



Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 664.3:543.27:577.115
© 2025

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ НА ТЕРМІН ПРИДАТНОСТІ

І.П. Петік¹, О.В. Хареба², Д.В. Липовий³,
Ю.Ю. Липова⁴, Л.Ф. Сушко⁵, Н.Л. Аштаєва⁶

¹кандидат технічних наук

²доктор сільськогосподарських наук

¹Український науково-дослідний інститут олій та жирів
Національної академії аграрних наук України
просп. Дзюби, 2-А, м. Харків, 61019, Україна

²Національна академія аграрних наук України
вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, 01010, Україна

^{3, 4}Навчально-науковий інститут

«Українська інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна
вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна

⁵Дніпровський державний аграрно-економічний університет
вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, 49000, Україна

⁶Відокремлений структурний підрозділ «Харківський торговельно-економічний
фаховий коледж Державного торговельно-економічного університету»
пров. Отакара Яроша, 8, м. Харків, Україна, 61045

e-mail: ¹belinskaja.a.p@gmail.com, ²lena1060725@gmail.com, ³xteid@ukr.net,

⁴lipova.y@ukr.net, ⁵sushko.lf@gmail.com, ⁶astaeva553@gmail.com

ORCID: ¹0000-0001-5645-6304, ²0000-0002-7345-6450, ³0000-0002-9143-4896,

⁵0000-0002-7505-9184, ⁶0009-0004-8381-1593

Надійшла 18.03.2025

Мета. Визначити вплив умісту продуктів окиснення та гідролізу на період індукції окиснення ріпакової олії. **Методи.** Пероксидне та кислотне числа зразків рафінованої ріпакової олії визначали згідно з ДСТУ ISO 3960 та ДСТУ ISO 660 відповідно. Період індукції модельних зразків рафінованої ріпакової олії визначали за температури 110 °С із використанням диференційної сканувальної калориметрії. Для оброблення отриманих результатів застосовували методи математичної статистики і програмні пакети Microsoft Office Excel 2003 і Statistica 6.0. **Результати.** Встановлено залежність періоду індукції окиснення ріпакової олії від рівня первинних продуктів окиснення та гідролізу. Отримана апроксимаційна модель дає

зможу прогнозувати зміну стабільності олії залежно від пероксидного та кислотного чисел, що підтверджено високим коефіцієнтом детермінації (понад 93%). Виявлено, що збільшення пероксидного числа на 1 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг зменшує період індукції на 32,85 хв, а підвищення кислотного числа на 1 мг КОН/г — на 19,84 хв. Застосування натуральних токоферолів (0,05%) як антиоксидантів змінює кінетику накопичення продуктів окиснення, що відображено у запропонованих математичних моделях. **Висновки.** Складено рівняння регресії, яке описує залежність величини періоду індукції прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії від двох чинників — продуктів окиснення і гідролізу. Обидва ці чинники негативно впливають на стабільність рафінованої ріпакової олії. Збільшення пероксидного числа скорочує період індукції модельних зразків олії на 32,8512 од. за кожний додатковий ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг. Збільшення кислотного числа зразків олії, своєю чергою, знижує період індукції на 19,8424 од. за кожний додатковий мг КОН/г. Визначено вплив суміші токоферолів на динаміку прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії з різним умістом продуктів окиснення та гідролізу. Зроблено висновок про різну динаміку окиснення її модельних зразків залежно від концентрації первинних продуктів окиснення та гідролізу. Наявність натуральних токоферолів як антиоксидантів негативно впливає на швидкість накопичення пероксидів, проте кінетична модель прискореного окиснення буде різною за різного вихідного складу зразків. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації умов зберігання та прогнозування терміну придатності ріпакової олії.

