

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**Демидова Анастасія Олександрівна**

УДК 664.314

**НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ РАЦІОНАЛЬНОЇ  
ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ І ЗАХИСТУ ВІД ПСУВАННЯ  
РОСЛИННИХ ЖИРІВ**

05.18.06 – технології жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних  
продуктів

Галузь знань 18 – виробництво і технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



**Анастасія ДЕМИДОВА**

Науковий консультант: Гладкий Федір Федорович,  
доктор технічних наук, професор

Харків-2024

## АНОТАЦІЯ

*Демидова А. О.* Науково-практичні основи раціональної технології очищення і захисту від псування рослинних жирів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.06 «Технології жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів». Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2024.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми одержання олієжирової продукції підвищеної якості та безпеки за умови використання ресурсоощадних технологій. Ключовими технологічними рішеннями є низькотемпературне дезодорування, нові технології гідратування, оброблення соняшникових фосфатидних концентратів та дезодораційних дистилатів, одержання та використання натуральних антиоксидантів на базі рослин, вилучення продуктів окиснення з жирів та захист дезодорованих жирів від утворення ефірів 3-хлор-1,2-пропандіолу та гліцидолу.

Метою дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування та розроблення на науковій основі технологій переробляння рослинних жирів та захисту їх від окисного псування шляхом застосування антиоксидантів та виведення продуктів окиснення.

*Об'єктом дослідження* є процеси очищення рослинних жирів (гідратування, дезодорування), псування рослинних жирів (окиснення, утворення токсичних компонентів) та промислове переробляння жирів.

*Предметом дослідження* є процеси гідратування, дезодорування, окиснення, утворення токсичних компонентів соняшnikової, соєвої, кукурудзяної, оливкової, ріпакової, лляної олій, риб'ячого жиру, переробляння соняшnikового фосфатидного концентрату, дезодораційного дистилату.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що на підставі

теоретичних та експериментальних досліджень здобувачкою вперше:

- висунута та експериментально підтверджена наукова концепція можливості активного впливу на смак та запах жирів шляхом проведення реакцій перетворення альдегідів та кетонів на ацеталі та кетаналі;

- виявлена та перевірена на практиці можливість повного знеособлення запаху та смаку соняшnikової, лляної олій, риб'ячого жиру в результаті взаємодії з етиловим спиртом в присутності кислотного каталізатору за температури 90 °С;

- доведена можливість повної зміни профілів смаку та запаху соєвої та гірчичної олій в результаті взаємодії з етиловим спиртом та кислотним каталізатором;

- виявлений ефект зменшення вмісту продуктів окиснення в жирах (у 2-4 рази за пероксидним числом), а також усунення відчуття згіркнення в результаті взаємодії жирів з етиловим спиртом в присутності кислотного каталізатору;

- встановлено, що використання лимонної та фосфорної кислот на стадії гідратування соняшnikової олій, на відміну від водного гідратування, приводе до збільшення вмісту 3-МСПД-ефірів та ефірів гліцидолу в дезодорованій олій;

- доведена можливість дезодорування та зменшення інтенсивності забарвлення соняшnikового фосфатидного концентрату шляхом обробки його етиловим спиртом;

- встановлено кінетичні параметри окиснення соняшnikової олій в присутності соняшnikового дезодораційного дистиляту та концентратів токоферолів на його основі. Розрахунковим та графічним методами визначена константа швидкості реакції між інгібітором (концентратом токоферолів, одержаним адсорбцією токоферолів соняшnikового деодистиляту на активованому вугіллі) і пероксидним радикалом –  $K_7 = 0,94 \cdot 10^6$  л/моль·с;

- визначено порівняльні дані антиоксидантної активності речовин, одержаних водно-спиртовим екстрагування з рослин українського походження. Одержані антиоксиданти за їх ефективністю щодо гальмування окиснення соняшnikової олій розташовуються в ряд: меліса трава (АОА=2,91) > спірея трава (2,75) > лопуху

коріння (2,72)> ожини кора (2,58) > калини кора (2,53)> ожини листя (2,37)> ожини пагони (2,32)> чорниці кора (2,24)> чорниці пагони (2,20)> чебрець трава (2,11)> малини кора (2,11)> чорниці листя (2,05) > малини листя (2,01)> калини листя (1,99)> нагідки квіти (1,99)> кора дубу (1,96)> горобина чорноплідна (1,88)> чорниці плоди (1,86)> чорної смородини листя (1,82)> кропиви листя (1,77)> горобина звичайна (1,77)> розмарин листя (1,75)> ехінацея квіти (1,69)> петрушка (1,67)> рукола (1,65)> калини плоди (1,61)> малини плоди (1,60)> чорної смородини плоди (1,56)> м'ята перцева листя (1,50)> ромашка лікарська (1,48)> кріп (1,41). Антиоксидантна активність бутілгідроксіанізолу за тих же умов і концентрації (0,2 г/кг) дорівнює 1,69;

- визначений ефект синергізму гальмування окиснення соняшникової олії між водно-етанольними екстрактами деяких рослин та токоферолами соняшникової олії, який в % ( $\Delta t$ ) склав: для кори дубу – 32,3; для кропиви – 25,8; для м'яти перцевої – 3,2; для календули – 38,7; для пагонів чорниці – 48,4. Доведений ефект синергізму між аскорбіновою кислотою та екстрагованими з шкірки картоплі, лушпиння цибулі, томатної шкірки речовинами, який становить 38,6; 27,3 та 47,7 % відповідно;

- доведена можливість швидкого визначення строків зберігання рослинних жирів шляхом встановлення залежності швидкості самоініціювання жирів від температури при підвищених температурах та екстраполяції даних на низькі;

- визначено наявність прямої кореляції між появою в рослинних жирах відчуття згіркнення та завершенням періоду індукції, визначеного зміною анізидинових чисел;

- доведена можливість виведення з жирів частини (50 – 99 %) гідропероксидів, альдегідів та епоксидів у результаті взаємодії з наступними реагентами: аміаком або сечовиною в присутності сірчаної кислоти; водними розчинами цукрози та фруктози; амонієм вуглекислим;

- експериментально підтверджено, що збільшення вмісту гідропероксидів та альдегідів в соняшниковій олії приводить до збільшення вмісту 3-MCPD-ефірів в результаті дезодорування, тобто доведено, що продукти окиснення жирів є

попередниками утворення 3-MCPD-ефірів. Навпаки, не виявлено кореляції між кількістю продуктів окиснення, кислотністю олії та кількістю ефірів гліцидолу, які утворились в результаті дезодорування соняшникової олії.

Практичне значення одержаних результатів для олієжирової промисловості:

- розроблений принципово новий низькотемпературний метод дезодорування жирів, впровадження якого в промисловості може зменшити собівартість рафінування рослинних жирів внаслідок застосування суттєво менших температур та спрощення вимог до обладнання. Сукупність одержаних даних дозволить розширити перелік відомих методів зеленого рафінування та застосувати менш енергоємну технологію дезодорування жирів, яка водночас підвищує якість та безпечність рафінованих дезодорованих жирів;

- визначено низку доступних харчових гідратаційних агентів (сумішей харчових кислот, солей тощо), застосування яких дозволяє одержувати гідратовану соняшкову олію з низьким вмістом фосфоліпідів;

- запропоновано ряд розріджувачів, здатних знижувати в'язкість соняшничого фосфатидного концентрату, визначені їхні ефективні концентрації. У сукупності з розробленим методом дезодорування соняшничого лецитину це дозволить усунути основні технологічні недоліки соняшничових лецитинів та підвищити конкурентоспроможність на світовому ринку фосфоліпідних продуктів;

- розроблено два способи одержання концентратів токоферолів з соняшничого дезодораційного дистиляту, їх застосування в промисловості дозволить підвищити прибутковість стадії дезодорування олій. Розроблена технологічна схема процесу;

- розширений асортимент сировинної бази антиоксидантів жирів за рахунок рослин українського походження. Визначено, що коріння, листя, кора деяких рослин, а також відходи агропромислового комплексу є джерелами потужних антиоксидантів, що мають вищу за поширений синтетичний антиоксидант бутілгідроксіанізол антиоксидантну активність. Такі результати дають змогу використати відходи деяких агротехнічних виробництв та підвищити рентабельність

цих виробництв;

- розроблений швидкий метод визначення строків зберігання рослинних жирів, який дозволяє прогнозувати строки зберігання в широкому діапазоні температур, не потребує значних витрат реактивів, скорочує час на дослідження тощо, його впровадження дозволить оптимізувати такі дослідження та витрати на них;

- розроблено високоефективні методи зменшення вмісту продуктів окиснення в жирах, які дозволяють вилучати 50–99 % кисневмісних речовин жирів. Їх впровадження дозволить випускати олієжирову продукцію з подовженим строком зберігання або відновлювати якість вже окиснених жирів;

- встановлено, що продукти окиснення та кислоти є попередниками утворення 3-МСРD-ефірів. Ці дані дозволять підвищити безпеку олійножирових продуктів що, в підсумку, сприятиме збереженню здоров'я нації.

