

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня «Магістр»
на тему:

**Технологія виготовлення суміші для фритюрної
жарки продуктів на основі рижієвої олії**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МГХТ-1-23
освітньо-професійної програми «Харчові
технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Олександр АРТЮХ

Керівник: _____ Вікторія КАЛИНА

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«12» листопада 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Артюху Олександрю Юрійовичу

1. Тема роботи: «Технологія виготовлення суміші для фритюрної жарки продуктів на основі рижієвої олії».

Керівник роботи: Калина Вікторія Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «12» листопада 2024 року № 3785.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 13 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи 1 Літературні джерела та періодичні видання. 2 Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань виробництва сумішей для фритюрної жарки харчових продуктів. 3 Нормативно-технологічна документація. 4 Патенти та авторські свідоцтва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Об'єкти та методи дослідження. 3 Дослідна частина. 4 Практичне впровадження результатів досліджень. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Аналіз стану питання. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Дослідна частина.
4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцентка КАЛИНА Вікторія	12.11.2024	13.12.2024
5	доцентка КАЛИНА Вікторія	12.11.2024	13.12.2024
6	доцентка КАЛИНА Вікторія	12.11.2024	13.12.2024

7. Дата видачі завдання 12 листопада 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	12.11-13.11.24	виконано
2	Аналітичний огляд літератури	14.11-18.11.24	виконано
3	Об'єкти та методи дослідження	19.11-20.11.24	виконано
4	Дослідна частина	20.11-29.11.24	виконано
5	Практичне впровадження результатів досліджень	02.12-03.12.24	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	04.12-05.12.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	06.12-09.12.24	виконано
8	Загальні висновки та список джерел посилання	10.12-11.12.24	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	12.12.2024	виконано

Здобувач вищої освіти

_____ Олександр АРТЮХ
(підпис)

Керівник роботи

_____ Вікторія КАЛИНА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить: 61 сторінку друкованого тексту, 8 рисунків та ілюстрацій, 18 таблиць та використано 55 літературних джерела посилань.

Метою роботи є вивчення технологічних властивостей рижієвої олії та розробка на її основі суміші для фритюрного смаження продуктів.

Об'єкт дослідження – процес фритюрного смаження картоплі у суміші жирів на основі рижієвої олії.

Предмет дослідження – закономірності зміни основних фізико-хімічних показників суміші жирів на основі рижієвої олії при фритюрному смаженні продуктів.

Рослинні олії важливі в харчуванні людини як постачальники фізіологічно активних, незамінних поліненасичених жирних кислот, фосфатидів, вітамінів. Вони на відміну від тваринних продуктів не містять холестерину.

З урахуванням рекомендацій дієтологів про споживання меншої кількості насичених жирних кислот у всьому світі зріс обсяг виробництва та торгівлі рослинними оліями, особливо з переважним вмістом мононенасичених жирних кислот, таких як олія каноли, оливкова та соняшникова олії.

У США встановлено, що хрестоцвітні культури каноли і ріпаку стають основними джерелами рослинних олій у світі. Ріпак представляє інтерес як олійна культура особливо в тих регіонах, де за природно-кліматичними умовами не обробляються інші олійні культури. Так, з урахуванням змін клімату в Англії, розширюються посіви для вирощування ріпаку. У скандинавських країнах споживання ріпакової олії досягає 60 % від загального споживання рослинних олій. Виявлено, що ріпакова олія безерукових сортів має високий коефіцієнт засвоюваності на людину – 95-98 %.

Ключові слова: РИЖИК, РІПАК, ОЛІЯ, КАРТОПЛЯ ФРІ, СМАЖЕННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ЖИР, ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ЕКСПЕРИМЕНТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Загальна характеристика олій, отриманих з насіння рослин родини хрестоцвітих та їх використання в народному господарстві	9
1.2 Зміна рослинних олій у процесі термічного впливу	13
1.3 Зміна харчової цінності жирів у процесі зберігання та термічної обробки	23
1.4 Основна мета та завдання дослідження	27
2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	28
2.1 Характеристика об'єктів дослідження	28
2.2 Методи дослідження олій	28
2.3 Експериментальна установка для здійснення контрольного нагрівання олії та фритюрного смаження виробів	29
Висновки за розділом	30
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	31
3.1 Зміна властивостей досліджуваної олії при контрольному нагріві	31
3.2 Вплив обсмаженого продукту на якість рижієвої олії	34
3.3 Розробка жирової композиції на основі рижієвої олії	37
3.4 Дослідження змін показників якості суміші жирів при фритюрному смаженні продуктів	40
Висновки за розділом	43
4 ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
Висновки за розділом	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	46
5.1 Розробка карти безпеки праці	46
5.2 Утилізація відходів олійного виробництва	47
Висновки за розділом	48
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	49