Ключові слова: ріпакова олія, окиснення, гідроліз, пероксидне число, кислотне число, період індукції, антиоксиданти, натуральні токоферולי, окисна стабільність, прогнозування терміну придатності.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202504-05>

Застосування комплексних технологічних підходів дає змогу істотно підвищити ефективність і стабільність промислового виробництва. Один із напрямів такої оптимізації стосується стабільності рослинних олій, що відкриває можливості для підвищення їх якості завдяки контролю рівня продуктів окиснення та гідролізу. Рослинні олії є багатокомпонентними системами, склад яких визначає їх біологічну цінність та стійкість під час зберігання. До складу цих продуктів входять жирні кислоти, фосфоліпіди, каротиноїди, природні антиоксиданти та інші біоактивні сполуки, які можуть змінюватися під впливом факторів довкілля. Процеси окиснення рослинних олій

супроводжуються утворенням широкого спектра продуктів розпаду триацилгліцеринів, як-от: вільні жирні кислоти, перокси, гідроперокси, карбонільні сполуки (альдегіди, кетони), жирні спирти та окисполімери [1]. Ці речовини не лише погіршують органолептичні характеристики олії, а й можуть негативно впливати на технологічні процеси та харчову безпеку [2]. Первинні стадії окиснення практично не впливають на органолептичні показники олії, проте спричиняють значні зміни в її хімічному складі [3]. Інтенсивність окиснення посилюється під впливом температури, ультрафіолетового випромінювання, а також за нестачі у ліпідній системі природних

антиоксидантів [4]. Уміст пероксидів і гідропероксидів є важливим критерієм якості олій та продуктів на їх основі й визначається згідно зі стандартами [5].

Ріпакова олія широко використовується у харчовій промисловості, проте її хімічна нестабільність зумовлює необхідність пошуку способів подовження терміну придатності [6]. Вивчення впливу пероксидів, гідропероксидів і вільних жирних кислот на індукційний період окиснення ріпакової олії сприятиме оптимізації умов її зберігання та використання. Проведення таких досліджень дасть змогу прогнозувати термін придатності ріпакової олії та продуктів на її основі, а також покращити технологічні підходи до її рафінації. Крім того, удосконалення методів контролю окиснення сприятиме збереженню біологічно активних компонентів у складі олії, підвищенню її безпечності та харчової цінності.

Існує низка досліджень, де описано залежності стійкості ряду олій різного ступеня очищення від умісту природних жиророзчинних антиоксидантів. Зокрема, автори праці [7] вивчали залежність окисної стабільності соняшникової олії холодного пресування від умісту токоферолу. Концентрацію антиоксидантів вимірювали у модельних зразках свіжих олій, а також олій, які окиснювали протягом 6 і 30 діб. Окиснення проводили в сушильній шафі за температури 50 °С, в атмосфері повітря. Повідомляється, що початкова концентрація токоферолів була високою — $(1,4-2,2) \times 10^{-3}$ моль/кг. Наприкінці терміну окиснення модельних зразків концентрація токоферолу знижується майже до нуля. У праці [8] визначали залежність фотоокисної стабільності червоної пальмової олії від умісту токолінів, β -каротину та хлорофілу. Одночасна присутність токолінів і β -каротину позитивно впливає на фотоокисну стабільність олії. Наявність хлорофілу збільшує швидкість фотоокиснення за високої інтенсивності світла. Взаємодія між токолами та β -каротином сприяє

фотоокисній стабільності ліпідної системи. Як екстракт прополісу покращує окисну стабільність соняшникової олії порівняно із синтетичним гідрокситолуолом, досліджували автори праці [9]. Підтверджено, що прополіс запобігає термоокисненню тригліцеридів олій, та варто зазначити, що у працях [7–9] не визначено ані ефективних концентрацій, ані особливостей синергічної взаємодії жиророзчинних антиоксидантів під час гальмування окиснення тригліцеридів олій.