Технічна новизна розробок захищена двома патентами України на корисну модель.

Основні результати роботи впроваджені на: ТОВ «КАПРО ОЙЛ» (Кіровоградська обл., м. Кропивницький), ПФ «Феу» (м. Харків), ПРАТ «Нововодолазький молокозавод» (сmt «Нова Водолага», Харківська обл.), ТОВ «Ніка-компані 2015» (м. Харків).

В *першому* розділі дисертаційної роботи проведено аналіз світового наукового інформаційного поля. Визначено основні недоліки технологій переробляння жирів та продукції олієжирової галузі України. Розглянуто сучасні дані кількісного та якісного складу одоруючих компонентів рослинних жирів, уявлення про які суттєво змінились в останні роки. Проаналізовано специфіку процесу гідратування, висновки стосуються перспективних технологічних рішень. Розглянуто вплив стадії дезодорування на показники якості та безпеки рослинних жирів. Згруповано одержані на сьогодні дані щодо нещодавно знайдених компонентів жирів – ефірів монохлорпропандіолу та гліцидолу, розглянуто причини утворення цих речовин і відомі способи зменшення їхньої концентрації в дезодорованих жирах. Розглянуто причини та наслідки деградації жирів шляхом окиснення. Визначено, що

використання доступних натуральних антиоксидантів є одним з найбільш ефективних шляхів її вирішення. Задача пошуку доступної сировини для одержання антиоксидантів сьогодні, полягає в дослідженні і порівнянні антиоксидантної активності рослин, у тому числі тих, які ростуть на території України.

В *другому* розділі наведено структуру організації теоретичних і експериментальних досліджень за темою дисертації, характеристику об'єктів дослідження, перелік використаних стандартизованих методик встановлення фізико-хімічних показників та показників якості жирів. Наведено розроблені методики лабораторних гідратування, дезодорування, дослідження профілей смаку та запаху жирів, виділення токоферолів з дезодораційного дистиляту, розшарування фосфоліпідної емульсії, запропоновано ряд методик встановлення причин утворення ефірів 3-MCPD та гліцидолу. Використано методики дослідження кінетики окиснення жирів, встановлення кінетичних параметрів окиснення. Запропоновано методи вилучення та застосування антиоксидантів з рослинної сировини, одержання даних антиоксидантної активності з можливістю їх порівняння та розмірів синергетичних ефектів антиоксидантів. Задіяно хроматографічні, електрофоретичні, спектрометричні, кінетичні, структурно-механічні, сенсорні методи аналізу тощо. Статистичний аналіз здійснювали за допомогою програми Microsoft Office Excel 2010, 2019 та програми *Mathcad Prime 6.0*. Математичне моделювання було проведене з використанням мови програмування Python і бібліотек Sklearn для визначення рівнянь регресії та Scipy для оптимізації.

В *третьому* розділі запропоновано та досліджено методи гідратування, здатні задовольнити наступним вимогам: низькому остаточному вмісту фосфоліпідів у гідратованій олії (менше 0,05 % в перерахунку на стеароолеолецитин), відмови від застосування складного специфічного обладнання, одержанню в результаті гідратування фосфатидного концентрату високої якості. Поставлена задача була вирішення шляхом знаходження низки високоефективних харчових гідратаційних агентів: сумішей харчових кислот, ацетату кальцію, хлориду амонію, сульфату амонію, суміші горохового борошна та лимонної кислоти, суміші хлориду натрію та

лимонної кислоти тощо. На спосіб гідратування з ацетатом кальцію одержаний патент.

*Четвертий* розділ присвячений усуненню основних технологічних недоліків вітчизняних соняшникових фосфатидних концентратів – високої в'язкості та наявності специфічних смаку та запаху. Запропоновано та досліджено низку харчових розріджувачів, найбільш ефективні з яких повністю усувають проблему пластифікації соняшникових лецитинів при невеликих кількостях введення цих речовин. Була доведена можливість дезодорування соняшникових фосфатидних концентратів шляхом застосування харчового розчинника, здатного екстрагувати більшість одоруючих речовин лецитину – етилового спирту. Інше джерело біоактивних сполук, яке сьогодні є відходом процесу перероблення рослинних жирів – соняшниковий дезодораційний дистилят, був також використаний для валоризації харчових відходів стадії перероблення. Розроблені два методи одержання на його основі концентратів токоферолів, які відповідають вимогам до цього типу продуктів. Запропонована технологічна схема одержання концентрату токоферолів з деодистиляту, одержаний патент України на корисну модель.

В *п'ятому* розділі сформульована та доведена концепція можливості активного впливу на смак та запах рослинних жирів шляхом хімічних перетворень їхніх основних одоруючих супутніх – альдегідів та кетонів. Розроблена раціональна технологія дезодорування соняшnikової, лляної олій, риб'ячого жиру. Принципово новий підхід до дезодорування не вимагає застосування високих температур, тому усуває основні недоліки існуючої технології дезодорування: не відбувається утворення 3-MCPD-ефірів та гліцидилових ефірів, транс-ізомерів жирних кислот, токоферолі в більшій мірі залишаються в олії, що теоретично призведе до покращення її стабільності щодо окисного псування. Відсутність необхідності застосування гострої пари та високих температур призводить до спрощення обладнання та суттєвого зниження собівартості стадії дезодорування. Запропонована нова послідовність рафінування зі впровадженням технології низькотемпературного дезодорування, а також встановлено раціональні умови нової

технології дезодорування. Розроблена технологія одночасно дає змогу покращувати окисний стан рослинних жирів за рахунок хімічних перетворень первинних та вторинних продуктів окиснення жирів.

В шостому розділі розглянуто превентивні методи захисту рослинних жирів від окисного псування – шляхом додавання рослинних антиоксидантів. Встановлені оптимальні умови вилучення антиоксидантів з рослинної сировини. Розроблена та запропонована методика одержання порівняльних даних ефективності одержаних екстрактів рослин як інгібіторів окиснення та проведено системне вилучення антиоксидантів з доступних в Україні рослинних джерел за запропонованою методикою. Доцільність використання антиоксидантів з рослинної сировини в технологіях жирів була доведена шляхом порівняльного аналізу їхнього впливу на кінетику окиснення жирів за різних температур та умов відносно окиснення в присутності дозволених концентрацій стандартного синтетичного антиоксиданту – бутілгідроксіанізолу. Доведена технологічна перевага використання рослинних антиоксидантів навіть при однакових з синтетичним антиоксидантом кількостях. Доведена наявність синергетичних ефектів між токоферолами та одержаними екстрактами рослин, а також між екстрактами рослин та аскорбіновою кислотою.

В сьомому розділі розроблений швидкий метод визначення строків зберігання рослинних жирів. Метод дає змогу передбачувати строки зберігання жирів на широкому інтервалі температур зберігання. Також доведено, що користуючись дослідженням кінетики зміни анізидинових чисел в процесі низькотемпературного окиснення (28 °C) можна прогнозувати момент появи відчуття згіркнення – встановлена пряма кореляція між закінченням періоду індукції за даними анізидинових чисел та різкою зміною органолептики рослинних жирів. З метою поліпшення окисного стану вже окиснених жирів набула подовження концепція хімічних перетворень продуктів окиснення жирів за рахунок введення безпечних речовин. В результаті розроблена низка методів вилучення продуктів окиснення зі складу рослинних жирів. В роботі доведено, що збільшення вмісту гідропероксидів, альдегідів та кислотних груп призводить до збільшення вмісту ефірів 3-MCPD в

соняшниковій олії в результаті її дезодорування, тобто доведено, що продукти окиснення жирів є попередниками утворення 3-MCPDE. Навпаки, не виявлено кореляції між кількістю продуктів окиснення, кислотністю олії та кількістю ефірів гліцидолу, які утворились в результаті дезодорування соняшnikової олії.

**Ключові слова:** рослинний жир, соняшnikова олія, дезодорування, гідратування, сенсорні характеристики, окиснення, антиоксидант, період індукції, продукти окиснення, лецитин, дезодораційний дистилят.