6.1 Організація проведення дослідження	49
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	50
6.3 Розрахунок вартості дослідження	53
Висновки за розділом	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
БІБЛІОГРАФІЯ	56

ВСТУП

Рослинні олії важливі в харчуванні людини як постачальники фізіологічно активних, незамінних поліненасичених жирних кислот, фосфатидів, вітамінів. Вони на відміну від тваринних продуктів не містять холестерину.

З урахуванням рекомендацій дієтологів про споживання меншої кількості насичених жирних кислот у всьому світі зріс обсяг виробництва та торгівлі рослинними оліями, особливо з переважним вмістом мононенасичених жирних кислот, таких як олія канולי, оливкова та соняшникова олії.

У США встановлено, що хрестоцвітні культури канолу і ріпаку стають основними джерелами рослинних олій у світі. Ріпак представляє інтерес як олійна культура особливо в тих регіонах, де за природно-кліматичними умовами не обробляються інші олійні культури. Так, з урахуванням змін клімату в Англії, розширюються посіви для вирощування ріпаку. У скандинавських країнах споживання ріпакової олії досягає 60 % від загального споживання рослинних олій. Виявлено, що ріпакова олія безерукових сортів має високий коефіцієнт засвоюваності на людину – 95-98 %.

У нашій країні потреба в олійній сировині не задовольняється. Протягом останніх десяти років споживання рослинних олій душу населення залишається невисоким, так 2020 року воно становило 81 % від рекомендованої норми. Обстановка вимагає майже повсюдної організації вирощування олійних культур.

В останні роки для розширення асортименту олійножирової продукції відновлено вирощування рослин рижика та гірчиці.

Рижик, як і ріпак, перспективний для обробітку в районах ризикованого землеробства, так як не вимогливий до умов проростання, мало ушкоджується шкідниками і незначно уражається хворобами, незалежно від метеорологічних умов дає гарантований урожай.

Свіжа рижієва олія була особливо популярною в нашій країні ще в 70 роки. В даний час вона виробляється в невеликих кількостях на дрібних підприємствах місцевої промисловості і використовується для харчових цілей.

Рижієва олія за своїми органолептичними якостями не поступається

ріпаковій, а за фізико-хімічними показниками подібно до інших рослинних олій. Тільки у 1991 року було розроблено технічні умови на харчову рижієву олію.

У зв'язку з цим, вивчення технологічних властивостей рижієвої олії, складання рекомендацій щодо її використання робить тему актуальною і має народногосподарське значення.

Метою роботи є вивчення технологічних властивостей рижієвої олії та розробка на її основі суміші для фритюрного смаження продуктів.

Для здійснення поставленої мети робота проводилася у таких напрямках:

- дослідження впливу тривалості нагріву на якість олії;
- визначення впливу картоплі, що обсмажується, на якість олії;
- дослідження зміни основних фізико-хімічних показників суміші жирів

на основі рижієвої олії при фритюрному смаженні продуктів;

- розрахунок вартості проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – процес фритюрного смаження картоплі у суміші жирів на основі рижієвої олії.

Предмет дослідження – закономірності зміни основних фізико-хімічних показників суміші жирів на основі рижієвої олії при фритюрному смаженні продуктів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна характеристика олій, отриманих з насіння рослин родини хрестоцвітих та їх використання в народному господарстві

До представників олійних культур родини хрестоцвітих відносять гірчицю, гірчицю білу, чорну, ріпак, суріпицю та рижик.