Рациональні концентрації та співвідношення жиророзчинних антиоксидантів, за яких відбувається ефективне гальмування окисного псування ліпідів різних видів олій, обґрунтовано у працях [10, 11]. Наприклад, у першій із них доведено, що природні антиоксиданти впливають на окисну стабільність арахісово-лляних купажів, точніше, на органолептичні властивості, кислотне та пероксидне числа зразків олій. Як антиоксиданти використовували олійні екстракти листя шавлії, чорної смородини, часнику та шипшини. З'ясовано, що введення дослідних олійних екстрактів у кількості 5% підвищує окисну стабільність арахісово-лляного купажу в 1,2–1,7 рази. Під час дослідження залежності періоду індукції окиснення рафінованої соняшникової олії від умісту хлорофілу та β -каротину встановлено, що хлорофіл А практично не виявляє прооксидантної дії за умови його вмісту до 0,05 г/л. Якщо його кількість зростає до 0,10 г/л, період індукції зменшується на 14%, а якщо до 0,30 г/л — на 48%. Уміст β -каротину на рівні 0,10 г/л зумовлює збільшення періоду індукції на 35%, а у кількості 0,30 г/л — на 54%. За наявності в олійній системі 0,10 г/л β -каротину і 0,05 г/л хлорофілу тривалість періоду індукції прискореного окиснення зменшується на 8,4% порівняно з олійним розчином, що містить лише 0,10 г/л β -каротину (без хлорофілу А). Пояснюється це компенсуючим впливом антиоксиданту β -каротину на прооксидантну дію хлорофілу А

в олійному розчині. Однак залишається невизначеним питання, як окисна стабільність ліпідів залежить від особливостей температурної обробки під час видобування або переробки олії.

Відповідь на це запитання частково міститься у праці [12]. Вивчаючи залежність окисної стабільності пальмової олії від умісту каротинів за модельованих умов рафінації, автори довели захисну роль каротиноїдів у запобіганні окисному псуванню під час термічної обробки, про що свідчить залежність між кількістю продуктів окиснення та концентрацією каротиноїдів після рафінації. У праці [13] досліджено термостійкість оливкової олії з додаванням і без додавання природних (екстрактів безсмертника, розторопші плямистої, коптільного дерева) і синтетичних антиоксидантів (пропілгалату, бутилгідроксіанізола та бутилгідрокситолуола). З'ясовано, що підвищена температура впливає на зміну окисної стабільності зразків олії, особливо коли йдеться про вміст вільних жирних кислот і первинних продуктів окиснення — ці показники значно підвищуються. Доведено, що ефективними антиоксидантами є екстракт коптільного дерева (з природних антиоксидантів) та пропілгалат (із синтетичних антиоксидантів). Але залишається без відповіді питання, як на окисну стабільність ліпідів впливає жирнокислотний склад олій.

Певною мірою аспекти поставленого питання розкрито в працях [14, 15]. Автори першої з них визначали залежність окисної стабільності олій холодного пресування з насіння рижію, соняшнику і каноли від жирнокислотного складу і вмісту β -каротину. Кореляційний аналіз отриманих результатів показав, що для визначення стійкості до окисного псування зазначених олій крім профілю жирних кислот і рівня ненасиченості доцільно також урахувати вміст природних антиоксидантів. Автори праці [15] досліджували вплив жирнокислотного складу та складу ізомерів токоферолів

на стабільність до окисного псування олії асаї під час авто- і фотоокиснення. Встановлено, що збільшення вмісту α -ліноленової жирної кислоти у зразках олій негативно впливає на стійкість до окиснення як за наявності ультрафіолетового випромінювання, так і за його відсутності. Вміст токоферолів збільшує період індукції за умови окиснення при світлі. Однак залишається невизначеним ще одне питання: як на окисну стабільність ліпідів впливає вміст міnorних супутніх речовин — продуктів окиснення та гідролізу. Крім того, викликає інтерес питання окисної стабільності цінних у харчовому відношенні олій, що мають високий вміст лабільних до окиснення жирних кислот групи ω -3, зокрема ріпакової олії. Даних щодо залежності окисної стабільності олій від умісту в них продуктів окиснення та гідролізу в науковій літературі недостатньо. Зокрема, відсутня інформація про вплив первинних продуктів окиснення (пероксидів і гідропероксидів), а також продуктів гідролізу (вільних жирних кислот) на здатність до окиснення рафінованої ріпакової олії. Отже, доцільно дослідити вплив умісту продуктів окиснення та гідролізу на період індукції прискореного окиснення ріпакової олії. Це дасть змогу раціоналізувати низку технологічних процесів олієжирового виробництва, а також визначити залежність тривалості зберігання олієвмісної продукції на базі ріпакової олії від технологічних процесів виробництва та умов зберігання.