### Список наукових праць здобувача за темою дисертації:

1. Demydova A., Gladkyj F., Aksonova O., Molchenko S. A study of the influence of calcium acetate on the process of sunflower oil degumming. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. № 29(2). P. 301-311. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i2.217685>

2. Demydova A., Levchuk I., Aksonova O., Molchenko S., Demidov I. Comparison of acid degumming methods and their influence on the formation of 3-MCPD-esters and glycidyl esters in sunflower oil deodorization. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2021. № 4. P. 50-57. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2021-137-4-50-57>

3. Демидова А.О., Гладкий Ф.Ф., Березка Т.О. Сучасні способи гідратування рослинних олій: аналітичний огляд. *Innov Biosyst Bioeng*. 2021. № 5(2). P. 105–116. <https://doi.org/10.20535/ibb.2021.5.2.227359>

4. Demydova A., Aksonova O., Molchenko S., Hladkyi F. Research on a new approach to low-temperature deodorization and its effect on oxidative deterioration of fish oil. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. № 29(4). P. 639-649. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i4.238356>

5. Demydova A., Levchuk I., Yevlash V., Aksonova O., Foshchan A. Impact of Oxidation Products and Other Precursors on the Content of 3-MCPD and Glycidol Esters in Deodorized Sunflower Oil. *Food Science and Technology*. 2022. № 16(1), P. 50-57. <http://dx.doi.org/10.32434/0321-4095-2021-137-4-50-57>

6. Demydova A., Nosenko T., Bahmach V., Shemanska E., Molchenko S. Study on antioxidants extraction from oak bark and their use for oxidation stability of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 2021. № 10(3). P. 552-563. <https://doi.org/10.24263/2304-974X->

2021-10-3-9

7. Demydova A., Aksonova O., Yevlash V., Tkachenko O., Kameneva, N. Antioxidant activity of plants extracts of Ukrainian origin and their effect on the oxidative stability of sunflower oil. *Food Science and Technology*. 2022. № 16(3). P. 55-64.

<https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2514>

8. Demydova A., Yevlash V., Aksonova O., Priss O. Study of ways to reduce the viscosity of sunflower lecithin. *Food science and technology*. 2023. № 17(1). P. 4-11.

<https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2557>

9. Demydova A., Molchenko S., Berezka T., Piven O., Chumak O., Aksonova O. Obtaining antioxidants from food industry waste and their use in fats. *Food science and technology*. 2023. № 17(2). P. 32-40. <https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2563>

10. Демидова А.О., Демидов І.М., Півень О.М. Показники окисненості жирів. Проблеми і рішення. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2011. № 21. С.164-169.

11. Demydova A., Aksenova O., Demidov I. Determination of the sunflower oil storage period by the accelerated method. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2015. № 1. С. 387–392.

12. Демидова А.О. Визначення строку зберігання олій прискореним методом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2015. № 44. С. 15–19.

13. Демидова А.О., Шульга Є.М., Шеманська Є.І. Дослідження характеристик та окиснювальної стабільності рижієвої олії з наступним купажуванням. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2016. № 19. С. 70 -75.

14. Демидова А.О., Аксенова О.Ф., Кіндрашина А.С., Березка Т.О. Встановлення характеру спільного антиоксидантного впливу токоферолів та флавоноїдів на процес окиснення олій. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2016. № 2. С. 387–393.

15. Demydova A., Nosenko T., Shemanska E., Molchenko S. Conditions for the obtaining of tocopherols from deodorizing distillates of sunflower oil. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2019. № 7(2). P. 198–207. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2019-7-2-4>
16. Демидова А.О., Касьяненко Л.М., Демидов І.М., Мольченко С.М. Використання епоксидованої соняшникової олії для одержання біомастильних матеріалів. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*. 2020. № 6(1360). С. 61–65. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2020.06.09>
17. Demydova A., Piven O., Aksonova O. Degumming of sunflower oil with degumming agents based on flour. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2020. № 2(32). С. 173-183. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4371110>
18. Демидова А.О., Мольченко С.М., Левчук І.В., Носенко Т.Т. Вміст МСРД-ефірів і ефірів гліцидолу в олійно-жирових продуктах. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2021. № 27(1). С. 135–150. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-1-15>
19. Демидова А.О., Носенко Т.Т., Левчук І.В. Вплив окремих стадій рафінування на вміст МСРД-ефірів та ефірів гліцидолу в дезодорованих оліях і методи його зменшення. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2021. № 23(3). С. 122-134. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-3-15>
20. Демидова А.О. Гладкий Ф.Ф., Шеманська Є.І. можливості дезодорування соняшникового лецитину. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2021. № 27(4). С. 199–208. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-4-20>
21. Демидова А.О. Дослідження зв'язку між кінетикою окиснення та погіршенням сенсорних характеристик рослинних олій. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. № 4(112). С. 89-99. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-4\(112\)-9](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-4(112)-9)

22. Демидова А.О., Носенко Т.Т. Дослідження антиоксидантної активності рослинної сировини із ягідних культур. *Наукові праці НУХТ*. 2022. № 28(1). С. 175–186. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-1-17>.
23. Демидова А.О., Шеманська Є.В., Носенко Т.Т. Дослідження ефективності ферментативного екстрагування рослинних антиоксидантів. *Наукові праці НУХТ*. 2023. № 29(4). С. 137-147. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2023-29-4-13>
24. Демидова А.О. Пат. 142238, МПК (2020.01) С11В3/00. Спосіб одержання гідратованої рослинної олії та фосфатидного концентрату зниженої в'язкості; заявник і патентовласник Національний технічний університет «ХПІ». – № заявки u201911230 від 18.11.2019; опубл. 25.05.2020; Бюл. № 10
25. Демидова А.О. Чернобаєв Д.С. Пат. 142239 МПК (2020.01) С07D311/72. Спосіб одержання концентрату токоферолів з соняшникового дезодораційного дистилляту; заявник і патентовласник Національний технічний університет «ХПІ». – № заявки u201911220 від 18.11.2019; опубл. 25.05.2020; Бюл. № 10.
26. Демидова А.О., Демидов І.М., Калішевська Н.В. Вплив різноманітного жирно-кислотного складу олій на період індукції при їх окисненні. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «*Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей*». – К.: НУХТ, 2012. – С. 87.
27. Демидова А.О., Демидов І.М., Сіротенко Д.О. Способи прогнозування строків зберігання харчових продуктів. Матеріали ХХІІІ Міжнародної науково-практичної конференції «*Інформаційні технології: наука, техніка технологія здоров'я освіта MicroCAD 2015p*». – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – С. 238.
28. Демидова А.О., Кіндрашина А.С. Дослідження вибіркового інгібуючого впливу токоферолу. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «*Масложировая отрасль: технологии и рынок*». 2016. Київ.
29. Демидова А.О., Кириченко Д.О. Визначення строку зберігання олій прискореним методом. Матеріали ХХІV Міжнародної науково-практичної конференції «*Інформаційні технології: наука, техніка технологія здоров'я освіта*

*MicroCAD 2016p*».–Харків: НТУ «ХПІ», 2016.– С. 261.

30. Демидова А.О., Шалімов П.І. Розробка методу визначення вмісту карбонільних сполук в жирах та оліях. Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції *«Інформаційні технології: наука, техніка технологія здоров'я освіта MicroCAD 2017p»*.–Харків: НТУ «ХПІ», 2017. Ч. II. С. 296.

31. Демидова А.О., Давидкін Р.О., Демидов І.М. Видалення кисневмісних сполук з рослинних олій на стадії рафінації. Матеріали VII-ї Міжнародної науково-технічної конференції *«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції»*.– К.: НУХТ, 2018. – С. 257-259.

32. Демидова А.О., Безкровна К.В. Розробка способів регенерації фритюрних жирів. Матеріали семінару *«Актуальні аспекти розвитку харчових технологій, торгівлі, готельно-ресторанного та туристичного бізнесу»*. –Х.: Харківський торговельно-економічний інститут Київського Національного Торговельно-економічного університету, 2018. – С. 12.

33. Демидова А.О., Сорочук М.С. Розробка технології низькотемпературної дезодорації рослинних олій. Матеріали VII-ї Міжнародної науково-технічної конференції *«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції»*.– К.: НУХТ, 2018. - С. 252-254.

34. Демидова А.О., Сорочук М.С. Дослідження умов проведення низькотемпературного дезодорування. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції *«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*. – К.: НУХТ, 2019. – С. 409–410.

35. Демидова А.О., Шеманська Є.І., Андросова М.М. Утворення 2,3-МСПД-ефірів і ефірів гліцидолу в рослинних оліях. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції *«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*. – К.: НУХТ, 2019. – С. 410–412.

36. Демидова А.О. Ефективні технології гідратування. Матеріали III Міжнародної конференції *«Сучасні технології соєвої індустрії»*.–Київ: «Експерт Агро», 2019. – С. 20-23.