На території східної Європи вирощують сарептську і білу гірчицю, ярий і озимий види ріпаку, рижик. Але тільки районовані сорти ярого рижика та ріпаку, сарептської гірчиці знайшли поширення у районах ризикованого землеробства.

Приналежність всіх цих рослин до одного сімейства визначає спільність ботанічних особливостей та хімічного складу насіння. Хімічний склад насіння представлений таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад насіння олійних культур родини хрестоцвітих (% у перерахунку на суху речовину)

Хімічний склад	Гірчиця сарептська	Гірчиця біла	Ріпак	Суріпиця	Рижик
Ліпіди	41,9	32,0	42,3-44,8	30,1-48,5	25,6-46,0
Протеїн	20,5	29,7	23,2-24,9	31,5	27,4-27,9
Целюлоза	8,2	11,1	8,8-9,3	9,6	7,9
Зола	5,5	4,8	3,7-5,3		3,5-7,9

Хімічний склад насіння не постійний залежить від виду, сорту рослини, природно-кліматичних умов регіону обробітку.

Насіння рослин сімейства хрестоцвітих не відрізняється високим вмістом жиру в порівнянні з іншими олійними культурами і відносяться до середньоолійних.

Характерною відмінністю родини хрестоцвітих є вміст у насінні органічних сполук сірки, тіоглікозидів і сірковмісних амінокислот. При ферментативному гідролізі тіоглікозиди розкладаються з утворенням речовин, володіючих несприятливим фізіологічним впливом на живий організм.

Ці сполуки локалізовані в гідрофільній частині насіння і кількість їх досягає в гірчиці 5-15 %, у ріпаку 5-8 % у перерахунку на суху знежирену речовину. До низько глікозидних відносять насіння, що одержують не більше 3 % тіоглікозидів.

Компонентний склад тіоглікозидів насіння залежить від кліматичних умов проростання рослин, складу ґрунту та виду добрива. Основні тіоглікозиди ріпаку глюконапін і прогоїтрин знайдені в насінні практично всіх сортів. У насінні сарептської гірчиці та рижика виявлено синігрін, білої гірчиці – синальбін.

Вміст тіоглікозидів, особливо в нерафінованих оліях, коливається в широких межах і визначається сортовими особливостями насіння, режимами олії. Сполуки сірки знижують поживну цінність і надають оліям хрестоцвітих культур ряд небажаних властивостей: гіркий присмак, специфічний запах, водночас зменшують стабільність олій при зберіганні.

Для жирнокислотного залишку тригліцеридів олійних рослин родини хрестоцвітих характерно вміст ерукової кислоти, яка досі була специфічною ознакою всієї ботанічної родини.

Кількість ерукової кислоти в оліях залежить від сортових особливостей. У науковій літературі повідомляється про несприятливий вплив на організм людини та тваринних олій із значним змістом цієї кислоти. Однак у Китаї та Індії олії хрестоцвітих широко використовуються в їжі і даних про шкідливий вплив ріпаку та суріпиці на організм людини не зустрічалось.

Ерукова кислота добре засвоюється організмом людини. Але помічено, що вміст у раціоні до 38 % загальної калорійності ріпакової олії через три тижні призводить до зниження тромбоцитів у крові. При зниженні у складі тригліцеридів ерукової кислоти патологічні зміни в ряді органів виявляються значно меншою мірою, тому вміст цієї кислоти в харчових оліях не повинен перевищувати 5 % від загальної суми жирних кислот.

Ріпакова олія, отримана з насіння старих традиційних сортів містить до 50 % ерукової, 12-15 % олеїнової, 15 % лінолевої, 10-13 % ліноленової кислот. Високий вміст олії гліцеридів ерукової кислоти та сполук сірки значно обмежує можливість його використання для харчових цілей.

У зв'язку з тим, що потреба в рослинних жирах досить велика для поповнення сировинних ресурсів селекціонерами, в першу чергу Канади, Франції зроблена успішна робота зі створення практично нового виду ріпаку зі зниженим вмістом ерукової кислоти в тригліцеридах та тіоглікозидів при одночасному збільшенні маси насіння та врожайності.