Мета досліджень — визначити вплив умісту продуктів окиснення та гідролізу на період індукції окиснення рафінованої ріпакової олії. У такому разі можна буде прогнозувати термін придатності як самої олії, так і продукції на її основі. Щоб досягти поставленої мети, необхідно скласти й проаналізувати рівняння регресії для визначення залежності періоду індукції прискореного окиснення від показників окиснення і визначити вплив антиоксиданту на динаміку прискореного

окиснення олії за різного вмісту продуктів окиснення та гідролізу.

Матеріали та методи досліджень.

Під час досліджень використовували такі матеріали:

- зразки рафінованої, вибіленої та дезодорованої ріпакової олії з низьким умістом ерукової кислоти (виробництво Україна) згідно з ДСТУ 8175/CAS 8002-13-9;

- суміш токоферолів у соняшниковій олії (концентрація — 50%) згідно з нормативною документацією. Співвідношення ізомерів токоферолів у суміші: α -токоферол — 20–22%; β -токоферол — 8–10%; γ -токоферол — 68–72%.

Пероксидне та кислотне числа зразків рафінованої ріпакової олії визначали згідно з ДСТУ ISO 3960 та ДСТУ ISO 660 відповідно.

Модельні зразки рафінованої ріпакової олії з різним умістом продуктів окиснення та гідролізу отримали із сировини високої якості. Для отримання зразків із різним умістом первинних продуктів окиснення (пероксидів, гідропероксидів) використовували термічне окиснення за умови вільного доступу кисню. Щоб отримати зразки з різним умістом вільних жирних кислот, додавали відповідну кількість олеїнової жирної кислоти. Після цих маніпуляцій визначали вміст пероксидів, гідропероксидів і вільних жирних кислот, використовуючи стандартні методи аналізу. Концентрацію пероксидів, гідропероксидів і вільних жирних кислот коригували додаванням вихідної сировини — рафінованої ріпакової олії з мінімальним умістом продуктів окиснення та гідролізу. Після досягнення заданого складу модельного зразка його стабілізували та зберігали в умовах, що запобігають подальшому окисненню і гідролізу.

Визначення періоду індукції модельних зразків рафінованої ріпакової олії проводили за температури 110 °C з використанням диференційної сканувальної калориметрії [16]. Сутність методу полягає у визначенні терміну, протягом якого

окиснення гальмується, коли модельні зразки витримуються в ізотермічному режимі за заданої температури в атмосфері кисню. Термін періоду індукції окиснення визначає окисну стабільність модельних зразків олії, що випробовуються. Зразок (близько 10 мг) зважували у чистому сухому тиглі. Тигель зі зразком та еталонний тигель завантажували за температури навколишнього середовища. Перш ніж проводити цикл нагрівання, прилад продували інертним газом упродовж 5 хв. Зразок та еталонний матеріал нагрівали до 110 °C за умови продування з постійною швидкістю в середовищі інертного газу. Досягнувши заданої температури, замість інертного газу подавали кисень, дотримуючись незмінної швидкості потоку. Зразок експозиціювали за постійної температури, реакція окиснення ліпідної складової відображалася на термічній кривій монітора. Період індукції ідентифікували як час між початком подачі кисню у вимірювальну комірку і початком власне реакції окиснення, яка характеризується різким збільшенням тепла, що виділяється. Цей процес ідентифікується за допомогою автоматичної побудови кривої залежності теплового потоку від температури.

Для визначення впливу пероксидного і кислотного чисел на період індукції прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії застосовували двофакторний експеримент. Кожний дослід повторювали тричі. Обробку одержаних даних і побудову графічної залежності виконували з використанням пакета Microsoft Stat Soft Statistica 6.0 (США). Значущість окремих коефіцієнтів рівняння регресії визначали за допомогою критерію Стюдента шляхом перевірки гіпотези про рівність нулевій відповідного параметра рівняння. Розраховане абсолютне значення критерію Стюдента під час оцінювання окремих коефіцієнтів регресії порівнювали з його критичним табличним значенням за рівня значущості $p = 0,05$. Для оцінювання

якості рівняння регресії та повноти впливу обраних факторів визначали коефіцієнт детермінації R^2 . Отримане значення $R^2 = 0,93$ дає змогу зробити висновок про більший за 93% вплив варіацій пероксидного та кислотних чисел на варіації періоду індукції прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії. Для встановлення значущості моделі регресії розраховували критерій Фішера, зважаючи на припущення, що рівняння є статистично незначущим.