37. Демидова А.О. Від фосфатидного концентрату до лецитину. Особливості технологій. Матеріали III Міжнародної конференції «Сучасні технології соєвої індустрії». – Київ: «Експерт Агро», 2019. – С. 42–45.

38. Демидова А.О. Черняк А.С., Березка Т.О. Встановлення особливостей зв'язку між продуктами окиснення та органолептичними характеристиками жирів в процесі їх зберігання. Матеріали XXIX Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка технологія здоров'я освіта MicroCAD 2021р». – Харків: НТУ «ХПІ», 2021. Ч. II. – С. 135.

39. Демидова А.О., Мисяк Я.Р. Дослідження попередників утворення МСРД-ефірів і ефірів гліцидолу в олійно-жирових продуктах. Матеріали XXIX Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка технологія здоров'я освіта MicroCAD 2021р». – Харків: НТУ «ХПІ», 2021. Ч. II. – С. 135.

40. Демидова А.О., Шеманська Є.І. Хімічне дезодорування рослинних олій. Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції». – К.: НУХТ, 2022. С. 331-333.

## ABSTRACT

*Demydova A. O.* Scientific and practical foundations of rational technology for purification and protection against oxidative spoilage of vegetable fats. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Technical Sciences on the specialty 05.18.06 "Technologies of fats, essential oils and perfumery and cosmetic products". National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, 2024.

The dissertation work is devoted to solving the problem of obtaining oil and fat products of increased quality and safety under the conditions of using resource-saving technologies. The key technological solutions are low-temperature deodorization, new hydration technologies, processing of sunflower phosphatide concentrates and deodorizing distillates, obtaining and using natural plant-based antioxidants, removing oxidation products from fats, and protecting deodorized fats from the formation of 3-chloro-1,2-propanediol esters and glycidol.

The scientific and technical problem of obtaining vegetable fats with improved quality and safety indicators is to confirm the concept outlined by the producer - the need to reduce high-temperature and other loads on fats in the process of their refining, as well as to pay more attention to the impact of oxidation products on the quality and safety of fats.

The aim of the dissertation is theoretical substantiation and development on a scientific basis of technologies for processing vegetable fats and protecting them from oxidative damage by using antioxidants and removing oxidation products.

The *object* of research are the processes of purification of vegetable fats (degumming, deodorization), spoilage of vegetable fats (oxidation, formation of toxic components) and industrial processing of fats.

The *subject* of research is the processes of degumming, deodorization, oxidation, formation of toxic components of sunflower, soybean, corn, olive, rapeseed, linseed oils, fish oil, processing of sunflower lecithin, deodorizing distillate.

The scientific novelty of the obtained results lies in the fact that, based on theoretical

and experimental research, the author for the first time:

- the proposed and experimentally confirmed scientific concept of the possibility of actively influencing the taste and smell of fats by carrying out reactions of conversion of aldehydes and ketones to acetals and ketals;

- the possibility of complete depersonalization of the smell and taste of sunflower, linseed and fish oils as a result of interaction with ethyl alcohol in the presence of an acid catalyst at a temperature of 90 °C was discovered and verified in practice;

- a proven possibility of completely changing the taste and smell profiles of soybean and mustard oils as a result of interaction with ethyl alcohol and an acid catalyst;

- the effect of reducing the content of oxidation products in fats (by 2-4 times the peroxide number), as well as eliminating the feeling of rancidity as a result of the interaction of fats with ethyl alcohol in the presence of an acid catalyst, was revealed;

- it was established that the use of citric and phosphoric acids at the stage of degumming of sunflower oil, in contrast to water degumming, leads to an increase in the content of 3-MCPD-esters and glycidol esters in deodorized oil;

- proven possibility of deodorizing and reducing the color intensity of sunflower lecithin by treating it with ethyl alcohol;

- the kinetic parameters of sunflower oil oxidation in the presence of sunflower deodorizing distillate and tocopherol concentrates based on it were established. The rate constant of the reaction between the inhibitor (concentrate of tocopherols obtained by the adsorption of tocopherols of sunflower deodistillate on activated carbon) and the peroxide radical was determined by calculation and graphical methods -  $K_7 = 0,94 \cdot 10^6 \text{ l/mol} \cdot \text{s}$ ;

- comparative data on the antioxidant activity of substances obtained by water-alcohol extraction from plants of Ukrainian origin were determined. The obtained antioxidants are ranked according to their effectiveness in inhibiting the oxidation of sunflower oil: lemon balm herb (AOA=2,91) > spirea herb (2,75) > burdock root (2,72) > blackberry bark (2,58) > viburnum bark (2,53) > blackberry leaves (2,37) > blackberry shoots (2,32) > blueberry bark (2,24) > blueberry shoots (2,20) > thyme herb (2,11) > raspberry bark (2,11) > blueberries leaves (2,05) > raspberries leaves (2,01) > viburnum leaves (1,99) > marigolds

flowers (1,99)> oak bark (1,96)> mountain ash (1,88 )> blueberries fruits (1,86)> black currant leaves (1,82)> nettle leaves (1,77)> mountain ash (1,77)> rosemary leaves (1,75)> echinacea flowers (1,69) > parsley (1,67) > arugula (1,65) > viburnum fruit (1,61) > raspberry fruit (1,60) > blackcurrant fruit (1,56) > mint pepper leaves (1,50) > chamomile (1,48)> dill (1,41). The antioxidant activity of butylhydroxyanisole under the same conditions and concentration (0,2 g/kg) is 1,69;

- the determined synergistic effect of inhibition of sunflower oil oxidation between water-ethanol extracts of some plants and tocopherols of sunflower oil, which in % ( $\Delta\tau$ ) was: for oak bark – 32,3; for nettle – 25,8; for peppermint – 3,2; for calendula – 38,7; for blueberry shoots – 48,4. The proven effect of synergism between ascorbic acid and substances extracted from potato peel, onion peel, and tomato peel, which is 38,6; 27,3 and 47,7%, respectively;

- the possibility of quickly determining the shelf life of vegetable fats by establishing the dependence of the rate of self-initiation of fats on temperature at elevated temperatures and extrapolating data to low ones has been proven;

- the presence of a direct correlation between the appearance of a rancid feeling in vegetable fats and the end of the induction period determined by the change in anisidine numbers was determined;

- proven possibility of removing part (50-99%) of hydroperoxides, aldehydes and epoxides from fats as a result of interaction with the following reagents: ammonia or urea in the presence of sulfuric acid; aqueous solutions of sucrose and fructose; ammonium carbonate;

- it was experimentally confirmed that an increase in the content of hydroperoxides and aldehydes in sunflower oil leads to an increase in the content of 3-MCPD-esters as a result of deodorization, that is, it is proven that the products of fat oxidation are precursors of the formation of 3-MCPD-esters. On the contrary, no correlation was found between the number of oxidation products, the acidity of the oil and the number of glycidol esters, which were formed as a result of sunflower oil deodorization.

The practical significance of the obtained results for the oil and fat industry:

- a fundamentally new low-temperature method of fat deodorization was developed, the introduction of which in industry can reduce the cost of refining vegetable fats due to the use of significantly lower temperatures and simplification of equipment requirements. The totality of the obtained data will allow to expand the list of known green refining methods and to apply a less energy-intensive technology of fat deodorization, which at the same time increases the quality and safety of refined deodorized fats;

- the range of degumming agents has been expanded (mixtures of food acids, salts, etc.) have been determined, their use allows to reduce costs per stage and to obtain degumming sunflower oil with a low content of phospholipids and high-quality lecithin;

- a number of thinners capable of reducing the viscosity of sunflower lecithin were proposed, and their effective concentrations were determined. Together with the developed method of sunflower lecithin deodorization, this will allow to eliminate their main technological shortcomings and increase competitiveness in the world market of phospholipid products;

- two simple methods of obtaining tocopherol concentrates from sunflower deodorization distillate have been developed, which will increase the profitability of the oil deodorization stage. A technological scheme of the process was developed;

- an expanded assortment of the raw material base of fat antioxidants due to plants of Ukrainian origin. It was determined that the roots, leaves, bark of some plants, as well as the waste of the agro-industrial complex are sources of powerful antioxidants, which have higher antioxidant activity than the common synthetic antioxidant butylhydroxyanisole. Such results make it possible to use the waste of some agrotechnical productions and increase the profitability of these productions;

- a quick method for determining the shelf life of vegetable fats has been developed, which allows predicting the shelf life in a wide range of temperatures, does not require significant costs of reagents, reduces the time for research, etc., its implementation will allow optimizing such research and costs;

- highly effective methods of reducing the content of oxidation products in fats have been developed, which allow removing 50–99% of oxygen-containing substances from

fats. Their implementation will make it possible to produce oil and fat products with an extended shelf life or to restore the quality of already oxidized fats;

- it was established that oxidation products and acids are precursors to the formation of 3-MCPD-esters. These data will make it possible to increase the safety of oil and fat products, which, as a result, will contribute to the preservation of the nation's health.