Олія сучасних сортів ріпаку та суріпиці за жирнокислотним складом близька до оливкової, а за смаком і харчовими перевагами до соняшnikової, соєвої та оливкової.

Про високий рівень ненасичених жирних кислот у оліях хрестоцвітих свідчить величина йодного числа. Основні фізико-хімічні показники жирів олійних рослин наведені в таблиці 1.2. Найбільше значення йодного числа спостерігається в рижівій олії. Причому йодне число олії зростає при просуванні рослини з півдня на північ.

Олія хрестоцвітих характеризуються високим рівнем жирних кислот, таких як олеїнова, лінолева, ліноленова, ейкозенова та ерукова. Жирнокислотний склад рослинних мас представлений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Фізико-хімічні показники жирів олійних культур

Вид рослини	Щільність при 15 °С, кг/м ³	Показник переломлення при 20 °С	Температура застигання в °С, нижче «0»	Динамічна в'язкість, МПа	Число омилення, мг·КОН/г	Йодне число, г J ₂ /100 г
Соняшник	920-927	1,474-1,478	16-19	57,5-59,1	186-196	119-136
Гірчиця сарептська	913-923	1,470-1,474	8-16	89,7	170-184	92-123
Рапс яровий	911-918	1,472-1,476	0-10	92,8	171-180	95-106
Суріпиця ярова	911-931	1,471-1,472	0	92,8	168-181	79-115
Рижик	919-933	1,475-1,478	11-19		181-188	132-153

Таблиця 1.3 – Жирнокислотний склад олійних культур родини хрестоцвітих

Вид рослини	Склад жирних кислот, % від їх суми										
	Насичених	Ненасичених	Пальмітинова	Стеаринова	Арахідонова	Бегенова	Олейнова	Лінолева	Ліноленова	Гікозенова	Ерукова
Гірчиця сарентська	4-5	95-96	2,7-2,9	1,0-1,7	0,5-2,2	0,9-1,0	17,2-31,4	19,6-30,4	10,7-16,5	6,9-14,7	26,0-28,3
Рапс яровий	2-6	94-98	2,9-4,1	1,0-2,1	0,1-4,0	0,2-2,5	25,5-39,8	14,0-22,7	1,0-12,0	8,0-15,0	13,2-27,3
Канола	10-13	87-90	4,0-5,0	5,0-6,0	1,0-1,5	0,2-0,5	52,0-55,0	24,5-26,5	10,1-11,5	1,0-1,5	Сліди
Суріпиця ярова	4-6	94-96	2,1-2,4	1,0-1,1	0,6-1,8	0,3-0,7	23,5-26,6	16,7-18,3	5,0-12,2	6,1-12,9	29,3-33,0
Рижик	6-12	До 94	4,9-6,0	1,8-3,0	1,2-2,4	0,6-2,1	7,0-27,0	14,5-45,0	20,0-38,0	12,0-20,4	2,0-4,6

Рижієва олія, отримана гарячим пресуванням, має зеленувато або жовтувато-коричневий колір, вироблена холодним пресуванням, золотисто-жовтий колір. Запах олії специфічний насичений, смак – трохи гіркуватий.

Різкий смак і запах сирої олії, одержуваних з насіння рослин родини хрестоцвітих, можуть бути обумовлені наявністю в них ефірних гірчичних олій, джерелом утворення яких є тіокарбамідоглікозиди, що містяться в насінні. У міру збільшення глибини очищення рафінованих олій у зв'язку з видаленням нежирових речовин смак і запах слабшають.

Небажане зелене забарвлення оліям надають пігменти групи хлорофілу. Їх вміст у сирих оліях коливається в широких межах, що пояснюється сортовими особливостями насіння, ступенем їх зрілості, термінами та умовами дозрівання культур. Досить багато хлорофілів у ріпаковій олії 10-150 мг/кг (у перерахунку на феофітин). За міжнародними нормами олія вважається не задовільної якості, якщо кількість хлорофілів більше 30 мг/кг, оскільки вони надають інгібуючу дію на каталізатори гідрування і виявляють помітну прооксидантну дію. Ефективним методом зниження вмісту пігментів в олії є рафінація та відбілювання. Внаслідок проведення зазначених процесів вміст хлорофілів знижується до 0,15-1,15 мг/кг.