Результати досліджень. Вивчено двофакторну залежність величини періоду індукції ріпакової олії від умісту первинних продуктів окиснення і продуктів гідролізу. Отриману регресійну модель залежності періоду індукції прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії (IP , хв) від пероксидного (PN , ммоль $\frac{1}{2}O/kg$) і кислотного чисел (AN , мг КОН/г) подано у вигляді такого рівняння:

$$IP(PN, AN) = 204,5519 - 32,8512 \cdot PN - 19,8424 \cdot AN + 1,5477 \cdot PN^2 + 1,2938 \cdot PN \cdot AN + 1,9171 \cdot AN^2. \quad (1)$$

Наведена регресійна модель має високий рівень адекватності, про що свідчить коефіцієнт детермінації R^2 — він перевищує 93%. Апроксимаційна залежність описує величину періоду індукції прискореного окиснення зразків рафінованої ріпакової олії в інтервалах пероксидного числа 0,260–0,30 ммоль $\frac{1}{2}O/kg$, а кислотного числа — 0,14–2,60 мг КОН/г. Вихід за межі цих інтервалів може призвести до неточних прогнозів, тому під час визначення термінів придатності важливо переконатися, що значення PN і AN потрапляють до вказаних меж. Графік отриманої регресійної моделі наведено на рис. 1.

Підвищення вмісту первинних продуктів окиснення у модельних зразках рафінованої ріпакової олії призводить до зниження періоду індукції прискореного окиснення порівняно з контрольним зразком. Як контрольний зразок використовували рафіновану ріпакову олію,

що має мінімальні показники пероксидного та кислотного чисел (0,26 ммоль $\frac{1}{2}O/kg$ і 0,14 мг КОН/г відповідно). Як показують отримані результати досліджень (див. рис. 1), збільшення пероксидного числа зменшує період індукції модельних зразків олії на 32,8512 од. за кожний додатковий ммоль $\frac{1}{2}O/kg$. Збільшення кислотного числа зразків олії, своєю чергою, скорочує період індукції на 19,8424 од. за кожний додатковий мг КОН/г. Це є свідченням того, що обидва фактори негативно впливають на стабільність рафінованої ріпакової олії, тобто збільшення їх значень зменшує період індукції, що означає пришвидшення процесу окисного псування. З огляду на результати експериментів становить інтерес визначення впливу природних антиоксидантів на період індукції прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії різного ступеня окисної деструкції. Варто відзначити, що регресійна модель залежності періоду індукції прискореного окиснення олії від пероксидного і кислотного чисел є кубичною, що свідчить про складну нелінійну динаміку накопичення пероксидів під час зберігання. На початкових етапах окиснення можливе зростання

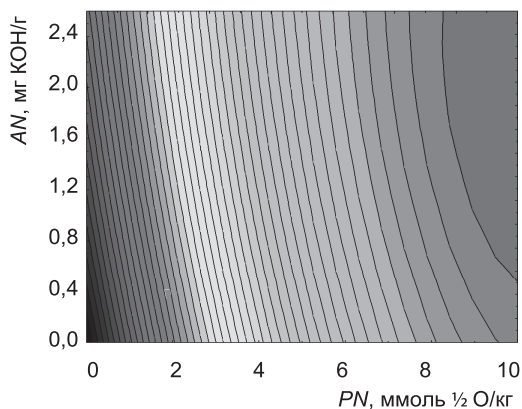


Рис. 1. Залежність періоду індукції прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії (IP , хв) від пероксидного (PN , ммоль $\frac{1}{2}O/kg$) і кислотного чисел (AN , мг КОН/г): $\tau = > 200$ хв (■); < 188 (■); < 148 (■); < 108 (■); < 68 (■); < 28 хв (■)

пероксидного числа з прискоренням, яке згодом уповільнюється, а потім знову пришвидшується.