The technical novelty of the developments is protected by two patents of Ukraine.

The main results of the work have been implemented at: TOB "KAPPO OIL" (Kirovohrad Region, Kropyvnytskyi), PF "Feu" (Kharkiv), PRJSC "Novodolazhsky Molokozavod" (Nova Vodolaga, Kharkiv Region), LLC " Nika-Company 2015" (Kharkov).

In the *first* chapter of the dissertation, an analysis of the world scientific information field was carried out. The main shortcomings of fat processing technologies and products of the oil and fat industry of Ukraine have been identified. Modern data on the quantitative and qualitative composition of the odorous components of vegetable fats, ideas about which have changed significantly in recent years, are considered. The specifics of the degumming process are analyzed, the conclusions relate to promising technological solutions. The impact of the deodorization stage on quality and safety indicators of vegetable fats is considered. The data obtained to date on the recently discovered components of fats - MCPD and glycidol esters are grouped together, the causes of the formation of these substances and known ways of reducing their concentration in deodorized fats are considered. The causes and consequences of the main problem of the fat industry - the degradation of fats by oxidation - are considered in detail. The use of available natural antioxidants is one of the most effective ways to solve it. The task of finding available raw materials for the production of antioxidants today is to study and compare the antioxidant activity of plants, including those that grow on the territory of Ukraine.

In the *second* chapter, the structure of the organization of theoretical and experimental research on the topic of the dissertation is formed, the characteristics of the research objects, the list of the used standardized methods for establishing physico-chemical

indicators and indicators of the quality of fats are given. Developed methods of laboratory degumming, deodorization, research of taste and smell profiles of fats, separation of tocopherols from deodorizing distillate, stratification of wet gum are presented, a number of methods of establishing the causes of the formation of 3-MCPD and glycidol esters are proposed. The methods of researching the kinetics of fat oxidation and establishing the kinetic parameters of oxidation were used. Methods of extraction and application of antioxidants from plant raw materials, obtaining data on antioxidant activity with the possibility of their comparison and the dimensions of synergistic effects of antioxidants are proposed. Chromatographic, electrophoretic, spectrometric, kinetic, structural-mechanical, sensory methods of analysis, etc. are involved. Statistical analysis was performed using Microsoft Office Excel 2010, 2019 and Mathcad Prime 6.0. Mathematical modeling was performed using the Python programming language and the Sklearn libraries for determining regression equations and Scipy for optimization.

In the *third* chapter, the mechanism of the fat degumming process is considered in view of the diversity of the fractional composition of phospholipids. The task of obtaining degumming sunflower oil with a low final content of phospholipids (less than 0.05% in terms of stereolecithin) was solved by finding a number of highly effective food degumming agents: calcium acetate, ammonium chloride, ammonium sulfate, a mixture of pea flour and citric acid, a mixture sodium chloride and citric acid. A patent was obtained for the method of hydration with calcium acetate.

The *fourth* chapter is devoted to the elimination of the main technological shortcomings of domestic sunflower lecithins - high viscosity and the presence of a specific taste and smell. A number of food thinners have been proposed and studied, the most effective of which completely eliminate the problem of plasticization of sunflower lecithins when small amounts of these substances are introduced. The possibility of deodorizing sunflower lecithins by using a food solvent capable of extracting most of the odorous substances of lecithin - ethyl alcohol - was proven. Another source of bioactive compounds, which today is a waste of the processing of vegetable fats - sunflower deodorizing distillate, was also used to valorize food waste from the processing stage. Two methods of obtaining

tocopherol concentrates on its basis, which meet the requirements for this type of product, have been developed. The proposed technological scheme for obtaining tocopherol concentrate from deodistillate, obtained a patent of Ukraine.

The *fourth* chapter identifies the main disadvantages of domestic sunflower lecithins - high viscosity and the presence of a specific taste and smell. In order to eliminate them, a number of food thinners have been proposed and studied, the most effective of which completely eliminate the problem of plasticization of sunflower lecithins when small amounts of these substances are added. The possibility of deodorizing sunflower lecithin by using a food solvent capable of extracting most of the odorous substances of lecithin - ethyl alcohol - was proven. The effect of deodorization is observed when adding  $\geq 40\%$  ethyl alcohol in relation to the lecithin. Another source of bioactive compounds, which today is a waste of the processing of vegetable fats - sunflower deodorizing distillate, was also used to valorize food waste from the processing stage. Two simple methods of obtaining tocopherol concentrates on its basis, which meet the requirements for this type of product, have been developed. A proposed technological scheme for the separation of tocopherol concentrate from de-distillate, a patent of Ukraine was obtained.

The *fifth* chapter formulates and proves the concept of the possibility of active influence on the taste and smell of vegetable fats through chemical transformations of their main odorous companions - aldehydes and ketones. A rational technology for deodorizing sunflower, linseed oils, and fish oil has been developed. A fundamentally new approach to deodorization does not require the use of high temperatures, therefore it eliminates the main disadvantages of the existing deodorization technology: there is no formation of 3-MCPD-esters and glycidyl ethers, trans isomers of fatty acids, tocopherols to a greater extent remain in the oil, which theoretically will lead to an improvement its stability with respect to oxidative damage. The absence of the need to use hot steam and high temperatures leads to the simplification of equipment and a significant reduction in the cost of the deodorization stage. A new refining sequence with the introduction of low-temperature deodorization technology is proposed, and rational conditions of the new deodorization technology are also established. The developed technology simultaneously makes it

possible to improve the oxidation state of vegetable fats due to chemical transformations of primary and secondary products of fat oxidation.

In the *sixth* chapter, preventive methods of protecting vegetable fats from oxidative deterioration are considered - by adding vegetable antioxidants. Rational conditions for the extraction of antioxidants from plant raw materials have been established. Among the most effective sources of antioxidants available in Ukraine were considered and a systematic extraction of antioxidants was carried out according to the proposed method. A method of introducing hydrophilic antioxidants into hydrophobic systems and maintaining a stable state of the latter has been developed. The expediency of using antioxidants from vegetable raw materials in fat technologies was proven by a comparative analysis of their effect on the kinetics of fat oxidation at different temperatures and conditions relative to oxidation in the presence of permitted concentrations of the standard synthetic antioxidant - butylhydroxyanisole. The technological advantage of using plant antioxidants has been proven, even with the same amounts as synthetic antioxidants. The presence of synergistic effects between tocopherols and plant extracts, as well as between plant extracts and ascorbic acid, has been proven.

In the *seventh* chapter, a quick method for determining the shelf life of vegetable fats is developed. The method makes it possible to predict the shelf life of fats at a wide range of storage temperatures. It has also been proven that using the study of the kinetics of the change of anisidine numbers in the process of low-temperature oxidation (28 °C), it is possible to predict the moment of the appearance of the feeling of rancidity - a direct correlation has been established between the end of the induction period according to the data of anisidine numbers and a sharp change in the organoleptic properties of vegetable fats. In order to improve the oxidation state of already oxidized fats, the concept of the possibility of chemical transformations of fat oxidation products due to the introduction of safe substances is proposed and proven. The work proved that an increase in the content of hydroperoxides, aldehydes, and acid groups leads to an increase in the content of 3-MCPD esters in sunflower oil as a result of its deodorization, i.e. it is proven that the products of fat oxidation are precursors to the formation of 3-MCPD. On the contrary, no correlation

was found between the number of oxidation products, the acidity of the oil and the number of glycidol esters, which were formed as a result of sunflower oil deodorization.

**Key words:** vegetable fat, sunflower oil, deodorization, degumming, sensory characteristics, oxidation, antioxidant, induction period, oxidation products, lecithin, deodorizing distillate.