Жовте забарвлення жирів обумовлено присутністю каротиноїдів.

У оліях хрестоцвітих їх вміст досить великий у порівнянні з іншими оліями: у ріпаковій і сурепній – 2-7 мг%, гірчичній – 2,2-3,3 мг%, а в соняшниковій є всього 0,04... 0,18 мг%.

Вітаміни в цих оліях представлені, крім каротину (провітамін А), токоферолом і вітаміном К. Рівень токофуролів в оліях невисокий: у суріпній і ріпаковій – 44-89 мг%, гірчичній 32-63 мг%.

Рижієва олія не вивчалася як харчова, тому дані за вмістом вітамінів і пігментів у ній в літературі відсутні.

Підвищують харчову цінність олій хрестоцвітих рослин фосфатиди, їх утримання у промислових зразках 0,5-1,3 %, а зразках нових сортів – 0,26-0,95 %.

Хімічний склад, фізичні та органолептичні характеристики олій, що виробляються з насіння родини хрестоцвітих, визначили область їх застосування в народному

господарстві.

Олії, що містять ерукову кислоту у великій кількості, використовують головним чином для технічних цілей. Ріпакова, суріпна, рижієва олія застосовують для отримання гліцерину, ерукової кислоти, як мастильний матеріал, в миловарінні, лакобарвної та інших галузях промисловості.

Завдяки роботі селекціонерів олії хрестоцвітих культур сучасних сортів зараз широко використовуються на харчові цілі.

Ріпакова олія, рафінована за повною схемою рафінації, має приємний вигляд, смак і застосовується в олійно-жировій промисловості за кордоном. У Канаді рівень споживання ріпакової олії становив 54 %, у скандинавських країнах – 60 %.

Ріпакова олія придатна для приготування маргарину, майонезу, використовується як салатна, при хлібопеченні, для смаження кулінарних виробів.

Суріпна олія, крім традиційного використання, в народній медицині Індостану і Гімалаїв застосовується в лікувальних цілях.

Гірчична олія будучи хорошим антибіотиком, має бактерицидні властивості, стійка при зберіганні, повільно і слабо окислюється. Тому гірчична олія використовується для стабілізації інших рослинних олій, для виробництва рибних консервів. Цю олію застосовують у хлібопекарській, маргариновій промисловості, парфумерії та медицині.

Рижієва олія мало відома як харчова. Вважається, що тільки у свіжому вигляді ця олія може служити для приготування страв, так як при зберіганні вона швидко прогіркає. Ряд авторів стверджують, що за своїми харчовими та технічними властивостями рижієва олія значно поступається соняшниковій, гірчичній, лляній. Однак, як продукт харчування олій майже не вивчалось. У 1991 році було затверджено нормативно-технічна документація на харчову рижієву олію. Населення деяких регіонів споживає рижієву олію, в основному, в натуральному вигляді.

В Англії рижієву олію застосовують у харчовій промисловості. Відзначається, що завдяки аромату ця олія використовується при випіканні хлібобулочних виробів, приготуванні дієтичних продуктів харчування.

Якість і можливість застосування для харчових цілей рижієвої олії, що відрізняється загальним і жирнокислотним складом від традиційно використовуваних рослинних олій,

багато в чому залежать від термінів та умов його зберігання та теплової обробки.

1.2 Зміна рослинних олій у процесі термічного впливу

Найбільш глибокі трансформації олії зазнають при тривалому застосуванні їх для обсмажування продуктів.

Термічні перетворення жирів обумовлені:

- гідролізом гліцеридів, що посилюється при нагріванні і під впливом водяної пари, що виділяється з обсмажуваного продукту;
- термоокисненням кислотних радикалів гліцеридів та вільних жирних кислот;
- термopolімеризацією;
- деструкцією.

Термоокиснення включає всі стадії автоокислення. Однак швидкість цих реакцій при нагріванні різко збільшується особливо на стадіях розкладання термолабільних гідропероксидів та утворення вторинних продуктів окислення.