Досліджено однофакторні залежності величини пероксидного числа під час прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії з різним умістом первинних продуктів окиснення та гідролізу за присутності природного антиоксиданту — суміші натуральних токоферолів (0,05%). Апроксимаційні залежності динаміки накопичення пероксидів та гідропероксидів модельних зразків рафінованої ріпакової олії, стабілізованих токоферолами, — ($PN_1(\tau)$ — $PN_4(\tau)$) — від часу прискореного окиснення (τ) з різними вихідними показниками визначали так:

$$PN_1(\tau) = 0,0055 \cdot \tau^3 - 0,0917 \cdot \tau^2 + 0,6009 \cdot \tau - 0,535; \quad (2)$$

$$PN_2(\tau) = 0,1877 \cdot \tau^2 - 0,2365 \cdot \tau + 3,6046; \quad (3)$$

$$PN_3(\tau) = 2,405 \cdot \tau + 4,6; \quad (4)$$

$$PN_4(\tau) = 4,52 \cdot \tau + 5,56. \quad (5)$$

Графічні вирази отриманих моделей (2) — (5) наведено на рис. 2.

Варто зазначити, що наведені на рис. 2 апроксимаційні залежності (1) — (4) мають високий рівень адекватності, про що свідчать коефіцієнти детермінації R^2 , які перевищують 96%, 98, 99 і 100% відповідно. Ці залежності описують періоди індукції прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії, стабілізованої сумішшю натуральних токоферолів, в інтервалах пероксидного (0,260–0,08 ммоль $\frac{1}{2}O/kg$) і кислотного (0,14–2,60 мг KOH/g) чисел. Апроксимаційне рівняння (1) є квадратичним, і це вказує на те, що накопичення пероксидів спочатку може сповільнюватися, але з часом прискорюватиметься. Позитивний коефіцієнт перед змінною τ^2 свідчить про позитивне прискорення процесу окиснення. Рівняння (2) є лінійним і демонструє постійне накопичення пероксидів з часом. Це вказує на стабільну швидкість окиснення, без істотних змін у процесі. Рівняння (3)

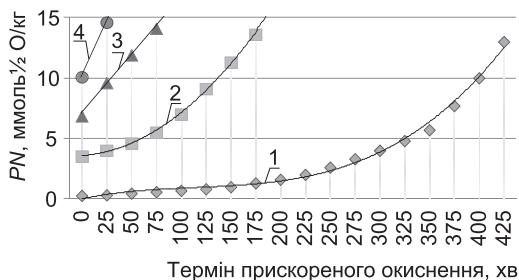


Рис. 2. Залежність пероксидного числа рафінованої ріпакової олії з різним умістом первинних продуктів окиснення та гідролізу від часу прискореного окиснення за концентрації натуральних токоферолів 0,05%:
1 — $PN = 0,26$ ммоль $\frac{1}{2}O/kg$;
 $AN = 0,14$ мг KOH/g;
2 — $PN = 3,52$ ммоль $\frac{1}{2}O/kg$;
 $AN = 0,91$ мг KOH/g;
3 — $PN = 6,85$ ммоль $\frac{1}{2}O/kg$;
 $AN = 1,75$ мг KOH/g;
4 — $PN = 10,08$ ммоль $\frac{1}{2}O/kg$;
 $AN = 2,60$ мг KOH/g

також є лінійним, але з вищим коефіцієнтом перед змінною τ , що є доказом швидшого накопичення пероксидів порівняно із залежністю (2). Отримані дані свідчать про підвищення швидкості окисної деструкції зразка.

Наявність натуральних токоферолів як антиоксидантів негативно впливає на швидкість накопичення пероксидів, однак різний вихідний склад олії потребує побудови різних кінетичних моделей. Отримані результати можна пояснити використанням комбінації вказаних факторів, які взаємодіють між собою, впливаючи на швидкість і механізми окиснення ріпакової олії. Запропоновані апроксимаційні рівняння (1)–(4) можна використовувати для прогнозування строку придатності стабілізованої токоферолами рафінованої ріпакової олії, враховуючи початковий уміст продуктів окиснення і гідролізу. Крім того, існує можливість попередньо оцінити доцільність стабілізації антиоксидантами рафінованої ріпакової олії з різним умістом прооксидантних сполук з огляду на вказані залежності.