**List of scientific works of the recipient by the topic of the dissertation:**

1. Demydova A., Gladkyj F., Aksonova O., Molchenko S. A study of the influence of calcium acetate on the process of sunflower oil degumming. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. No. 29(2). R. 301-311. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i2.217685>

2. Demydova A., Levchuk I., Aksonova O., Molchenko S., Demidov I. Comparison of acid degumming methods and their influence on the formation of 3-MCPD-esters and glycidyl esters in sunflower oil deodorization. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2021. No. 4. R. 50-57. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2021-137-4-50-57>

3. A.O. Demydova, F.F. Gladkyi, T.O. Berezka. Suchasni sposoby hidratuvannia roslynnykh olii: analitychnyi ohliad. *Innov Biosyst Bioeng*. 2021. No. 5(2). R. 105–116. <https://doi.org/10.20535/ibb.2021.5.2.227359>

4. Demydova A., Aksonova O., Molchenko S., Hladkyi F. Research on a new approach to low-temperature deodorization and its effect on oxidative deterioration of fish oil. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. No. 29(4). R. 639-649. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i4.238356>

5. Demydova A., Levchuk I., Yevlash V., Aksonova O., Foshchan A. Impact of Oxidation Products and Other Precursors on the Content of 3-MCPD and Glycidol Esters in Deodorized Sunflower Oil. *Food Science and Technology*. 2022. No. 16(1), R. 50-57. <http://dx.doi.org/10.32434/0321-4095-2021-137-4-50-57>

6. Demydova A., Nosenko T., Bahmach V., Shemanska E., Molchenko S. Study on antioxidants extraction from oak bark and their use for oxidation stability of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 2021. No. 10(3). R. 552-563. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-3-9>

7. Demydova A., Aksonova O., Yevlash V., Tkachenko O., Kameneva, N. Antioxidant activity of plant extracts of Ukrainian origin and their effect on the oxidative stability of sunflower oil. *Food Science and Technology*. 2022. No. 16(3). R. 55-64. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2514>
8. Demydova A., Yevlash V., Aksonova O., Priss O. Study of ways to reduce the viscosity of sunflower lecithin. *Food science and technology*. 2023. No. 17(1). R. 4-11. <https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2557>
9. Demydova A., Molchenko S., Berezka T., Piven O., Chumak O., Aksonova O. Obtaining antioxidants from food industry waste and their use in fats. *Food science and technology*. 2023. No. 17(2). R. 32-40. <https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2563>
10. Demidova A.O., Demidov I.M., Piven O.M. Pokaznyky okysnenosti zhyriv. Problemy i rishennya. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "Kharkivskiy politekhnichnyi instytut"*. 2011. No. 21. S.164-169.
11. Demydova A., Aksenova O., Demidov I. Determination of the sunflower oil storage period by the accelerated method. *Visnyk Kharkivskoho derzhavnoho universytetu kharchuvannia ta torhivli*. 2015. No. 1. S. 387–392.
12. Demydova A.O. Vyznachennia stroku zberihannia olii pryskorenym metodom. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*. 2015. No. 44. S. 15–19.
13. Demydova A.O., Shulga E.M., Shemanska E.I. Doslidzhennia kharakterystyk ta okysniuvalnoi stabilnosti ryzhiievoi olii z nastupnym kupazhuvanniam. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*. 2016. No. 19. S. 70 -75.
14. Demydova A.O., Aksenova O.F., Kindrashina A.S., Berezka T.O. Vstanovlennia kharakteru spilnoho antyoksydantnoho vplyvu tokoferoliv ta flavonoidiv na protses okysnennia olii. *Visnyk Kharkivskoho derzhavnoho universytetu kharchuvannia ta torhivli*. 2016. No. 2. S. 387–393.
15. Demydova A., Nosenko T., Shemanska E., Molchenko S. Conditions for the obtaining of tocopherols from deodorizing distillates of sunflower oil. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2019. № 7(2). P. 198–207. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2019-7-2-4>

16. Demydova A.O., Kasyanenko L.M., Demidov I.M., Molchenko S.M. Vykorystannia epoksydovanoyi soniashnykovoï oliï dlia otrymannia biomastylnykh materialiv. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "Kharkivskiy politekhnichnyi instytut"*. 2020. No. 6(1360). S. 61–65. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2020.06.09>
17. Demydova A., Piven O., Aksonova O. Degumming of sunflower oil with degumming agents based on flour. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli*. 2020. No. 2(32). S. 173-183. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4371110>
18. Demydova A.O., Molchenko S.M., Levchuk I.V., Nosenko T.T. Vmist MCPD-efiriv i efiriv hlytsydolu v oliino-zhyrovikh produktakh. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*. 2021. No. 27(1). S. 135–150. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-1-15>
19. Demydova A.O., Nosenko T.T., Levchuk I.V. Vplyv okremykh stadii rafinuvannia na vmist MCSP-efiriv ta efiriv hlytsydolu v dezodorovanykh oliiakh i metody yoho zmenshennia. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*. 2021. No. 23(3). S. 122-134. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-3-15>
20. Demydova A.O., Hladkyi F.F., Shemanska E.I. Mozhlyvosti dezodoruvannia soniashnykovoho letsytynu. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*. 2021. No. 27(4). S. 199–208. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-4-20>
21. Demydova A.O. Doslidzhennia zv'iazku mizh kinetykoiu okysnennia ta pohirshenniam sensorykh kharakterystyk roslynnykh olii. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*. 2021. No. 4(112). S. 89-99. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-4\(112\)-9](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-4(112)-9)
22. Demydova A.O., Nosenko T.T. Doslidzhennia antyoksydantnoi aktyvnosti roslynnoi syrovyny iz yahidnykh kultur. *Naukovi pratsi NUKHT*. 2022. No. 28(1). S. 175–186. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-1-17>.

23. Demydova A.O., Shemanska E.V., Nosenko T.T. Doslidzhennia efektyvnosti fermentatyvnoho ekstrahuvannia roslynnykh antyoksydantiv. *Naukovi pratsi NUKHT*. 2023. No. 29(4). S. 137-147. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2023-29-4-13>

24. Demydova A.O. Pat. 142238, IPC (2020.01) C11B3/00. Sposib otrymannia hidratovanoi roslynnoi oliyi ta fosfatydnoho kontsentratu znyzhenoi v'iazkosti; zaiavnyk i patentovlasnyk Natsionalnyi tekhnichnyi universytet "KhPI". – No. zaiavky u201911230 vid 18.11.2019; opubl. 25.05.2020; Biul. No. 10

25. Demydova A.O., Chernobaiev D.S. Pat. 142239 IPC (2020.01) C07D311/72. Sposib otrymannia kontsentratu tokoferoliv z soniashnykovoho dezodoratsiinoho distiliatu; zaiavnyk i patentovlasnyk Natsionalnyi tekhnichnyi universytet "KhPI". – No. zaiavky u201911220 vid 18.11.2019; opubl. 25.05.2020; Biul. No. 10.

26. Demidova A.O., Demidov I.M., Kalishevskaya N.V. Vplyv riznomanitnoho zhyrnokyslotnoho skladu olii na period induktsii pry yikh okysnenni. Materialy mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "*Tekhnichni nauky: stan, dosiahnennia i perspektyvy rozvytku m'iasnoi, oliiezhirovoi ta molochnoi haluzei*". – K.: NUKhT, 2012. – S. 87.

27. Demidova A.O., Demidov I.M., Sirotenko D.O. Sposoby prohozuvannia strokiv zberihannia kharchovykh produktiv. Materialy XXIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "*Informatsiini tekhnologii: nauka, tekhnika tekhnologiiia zdorov'ia osvita MicroCAD 2015r*". – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – S. 238.

28. Demydova A.O., Kindrasyna A.S. Doslidzhennia vybirkovoho inhibuiuchoho vplyvu tokoferolu. Materialy IKh Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "*Maslozhirivaya otrasl: tekhnologii i rynek*". 2016. Kyiv.

29. Demydova A.O., Kyrychenko D.O. Vyznachennia stroku zberihannia olii pryskorenym metodom. Materialy XXIV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "*Informatsiini tekhnologii: nauka, tekhnika tekhnologiiia zdorov'ia osvita MicroCAD 2016r*". – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016. – S. 261.

30. Demydova A.O., Shalimov P.I. Rozrobka metodu vyznachennia vmistu karbonilnykh spoluk v zhyrakh ta oliiakh. Materialy XXV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "*Informatsiini tekhnologii: nauka, tekhnika tekhnologiiia*

*zdorov'ia osvita MicroCAD 2017r*".–Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. Ch. II. S. 296.

31. Demidova A.O., Davydkin R.O., Demidov I.M. Vydalennia kysnevnisnykh spoluk z roslynykh oliy na stadiyi rafinatsii. Materialy VII-yi Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «*Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohii ta promyslovoi biotekhnolohii v konteksti Yevrointehratsii*».– K.: NUKht, 2018. – S. 257-259.

32. Demydova A.O., Bezkrivna K.V. Rozrobka sposobiv reheneratsii frytirnykh zhyriv. Materialy seminaru «*Aktualni aspekty rozvytku kharchovykh tekhnolohii, torhivli, hotelno-restorannoho ta turystychnoho biznesu*». –Kh.: Kharkivskiy torhovelno-ekonomichnyi instytut Kyivskoho Natsionalnogo Torhovelno-ekonomichnogo universytetu, 2018. – S. 12.