Вторинні стабільні продукти окислення жирів утворюються на більш пізніх стадіях термоокислення. Серед них виявлені дикарбонільні сполуки, продукти кополімеризації, оксикислоти (моно-, ди- та полі-) та похідні кислот з двома сполученими зв'язками. У деяких працях до стабільних продуктів окислення віднесено епоксидні сполуки. Проте вчені [12] стверджують про нестабільність епоксидів, оскільки за високої температури під впливом вологи і кисню епоксиду можуть давати низку реакцій. Приєднуючи воду, вони перетворюються на поліоксисполуки. В свою чергу моно- і поліоксисполуки у зазначених умовах також вступають у взаємодію.

Аналіз властивостей епоксидних, окси- та дикарбонільних похідних жирних кислот та експериментальні дані з окислення трьох різновидів олій при гідротермічному впливі дозволили зробити висновок про наступну послідовність вторинних окислювальних перетворень в оліях: перекисі (гідроперекисі) → поліоксисполуки → епоксиді → дикарбонільне з'єднання.

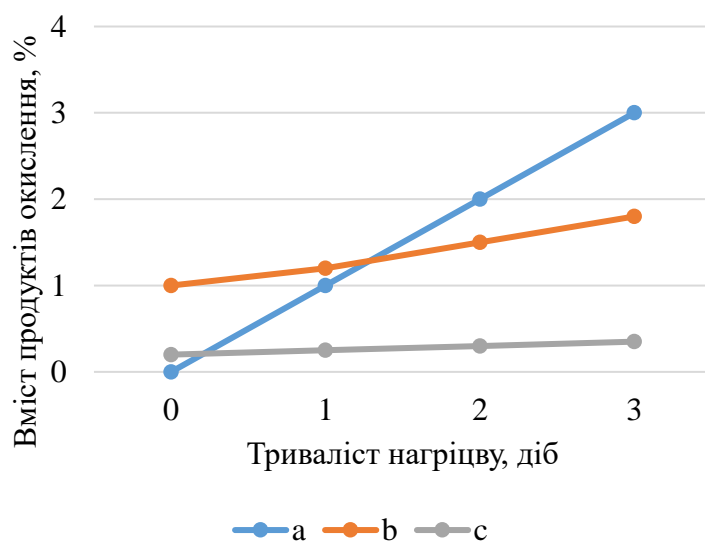
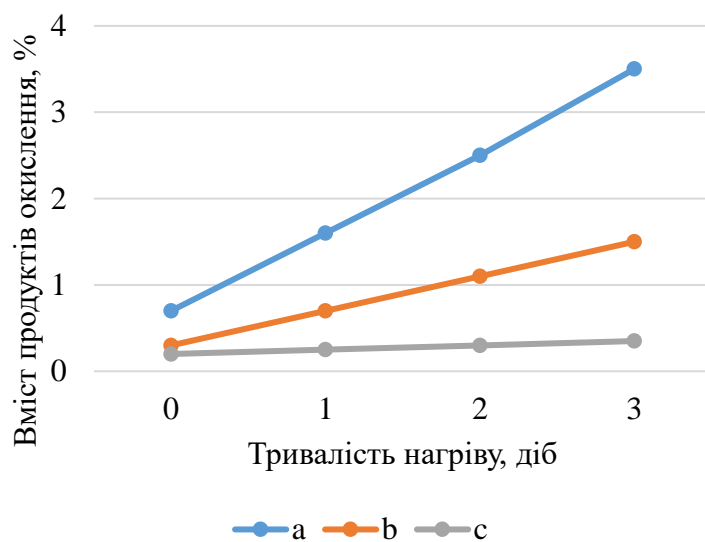
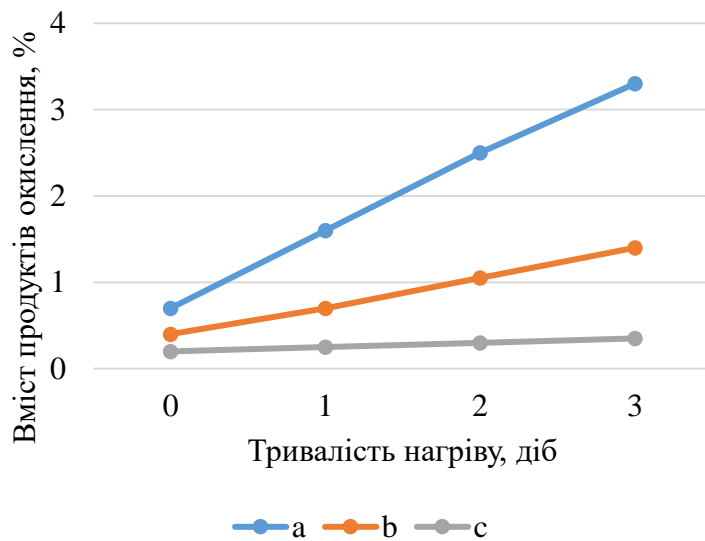


