. P. D., Ramos A. L. S., Cardoso M. G., Ramos E. M. Allspice (*Pimenta dioica* Lindl.) leaves essential oil as a potential antioxidant and antimicrobial source for use in mechanically deboned poultry meat. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2023. Vol. 26. Article e12522. doi:10.1590/1981-6723.12522.
32. Onwasigwe E., Verghese M., Sunkara R., Shackelford L., Walker L. In vitro analysis of the antioxidant effect of allspice. *Food and Nutrition Sciences*. 2017. Vol. 8. no. 7. P. 778–792. doi:10.4236/fns.2017.87055.

33. Nayak Y., Abhilash D., Kunhikatta V., Fernandes J. Antioxidant and hepatoprotective activity of *Pimenta dioica* leaves extract. *Journal of Cell and Tissue Research*. 2008. Vol. 8. P. 1571–1576.
34. Thinh B. B., Khoi N. T., Doudkin R. V., Thin D. B., Ogunwande I. A. Chemical composition of essential oil and antioxidant activity of the essential oil and methanol extracts of *Knema globularia* (Lam.) Warb. from Vietnam. *Natural Product Research*. 2023. Vol. 37. no. 10. P. 1625–1631. doi:10.1080/14786419.2022.2103698.
35. Vieira T. M. F. S., Shimano M. Y. H., Lima R. da S., de Camargo A. C. Optimization of extraction of antioxidants from aromatic herbs and their synergistic effects in a lipid model system. *Journal of Food Bioactives*. 2019. Vol. 7. doi:10.31665/JFB.2019.7200.
36. Embuscado M. E. Spices and herbs: natural sources of antioxidants – a mini review. *Journal of Functional Foods*. 2015. Vol. 18. P. 1–11. doi:10.1016/j.jff.2015.03.005.
37. Hiramoto K., Miura Y., Ohnuki G., Kato T., Kikugawa K. Are water-soluble natural antioxidants synergistic in combination with α -tocopherol? *Journal of Oleo Science*. 2002. Vol. 51. no. 9. P. 569–576. doi:10.5650/jos.51.569.
- References (transliterated)**
1. Sleem M. M., Shaaban H. A. Natural antioxidants from herbs and spices and their effects for improving the functionality and shelf life of food and dairy products: A review. *The Journal of Multidisciplinary Research*, 2023, Vol. 3, no. 1, pp. 6–23, doi:10.37022/tjmdr.v3i1.430.
2. Alieozaman M. S., Chwdhury M., Fatima A., Dev M. An overview of spices and herbs as natural antioxidant sources. *Journal of Current Research in Food Science*, 2024, Vol. 5, pp. 31–35, doi:10.22271/foodsci.2024.v5.i1a.119.
3. Amaral A. B., Silva M. V., Lannes S. C. S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. *Food Science and Technology*, 2018, Vol. 38, suppl. 1, pp. 1–15, doi:10.1590/fst.32518.
4. Bao Y., Pignitter M. Mechanisms of lipid oxidation in water-in-oil emulsions and oxidomics-guided discovery of targeted protective approaches. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2023, Vol. 22, pp. 2678–2705, doi:10.1111/1541-4337.13158.
5. Ladikos D., Lougovois V. P. Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chemistry*, 1990, Vol. 35, pp. 295–314.
6. Abeyrathne E. D. N. S., Nam K., Ahn D. U. Analytical methods for lipid oxidation and antioxidant capacity in food systems. *Antioxidants*, 2021, Vol. 10, no. 10, Article 1587, doi:10.3390/antiox10101587.
7. Hennebelle M., Villeneuve P., Durand E., Lecomte J., van Duynhoven J., Meynier A., Yesiltas B., Jacobsen C., Berton-Carabin C. Lipid oxidation in emulsions: New insights from the past two decades. *Progress in Lipid Research*, 2024, Vol. 94, Article 101275, doi:10.1016/j.plipres.2024.101275.
8. St Angelo A. Lipid oxidation in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1996, Vol. 36, no. 3, pp. 175–224, doi:10.1080/10408399609527723.
9. Redondo-Cuevas L., Castellano G., Raikos V. Natural antioxidants from herbs and spices improve the oxidative stability and frying performance of vegetable oils. *International Journal of Food Science and Technology*, 2017, Vol. 52, no. 11, pp. 2422–2428, doi:10.1111/ijfs.13526.
10. Tanabe H., Yoshida M., Tomita N. Comparison of the antioxidant activities of 22 commonly used culinary herbs and spices on the lipid oxidation of pork meat. *Animal Science Journal*, 2002, Vol. 73, pp. 389–393, doi:10.1046/j.1344-3941.2002.00054.x.
11. Leung K. S., Leung H. H., Wu C. Y., Galano J. M., Durand T., Lee J. C. Limited antioxidant effect of rosemary in lipid oxidation of pan-fried salmon. *Biomolecules*, 2019, Vol. 9, no. 8, Article 313, doi:10.3390/biom9080313.
12. Saleem M., Kim H. J., Jin C., Lee Y. S. Antioxidant caffeic acid derivatives from leaves of *Parthenocissus tricuspidata*. *Archives of Pharmacal Research*, 2004, Vol. 27, no. 3, pp. 300–304, doi:10.1007/BF02980064.
13. Girsang E., Lister I. N. E., Ginting C. N., Sholihah I. A., Raif M. A., Kunardi S., Million H., Widowati W. Antioxidant and antiaging activity of rutin and caffeic acid. *Pharmaciana*, 2020, Vol. 10, no. 2, pp. 147–156, doi:10.12928/pharmaciana.v10i2.13010.
14. Joung H. J., Choi M. J., Kim J. T., Park S. H., Park H. J., Shin G. H. Development of food-grade curcumin nanoemulsion and its potential application to food beverage system: antioxidant property and in vitro digestion. *Journal of Food Science*, 2016, Vol. 81, no. 3, pp. N745–N753, doi:10.1111/1750-3841.13224.
15. Noguchi N., Komuro E., Niki E., Willson R. L. Action of curcumin as an antioxidant against lipid peroxidation. *Journal of the Japan Oil Chemists' Society*, 1994, Vol. 43, no. 12, pp. 1045–1051, doi:10.5650/jos1956.43.1045.
16. Gengatharan A., Abd Rahim M. H. The application of clove extracts as a potential functional component in active food packaging materials and model food systems: a mini-review. *Applied Food Research*, 2023, Vol. 3, no. 1, Article 100283, doi:10.1016/j.afres.2023.100283.
17. Harlina P. W., Ma M., Shahzad R., Gouda M. M., Qiu N. Effect of clove extract on lipid oxidation, antioxidant activity, volatile compounds and fatty acid composition of salted duck eggs. *Journal of Food Science and Technology*, 2018, Vol. 55, no. 12, pp. 4719–4734, doi:10.1007/s13197-018-3367-8.
18. Ricardo-Rodrigues S., Rouxinol M. I., Agulheiro-Santos A. C., Potes M. E., Laranjo M., Elias M. The antioxidant and antibacterial potential of thyme and clove essential oils for meat preservation—an overview. *Applied Biosciences*, 2024, Vol. 3, no. 1, pp. 87–101, doi:10.3390/applbiosci3010006.
19. Moradi A., Davati N., Emamifar A. Effects of Cuminum cyminum L. essential oil and its nanoemulsion on oxidative stability and microbial growth in mayonnaise during storage. *Food Science & Nutrition*, 2023, Vol. 11, no. 8, pp. 4781–4793, doi:10.1002/fsn3.3457.
20. Fang L., Wang X., Guo L., Liu Q. Antioxidant and antimicrobial properties and chemical composition of cumin essential oils extracted by three methods. *Open Chemistry*, 2018, Vol. 16, no. 1, pp. 291–297, doi:10.1515/chem-2018-0034.
21. Van Hecke T., Ho P. L., Goethals S., De Smet S. The potential of herbs and spices to reduce lipid oxidation during heating and gastrointestinal digestion of a beef product. *Food Research International*, 2017, Vol. 102, pp. 785–792, doi:10.1016/j.foodres.2017.09.090.
22. Gaio I., Cichoski A. Lipid and protein oxidation in the internal part of Italian-type salami containing basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2011, doi:10.1590/S0101-20612011000200024.
23. Maqsood S., Benjakul S., Abushelaibi A., Alam A. Phenolic compounds and plant phenolic extracts as natural antioxidants in prevention of lipid oxidation in seafood: a detailed review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014, Vol. 13, no. 6, pp. 1125–1140, doi:10.1111/1541-4337.12106.