33. Demydova A.O., Sorochuk M.S. Development of technology of low-temperature deodorization of vegetable oils. Materials of the 7th International Scientific and Technical Conference "*Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration*". - K.: NUHT, 2018. - P. 252-254.

34. Demydova A.O., Sorochuk M.S. Doslidzhennia umov provedennia nyzkotemperaturnoho dezodoruvannia. Materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «*Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohii ta promyslovoi biotekhnolohii v konteksti yevrointehratsii*». – K.: NUKht, 2019. – S. 409–410.

35. Demydova A.O., Shemanska E.I., Androsova M.M. Utvorennia 2,3-MCPD-efiriv i efiriv hlytsydolu v roslynykh oliiakh. Materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «*Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohii ta promyslovoi biotekhnolohii v konteksti yevrointehratsii*». – K.: NUKht, 2019. – S. 410–412.

36. Demydova A.O. Efektyvni tekhnolohii hidratuvannia. Materialy III Mizhnarodnoi konferentsii «*Suchasni tekhnolohii soievoi industrii*».–Kyiv: "Ekspert Agro", 2019. – S. 20-23.

37. Demydova A.O. Vid fosfatydnoho kontsentratu do letsytynu. Osoblyvosti tekhnolohii. Materialy III Mizhnarodnoi konferentsii «*Suchasni tekhnolohii soievoi industrii*».–Kyiv: "Ekspert Agro", 2019. – S. 42–45.

38. Demydova A.O. Chernyak A.S., Berezka T.O. Vstanovlennia osoblyvostei

zviazku mizh produktamy okysnennia ta orhanoleptychnymy kharakterystykamy zhyriv v protsesi yikh zberihannia. Materialy XXIX Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «*Informatsiini tekhnologii: nauka, tekhnika tekhnologiiia zdorov'ia osvita MicroCAD 2021r*».–Kharkiv: NTU «KhPI», 2021. Ch. II. – S. 135.

39. Demydova A.O., Mysiak Y.R. Doslidzhennia poperednykiv utvorennia MCPD-efiriv i efiriv hlytsidolu v olliino-zhyrovyykh produktakh. Materialy XXIX Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «*Informatsiini tekhnologii: nauka, tekhnika tekhnologiiia zdorov'ia osvita MicroCAD 2021r*».–Kharkiv: NTU «KhPI», 2021. Ch. II. – S. 135.

40. Demydova A.O., Shemanska E.I. Khimichne dezodoruvannia roslynnykh olii. Materialy KKhI Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «*Naukovi problemy kharchovykh tekhnologii ta promyslovoi biotekhnologii v konteksti yevrointehratsii*». – K.: NUKht, 2022. – S. 331-333.

## ЗМІСТ

	стор
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ, А ТАКОЖ ПСУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ВІД ПСУВАННЯ РОСЛИННИХ ЖИРІВ.....	17
1.1. Очищення жирів.....	17
1.2. Гідратування рослинних жирів.....	17
1.2.1. Механізм гідратування. Вміст фосфоліпідів в оліях.....	19
1.2.2. Способи гідратування.....	22
1.2.3. Зв'язок між умовами гідратування і отриманням якісного лецитину .....	30
1.3. Дезодорування.....	30
1.3.1. Якість та безпека дезодорованих жирів.....	32
1.3.1.1. Проблема зменшення кількості біологічно активних компонентів рослинних жирів під час дезодорування.....	36
1.3.1.2. Проблема утворення транс-жирів та продуктів глибокого окиснення під час дезодорування рослинних жирів.....	38
1.3.1.3. Проблема утворення ефірів 3-монохлорпропан-1,2-діолу (3-MCPDE) та гліціолу (GE) під час дезодорування жирів.....	39
1.3.1.4. Вміст MCPDE та GE в різних жирах .....	40
1.3.1.5. Технології зменшення вмісту MCPDE та GE в дезодорованих жирах.....	48
1.3.2. Склад летких компонентів жирів, формування індивідуального запаху.....	52
1.3.2.1. Леткі соняшникової олії.....	53
1.3.2.2. Леткі риб'ячого жиру.....	56
1.3.3. Гіпотеза можливості низькотемпературного дезодорування жирів.....	60
1.4. Побічні продукти переробляння рослинних жирів.....	62
1.4.1. Одержання лецитину.....	62
1.4.2. Одержання токоферолів з дезодораційного дистиляту.....	67
1.5. Псування рослинних жирів.....	70
1.5.1. Причини та наслідки процесу окиснення рослинних жирів.....	70
1.5.2. Типи окиснення харчових жирів.....	71
1.5.3. Наслідки процесу окиснення жирів для організму людини.....	72
1.5.4. Антиоксиданти як основний прийом захисту жирів від окиснювального псування.....	73
1.5.4.1. Синтетичні антиоксиданти.....	74
1.5.4.2. Природні антиоксиданти.....	75
1.5.5. Методи вилучення антиоксидантів з рослинної сировини.....	76
1.5.6. Визначення строків зберігання рослинних жирів.....	78
Висновки до розділу 1.....	79
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	82

2.1. Загальна методика досліджень.....	82
2.2. Характеристика об'єктів та матеріалів досліджень.....	82
2.2.1. Характеристика об'єктів та матеріалів досліджень.....	84
2.2.2. Рослинна сировина.....	85
2.2.3. Інша жирова сировина.....	85
2.2.4. Додаткові речовини, які використовувались в дослідженнях.....	86
2.3. Стандартні методики, що використовувались в дисертаційній роботі.....	88
2.4. Методики гідратування.....	90
2.4.1 Кислотне гідратування та гідратування з використанням солей..	90
2.4.2. Методика «вичерпного» водного гідратування.....	91
2.4.3. Методика гідратування з борошном.....	91
2.4.4. Одержання фосфатидного концентрату в результаті гідратування.....	92
2.5. Методики дослідження утворення 3-MCPDE, GE.....	92
2.5.1. Методика лабораторного дезодорування гідратованої олії.....	92
2.5.2. Встановлення впливу кислотності олії на утворення 3-MCPD-E, GE..	93
2.5.3. Окиснення олії з метою дослідження впливу продуктів окиснення на утворення 3-MCPDE, GE.....	93
2.6. Методики, пов'язані з фосфатидним концентратом і гідрофузом....	93
2.6.1. Методики визначення в'язкості лецитинів.....	93
2.6.2. Методика дезодорування соняшникового лецитину.....	94
2.6.3. Органолептична оцінка лецитинів.....	95
2.6.4. Дослідження групового складу фосфоліпідів методом тонкошарової хроматографії.....	95
2.6.5. Методики розшарування фосфоліпідної емульсії.....	96
2.6.5.1. Розшарування фосфоліпідної емульсії під впливом хлориду натрію.....	96
2.6.5.2. Розшарування фосфоліпідної емульсії під впливом етилового спирту.....	96
2.7. Методики дослідження та обробки дезодораційних дистилатів.....	96
2.7.1. Методика розділу неомильних та омильних речовин ДД.....	96
2.7.2. Методика вилучення токоферолів зі застосуванням активованого вугілля.....	97
2.7.3. Визначення карбонільного числа ДД та концентрату токоферолів.....	97
2.8. Методики проведення лабораторного низькотемпературного дезодорування та визначення профілів смаку і запаху жирів.....	98
2.8.1. Низькотемпературне лабораторне дезодорування соняшникової олії.	98
2.8.2. Проведення циклу лабораторного рафінування соняшникової олії з впровадженням низькотемпературного дезодорування.....	99
2.8.3. Аналіз профілю смаку та запаху соняшникової олії та риб'ячих жирів .....	101
2.8.4. Проведення низькотемпературного дезодорування риб'ячих	