Рисунок 1.1 – Накопичення вторинних продуктів окислення в рафінованих соняшниковій, бавовняній та бавовняній салатній оліях при гідротермічній дії

Дійсно, як видно із графіків, в термічних окислених оліях більшою мірою накопичуються дикарбонільні сполуки (пряма «а»), а в меншій – окислювальні сполуки (пряма «b») і ще меншій – епокиси (пряма «с») речовин.

Дикарбонільні сполуки утворюються тільки в грітих жирах і на пізніших стадіях окислення. Дикарбонільні сполуки – дуже стійкі речовини. Тільки у жорстких умовах під впливом сильних окислювачів вони окислюються з розривом вуглецевого ланцюга.

Розщеплення (деструкція) жирнокислотних ланцюжків жиру, що окислюються, з утворенням колосального числа низькомолекулярних летких сполук є головною особливістю термоокислення. Розщеплюватися можуть як кислотні залишки у складі молекули жиру, так і вільні жирні кислоти, що утворюються при гідролізі жиру.

Серед продуктів деструкції в першу чергу з'являються низькомолекулярні альдегіди і карбонові кислоти. Альдегіди, що утворюються при розщепленні жирнокислотних ланцюжків мають меншу молекулярну масу, ніж у кетонів, тобто, вони більш леткі. Так, серед летких продуктів термоокислення жирів співвідношення альдегідів та кетонів 3:1. При високій температурі стають леткими і сполуки з відносно великою молекулярною масою, наприклад, вільні жирні кислоти, особливо ненасичені.

З грітих жирів виділено та ідентифіковано понад 200 летких продуктів термоокислювальної деструкції. Летючі продукти визначаються за зміною смаку та аромату жирів. Утворення летких продуктів і зміна смаку окислених жирів пов'язане не тільки з будовою ацилгліцеридів, але також з наявністю інших компонентів, включаючи антиоксиданти, іони металів і температурою. Випаровування сприяють спінювання жиру і пари води, що виділяються обсмажуванням продуктом.

При температурі вище 200 °С жири зазнають сильного розкладання (піроліз), у цей період різко зростає концентрація токсичних продуктів термоокислення, у тому числі канцерогенних повно ароматичних вуглеводів.

Паралельно з термоокисленням йде термополімеризація жиру. Продукти полімеризації при термічному впливі на жир утворюються шляхом реакцій між неокисленими жирними кислотами, між цими ж кислотами і продуктами їх окислення і між продуктами окислення.

Термополімеризація прискорюється за рахунок високої концентрації вільних

радикалів, що утворюються при розпаді термолабільних гідропероксидів і термічної деструкції жирнокислотних ланцюгів, а також через утворення полієнових систем - $\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}$ [14].

Вільні радикали молекули жиру можуть рекомбінувати з такими ж радикалами всередині молекули жиру, так і між сусідніми молекулами. Таким чином виникають нові зв'язки: безкисневі C-C і кисневмісні C-O-C, C-O-O-C, що утворюють олігомери жирів (переважно ди- і тримери).

При термічному окисненні поряд з полімерами утворюються циклічні мономери. Циклічні структури можуть утворюватися при рекомбінації вільних радикалів усередині одного і того ж ланцюга жирної кислоти. Іншою причиною утворення циклу вважають конденсацію двох сусідніх ланцюжків, в одному – пов'язана дієнова система, а в іншій – ізольований подвійний зв'язок.