Висновки

Складено рівняння регресії, що описує залежність періоду індукції прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії від двох чинників — продуктів окиснення і гідролізу. Обидва ці чинники негативно впливають на стабільність рафінованої ріпакової олії. Збільшення пероксидного числа скорочує період індукції модельних зразків олії на 32,8512 од. за кожний додатковий ммоль $\frac{1}{2}\text{O/kg}$. Водночас збільшення

кислотного числа зразків олії зменшує період індукції на 19,8424 од. за кожний додатковий мг KOH/g .

Визначено вплив суміші токоферолів на динаміку прискореного окиснення рафінованої ріпакової олії з різним вмістом продуктів окиснення та гідролізу. З'ясовано, що динаміка окиснення модельних зразків рафінованої ріпакової олії варіює залежно від концентрації первинних продуктів окиснення та гідролізу.

Petik I.¹, Khareba O.², Lypovyi D.³, Lypova Yu.⁴, Sushko L.⁵, Ashtaieva N.⁶

¹Ukrainian Research Institute of oils and fats of NAAS, 2-A Dziuba Ave, Kharkiv, 61019, Ukraine;

²National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, 9 M. Omelianovych-Pavlenko Str., Kyiv, 01010, Ukraine; ³Kharkiv National University of V.N. Karazin Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy", 16 Universytetska Str., Kharkiv, 61003, Ukraine; ⁴Dnipro State Agrarian and Economic University, 25 Serhii Yefremov Str., Dnipro, 49000, Ukraine; ⁵Separate structural unit "Kharkiv Trade Economic Professional College of State Trade University", 8 Otakara Yarosha Lane, Kharkiv, 61045, Ukraine; e-mail: ¹belinska-j.a.p@gmail.com, ²lena1060725@gmail.com,

³xteid@ukr.net, ⁴lipova.y@ukr.net, ⁵sushko.lf@gmail.com, ⁶astaeva553@gmail.com; ORCID: ¹0000-0001-5645-6304, ²0000-0002-7345-6450, ³0000-0002-9143-4896, ⁵0000-0002-7505-9184, ⁶0009-0004-8381-1593

Study of the impact of rapeseed oil quality indicators on shelf life

Goal. To determine the influence of the content of oxidation and hydrolysis products on the period of induction of rapeseed oil oxidation.

Methods. The peroxide and acid numbers of the refined rapeseed oil samples were determined according to GOST ISO 3960 and GOST ISO 660, respectively. The induction period of the refined rapeseed oil model samples was determined at 110°C using differential scanning calorimetry. Methods of mathematical statistics and software packages Microsoft Office Excel 2003 and Statistica 6.0 were used to process the data. **Results.** The dependence of

the induction period of rapeseed oil oxidation on the level of primary oxidation and hydrolysis products was established. The obtained approximation model made it possible to predict the change in oil stability depending on peroxide and acid numbers, which was confirmed by a high coefficient of determination (more than 93%). It was found that increasing the peroxide number by 1 mmol of $\frac{1}{2}\text{O/kg}$ reduced the induction period by 32.85 min, and increasing the acid number by 1 mg of KOH/g — by 19.84 min. The use of natural tocopherols (0.05%) as antioxidants changed the kinetics of the accumulation of oxidation products, which was reflected in the proposed mathematical models. **Conclusions.** A regression equation was compiled, which described the dependence of the induction period of accelerated oxidation of refined rapeseed oil on two factors — oxidation and hydrolysis products. Both of these factors adversely affected the stability of refined rapeseed oil. Increasing the peroxide number shortened the induction period of model oil samples by 32.8512 units for each additional mmol of $\frac{1}{2}\text{O/kg}$. An increase in the acid number of oil samples, in turn, reduced the induction period by 19.8424 units for each additional mg of KOH/g . The influence of a mixture of tocopherols on the dynamics of accelerated oxidation of refined rapeseed oil with different contents of oxidation and hydrolysis products was determined. It was concluded that different dynamics of oxidation of its model samples depended on the concentration of primary oxidation and hydrolysis products. The presence of natural tocopherols as antioxidants negatively affected the rate of accumulation of

peroxides, but the kinetic model of accelerated oxidation would be different for different initial compositions of samples. The results obtained can be used to optimize storage conditions and predict the shelf life of rapeseed oil.