24. Wangcharoen W., Morasuk W. Antioxidant capacity and phenolic content of holy basil. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 2007, Vol. 29, no. 5, pp. 1407–1415.
25. Yanishlieva N. V., Marinova E. M., Gordon M. H. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry*, 1999, Vol. 64, no. 1, pp. 59–66, doi:10.1016/S0308-8146(98)00086-7.
26. Ramos M., Beltrán A., Peltzer M., Valente A. J. M., Garrigós M. C. Release and antioxidant activity of carvacrol and thymol from polypropylene active packaging films. *LWT – Food Science and Technology*, 2014, Vol. 58, no. 2, pp. 470–477, doi:10.1016/j.lwt.2014.04.019.
27. Rathod N. B., Kulawik P., Ozogul F., Regenstein J. M., Ozogul Y. Biological activity of plant-based carvacrol and thymol and their impact on human health and food quality. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, Vol. 116, pp. 733–748, doi:10.1016/j.tifs.2021.08.023.
28. Ying L., Ying D., Liu-juan Z., Xian-jin L. Antioxidant activities of nine selected culinary spices from China. *Journal of Northeast Agricultural University* (English Edition), 2015, Vol. 22, no. 1, pp. 50–57, doi:10.1016/S1006-8104(15)30007-6.
29. Sun X., Zhang D., Zhao L., Shi B., Xiao J., Liu X., Zekruman M., Hu Y., Ngouana A., Shi J., Zou X. Antagonistic interaction of phenols and alkaloids in Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) pericarp. *Industrial Crops and Products*, 2020, Vol. 152, Article 112551, doi:10.1016/j.indcrop.2020.112551.
30. Zhang D., Sun X., Battino M., Wei X., Shi J., Zhao L., Liu S., Xiao J., Shi B., Zou X. A comparative overview on chili pepper (*Capsicum* genus) and Sichuan pepper (*Zanthoxylum* genus): from pungent spices to pharma-foods. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, Vol. 117, pp. 148–162, doi:10.1016/j.tifs.2021.03.004.
31. Andrade B. F., Ferreira V. R. F., Cardoso G. P., Andrade M. P. D., Ramos A. L. S., Cardoso M. G., Ramos E. M. Allspice (*Pimenta dioica* Lindl.) leaves essential oil as a potential antioxidant and antimicrobial source for use in mechanically deboned poultry meat. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2023, Vol. 26, Article e12522, doi:10.1590/1981-6723.12522.
32. Onwasigwe E., Verghese M., Sunkara R., Shackelford L., Walker L. In vitro analysis of the antioxidant effect of allspice. *Food and Nutrition Sciences*, 2017, Vol. 8, no. 7, pp. 778–792, doi:10.4236/fns.2017.87055.
33. Nayak Y., Abhilash D., Kunhikatta V., Fernandes J. Antioxidant and hepatoprotective activity of *Pimenta dioica* leaves extract. *Journal of Cell and Tissue Research*, 2008, Vol. 8, pp. 1571–1576.
34. Thinh B. B., Khoi N. T., Doudkin R. V., Thin D. B., Ogunwande I. A. Chemical composition of essential oil and antioxidant activity of the essential oil and methanol extracts of *Knema globularia* (Lam.) Warb. from Vietnam. *Natural Product Research*, 2023, Vol. 37, no. 10, pp. 1625–1631, doi:10.1080/14786419.2022.2103698.
35. Vieira T. M. F. S., Shimano M. Y. H., Lima R. da S., de Camargo A. C. Optimization of extraction of antioxidants from aromatic herbs and their synergistic effects in a lipid model system. *Journal of Food Bioactives*, 2019, Vol. 7, doi:10.31665/JFB.2019.7200.
36. Embuscado M. E. Spices and herbs: natural sources of antioxidants – a mini review. *Journal of Functional Foods*, 2015, Vol. 18, pp. 1–11, doi:10.1016/j.jff.2015.03.005.
37. Hiramoto K., Miura Y., Ohnuki G., Kato T., Kikugawa K. Are water-soluble natural antioxidants synergistic in combination with α -tocopherol? *Journal of Oleo Science*, 2002, Vol. 51, no. 9, pp. 569–576, doi:10.5650/jos.51.569.