жирів.....	102
2.8.5. Лабораторне окиснення риб'ячого жиру.....	103
2.9. Методики зменшення вмісту продуктів окиснення в рослинних жирах	103
2.9.1. Методика зниження вмісту продуктів окиснення в олії при додаванні борошна.....	103
2.9.2. Методика зниження вмісту продуктів окиснення в олії при додаванні похідних амонію.....	103
2.9.3. Методика зниження вмісту продуктів окиснення в олії при додаванні цукрів.....	104
2.9.4. Методики зниження вмісту продуктів окиснення в олії при додаванні сечовини.....	105
2.10. Методики екстрагування антиоксидантів з рослинної сировини.....	106
2.10.1. Методика одержання АО з рослинної сировини шляхом екстракції АО водно-спиртовою сумішшю .....	106
2.10.2. Методика вилучення АО з відходів овочевих виробництв водно-спиртовими розчинами.....	106
2.10.3. Вилучення АО в умовах НВЧ-опромінення.....	108
2.10.4. Методика підготовки рослинної сировини до екстрагування.....	108
2.10.5. Методика ферментативного екстрагування.....	108
2.11. Методики дослідження окисного стану жирів та ефективності введених антиоксидантів.....	109
2.11.1. Методика дослідження кінетики окиснення жирів волюметричним методом.....	109
2.11.2. Методика визначення антиоксидантної активності АО.....	111
2.11.3. Визначення концентрації АО в жирі.....	113
2.11.4. Визначення константи швидкості обриву ланцюгів окиснення.....	113
2.11.5. Методика окиснення жирів при температурі 90 °С та доступі кисню .....	114
2.11.6. Методика визначення кінетики окиснення жирів за зміною вмісту гідропероксидів у нативних умовах.....	115
2.11.7. Встановлення характеру спільного впливу двох інгібіторів окиснення.....	115
2.11.8. Визначення появи відчуття згіркнення в процесі окиснення рослинних жирів.....	115
2.11.9. Видалення токоферолів з олії.....	116
2.11.10. Методика дослідження окисного стану жирів в результаті смаження у фритюрі.....	117
2.11.11. Одержання залежності між швидкістю ініціювання та швидкістю окиснення рослинних жирів при різних температурах дослідження.....	118
2.12. Статистична обробка результатів.....	120
Висновки за розділом 2.....	120

РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРАТУВАННЯ РОСЛИННИХ ЖИРІВ.....	122
3.1 Дослідження кислотного гідратування.....	122
3.2. Дослідження можливого виведення НГФ в процесі водного гідратування.....	125
3.3 Дослідження гідратування з використанням високомолекулярних харчових сполук.....	128
3.4. Дослідження ефективності гідратування при застосуванні солей.....	133
3.4.1 Гідратування з ацетатом кальцію.....	133
3.4.2. Підвищення ефективності гідратування шляхом застосування хлориду натрію.....	140
3.4.3. Гідратування з сульфатом та хлоридом амонію.....	141
3.5. Вплив способу гідратування на утворення 3-МСПД-ефірів та ефірів гліцидолу.....	143
Висновки за розділом 3.....	145
РОЗДІЛ 4. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОДЕРЖАННЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ ОЧИЩЕННЯ ЖИРІВ.....	148
4.1 Одержання фосфатидних концентратів, які відповідають світовим вимогам до лецитинів.....	148
4.1.1. Зниження в'язкості фосфатидних концентратів.....	148
4.1.2 Дезодорування соняшникових фосфатидних концентратів.....	154
4.1.3. Дослідження способів розшарування фосфоліпідної емульсії.....	157
4.1.3.1. Розшарування при застосуванні солей.....	159
4.1.3.2 Розшарування фосфоліпідної емульсії з одночасним дезодоруванням при застосуванні етилового спирту.....	160
4.2. Переробляння дезодораційного дистилляту з метою одержання токоферолів та жирних кислот.....	162
4.2.1. Омилення деодистилляту та дослідження антиоксидантних властивостей неомилювального залишку.....	163
4.2.2. Дослідження адсорбції токоферолів деодистилляту на активованому вугіллі.....	166
4.2.2.1 Дослідження впливу одержаного концентрату токоферолів на процес окиснення жирів .....	167
4.2.2.2. Раціональний спосіб вилучення концентрату токоферолів.....	170
Висновки за розділом 4.....	172
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ДЕЗОДОРУВАННЯ ЖИРІВ.....	175
5.1. Дослідження гіпотези можливості НТД соняшnikової олії .....	175
5.2. Дослідження НТД соняшnikової олії.....	180
5.3. Дослідження низькотемпературного способу зменшення інтенсивності смаку та запаху соєвої, лляної, гірчичної олій.....	183
5.3.1. Дослідження особливості реакції між альдегідами та етанолом...	185
5.3.2. Дослідження зміни сенсорних характеристик рослинних жирів під	

впливом НТД .....	188
5.4. Дослідження впливу низькотемпературного дезодорування на вміст продуктів окиснення та інші показники олій.....	191
5.5. Обговорення результатів НТД та його застосування в рафінуванні .....	195
5.6. Низькотемпературне дезодорування риб'ячого жиру .....	199
Висновки за Розділом 5.....	207
<b>РОЗДІЛ 6. ЗАХИСТ ЖИРІВ ВІД ОКИСНОГО ПСУВАННЯ ШЛЯХОМ ВВЕДЕННЯ АНТИОКСИДАНТІВ З РОСЛИН.....</b>	<b>210</b>
6.1. Дослідження доцільності застосування водно-спиртових сумішей для екстрагування АО та встановлення оптимальних умов цього процесу....	210
6.2. Запропонована методика порівняння одержаних АО за їх ефективністю.....	219
6.3. Пошук ефективних АО з рослинної сировини та дослідження їх впливу на кінетику окиснення жирів.....	220
6.4. Дослідження методів підвищення ефективності вилучення рослинних АО.....	226
6.4.1. Дослідження впливу мікрохвильового опромінення на процес екстрагування АО.....	226
6.4.2. Дослідження впливу на процес екстрагування АО рН екстрагенту.....	227
6.4.3. Дослідження ефективності ферментного екстрагування АО.....	229
6.5. Пошук синергетичних ефектів між АО різних типів.....	233
6.5.1. Дослідження сумарного ефекту інгібування процесу окиснення жирів поліфенолами та токоферолами.....	233
6.5.2. Дослідження сумарних ефектів аскорбінової кислоти та АО деяких рослин щодо інгібування окиснення рослинного жиру .....	236
6.6. Дослідження методу введення гідрофільних АО до жирів.....	239
6.7. Дослідження доцільності та ефективності використання одержаних рослинних АО в технологіях жирів.....	241
6.7.1. Дослідження кінетики окиснення соняшникової олії (за зміною ПЧ) в присутності одержаних АО .....	242
6.7.2. Порівняльне дослідження ефективності одержаних АО щодо гальмування окисних і гідролітичних процесів під час фритюрного смаження.....	243
6.7.3. Дослідження впливу АО, одержаних з відходів рослинництва на якісні показники соняшникової олії.....	245
6.7.4. Розроблення концепції доцільності застосування рослинних АО в технологіях жирів.....	246
Висновки за Розділом 6.....	247
<b>РОЗДІЛ 7. ДОСЛІДЖЕННЯ ОКИСНОГО ПСУВАННЯ РОСЛИННИХ ЖИРІВ.....</b>	<b>251</b>
7.1. Розроблення швидкого методу визначення строків зберігання рослинних жирів.....	251
7.2. Пошук та дослідження способів зменшення вмісту в рослинних	

жирах продуктів окиснення.....	263
7.2.1. Адсорбційне очищення окисненої олії з використанням рослинних адсорбентів.....	263
7.2.2. Зменшення кількостей кисневмісних сполук в жирах в результаті реакції утворення ацеталей та кетаналей.....	264
7.2.3. Вплив похідних амонію на кисневмісні сполуки жирів.....	266
7.2.4. Вплив цукрів на кисневмісні сполуки жирів.....	268
7.2.5. Вплив гліцерину на кисневмісні сполуки жирів.....	269
7.2.6. Вплив амінів на кисневмісні сполуки жирів.....	270
7.2.7. Вплив сульфідів на кисневмісні сполуки жирів.....	272
7.3. Дослідження впливу продуктів окиснення на відчуття згіркнення рослинних жирів.....	274
7.4. Встановлення впливу продуктів окиснення на вміст 3-MCPD-ефірів, ефірів гліцидолу в дезодорованій соняшниковій олії .....	280
Висновки до розділу 7 .....	283
ВИСНОВКИ.....	286
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	289
ДОДАТКИ .....	322
Додаток А Акт виробничого випробування технології.....	322
Додаток Б Акт виробничого випробування технології.....	323
Додаток В Акт виробничого випробування технології.....	325
Додаток Г Акт виробничого випробування технології.....	326
Додаток І Список опублікованих за темою дисертації праць.....	327

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВНА – бутілгідроксіанізол (Е 320);

GE – ефіри гліцидолу;

3-MCPDE – ефіри 3-монохлорпропан-1,2-діолу;

2-MCPDE – ефіри 2-монохлорпропан-1,2-діолу;

VOCs – леткі речовини жирів;

АІБН – 2,2-азо-біс-ізо-бутіронітрил;

АО – антиоксидант;

АОА – антиоксидантна активність;

АФК – активні форми кисню;

АЧ – анізидинове число;

ДД – дезодораційний дистилат;

КЧ – кислотне число;

НГФ – фосфоліпіди, що не гідратуються;

НТД – низькотемпературне дезодорування;

ПАУ – поліциклічні ароматичні вуглеводні;

ПЧ – пероксидне число;

ПХБ – поліхлоровані біфеніли.