Key words: rapeseed oil, oxidation, hydrolysis, peroxide number, acid number, induction period, antioxidants, natural tocopherols, oxidative stability, shelf life prediction.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202504-05>

Бібліографія

1. Belinska A., Bochkarev S., Varankina O., Rudniev V. Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. 5/11(101). P. 6–14. doi: 10.15587/1729-4061.2019.178908
2. Yuan L., Xu Z., Tan Ch.-P. et al. Biohazard and dynamic features of different polar compounds in vegetable oil during thermal oxidation. *LWT*. 2021. 146. 111450. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112659
3. Abad A., Shahidi F. Fatty acid, triacylglycerol and minor component profiles affect oxidative stability of camelina and sophia seed oils. *Food Bioscience*. 2021. 40. 100849. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100849
4. Yuan L., Xu Z., Tan Ch.-P. et al. Biohazard and dynamic features of different polar compounds in vegetable oil during thermal oxidation. *LWT*. 2021. 146. 111450. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112659
5. Maszewska M., Florowska A., Dłuzewska E. et al. Oxidative Stability of Selected Edible Oils. *Molecules*. 2018. 23(7). 1746. doi: 10.3390/molecules23071746
6. Li Zh., Wang W., Liu X. et al. Effect of different degumming processes on the retention of bioactive components, acylglycerol and phospholipid composition of rapeseed oil. *Process Biochemistry*. 2023. 133. 190–199. doi: 10.1016/j.procbio.2023.08.019
7. Ma G., Wang Yu., Li Yu. et al. Antioxidant properties of lipid concomitants in edible oils: A review. *Food Chemistry*. 2023. 422. 136219. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.136219
8. Ayu D.F., Andarwulan N., Hariyadi P., Purnomo E.H. Effect of tocopherols, tocotrienols, β -carotene, and chlorophyll on the photo-oxidative stability of red palm oil. *Food Science and Biotechnology*. 2016. 30. 25(2). 401–407. doi: 10.1007/s10068-016-0055-1
9. Wang D., Xiao H., Lyu X. et al. Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review. *Oil Crop Science*. 2023. 8(1). P. 35–44. doi: 10.1016/j.ocsci.2023.02.002
10. Giuliani A.A., Cichelli A., Tonucci L., d'Alessandro N. Chlorophyll photosensitized oxidation of virgin olive oil: A comparison between selected unsaturated model esters and real oil samples. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*. 2015. 92(1). P. 25–37.
11. Petik P., Stankevych S., Zabrodina I. et al. Determination of fat-soluble dyes influence on the oxidation induction period of their oil solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. 36(123). P. 13–21. doi: 10.15587/1729-4061.2023.279619
12. Ayu D.F., Andarwulan N., Hariyadi P., Purnomo E.H. Effect of tocopherols, tocotrienols, β -carotene, and chlorophyll on the photo-oxidative stability of red palm oil. *Food Science and Biotechnology*. 2016. 30. 25(2). P. 401–407. doi: 10.1007/s10068-016-0055-1
13. Safarzadeh Markhali F., Teixeira J.A. Stability of target polyphenols of leaf-added virgin olive oil under different storage conditions over time. *Sustainable Food Technology*. 2024. 2. 3. 780–789. doi: 10.1039/d4fb00068d
14. Maghsoudlou E., Raftani Amiri Z., Esmaeilzadeh Kenari R. Determination and correlation analysis of phytochemical compounds, antioxidant activity, and oxidative stability of different edible oils. *Food Measure*. 2024. 18. 714–726. doi: 10.1007/s11694-023-02241-8
15. Maszewska M., Florowska A., Dłuzewska E., Wroniak M. et al. Oxidative Stability of Selected Edible Oils. *Molecules*. 2018. 23(7). 1746. doi: 10.3390/molecules23071746
16. Setting Up a DSC Oxygen Induction Time Procedure. DSC Online Help 2023. Retrieved from https://folk.ntnu.no/deng/fra_nt/other%20stuff/DSC_manuals/QDSC/Setting_Up_a_DSC_Oxygen_Induction_Time_Procedure.htm#top.