Відомості про авторів (About authors)

Ляпунов Вадим Валерійович – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра Технології жирів та продуктів бродіння; м. Харків, Україна; ORCID: 0009-0000-6083-7329; e-mail: Vadym.Liapunov@iht.khpi.edu.ua

Liapunov Vadym – postgraduate student, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Department of Fat and Fermentation Products Technologies; Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0009-0000-6083-7329; e-mail: Vadym.Liapunov@iht.khpi.edu.ua

Демидов Ігор Миколайович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0001-5854-0833; email: demigon50@ukr.net

Demidov Igor – Doctor of Technical Sciences, Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Professor of the Department of Fat and Fermentation Products Technologies; Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0001-5854-0833; e-mail: demigon50@ukr.net

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Ляпунов В. В., Демидов І. М. Сучасні тенденції використання спецій для інгібування окиснення жирів у харчових системах. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2025. № 4 (26). С. 37-44. doi:10.20998/2413-4295.2025.04.06.

Please cite this article as:

Liapunov V., Demidov I. Modern Trends in the Use of Spices for Lipid Oxidation Inhibition in Food Systems. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2025, no. 4(26), pp. 37-44, doi:10.20998/2413-4295.2025.04.06.

*Надійшла (received) 12.11.2025
Прийнята (accepted) 20.12.2025*