При термоокисленні та гермополімеризації дещо зростає трансненанесеність жиру. Вчені бачать причину в тому, що при нагріванні витрачаються насамперед активні циснеграничні зв'язки, але так як у рослинних оліях їх багато, то цілком достатньо циснеграничних зв'язків і для часткової ізомеризації в трансформи, руйнування яких запізнюється.

Швидкість і глибина окислювальних, полімеризаційних, гідролітичних та інших процесів, що протікають у жирах при смаженні продуктів, обумовлені рядом факторів:

- хімічними та структурними властивостями жирів та жирових композицій;
- контактуванням з повітрям, температурою та тривалістю її впливу;
- хімічним складом та властивостями оброблюваного продукту;
- технологічним та апаратурним оформленням процесу смаження продуктів.

Якість жиру, призначеного для смаження продуктів, чинить сильний вплив на тривалість його використання. Жир, який зазнав більшого окислення ще при зберіганні насіння, при отриманні жиру, при його зберіганні швидше окислюється і при смаженні продуктів.

У літературі висловлюється думка, що не можна використовувати для смаження продуктів нерафіновані олії, отримані методом пресування, оскільки ці олії містять більше продуктів окиснення, ніж отримані методом екстракції. Особливо сильно окислені олії,

що виробляються на дрібних підприємствах місцевої промисловості . Крім високої окисленості для нерафінованих олій характерне сильне спінювання при нагріванні, що пояснюється наявністю в них фосфатидів, які при рафінації видаляються. У нерафінованих оліях містяться також білкові речовини, що обвуглюються при високих температурах і забруднюють олію. У рафінованих та гідратованих оліях органолептичні властивості більш стабільні.

Так, порівняльне дослідження соняшnikової олії – нерафінованої, рафінованої та гідратованої в процесі смаження борошняних виробів, показало, що рафінована олія значно перевищує два інших види олії за стабільністю органолептичних властивостей, але суттєво не відрізняється за стійкістю до окислення.

Рафіновані олії містять менше натуральних антиоксидантів. Вплив антиокислювачів при жарінні не настільки виражений як при зберіганні жирів. Воно позначається при знижених температурах смаження – 140-170 °С. Над впливом високої температури природні інгібітори окислення, присутні в жирах, швидко руйнуються, внаслідок чого період інгібованого окислення скорочується до мінімуму.

Токоферолі відрізняються термостабільністю і зберігаються в жирах, що нагріваються до температури 200-220 °С. У процесі дослідження окисної стабільності олій при обсмажуванні курчат, риби та цибулі вчені пояснили велику стійкість до окиснення олії саме присутністю токоферолів.

Встановлено, що вміст токоферолів знижується в ході смаження. Прискорюється термічне розкладання токоферолів у оліях, що містять більшу кількість олеїнової кислоти. Навпаки, у ріпаковій олії з високим вмістом ерукової кислоти розкладання токоферолів уповільнюється порівняно з рослинними оліями з низьким вмістом ерукової кислоти або не містять її зовсім.

Можливе збагачення рослинних олій інгібіторами окиснення за рахунок добавок. Виявлено, що суміш рослинної олії із вершковим має підвищену стійкість при обсмажуванні у фритюрі, що пояснюється впливом токоферолів та каротиноїдів, антиоксиданти, що містяться в обсмажуваних продуктах, також надають помітний вплив на швидкість термічного окислення жирів. Здатні проявляти антиокислювальну дію білки, речовини, що входять до складу продуктів. Це підтверджується тим, що в олії, що

нагрівалася вхолосту, накопичується більше вторинні продукти окислення, ніж у фритюрі.

Висловлюється й інше думка, саме, що обсмажуваний продукт адсорбує з жиру продукти окислення, цим знижуючи їх у останньому. Експериментальні дані показують більш високий вміст дикарбонільних сполук в екстракті жиру, ніж у фритюрі.

Окремі дослідники виявили, що екстракт та фритюр окислені однаковою мірою. Так, порівняльний аналіз олії, екстрагованої зі скоринки готових борошняних виробів, і олії, в якому проводилося їх обсмажування, показав, що при невисокій концентрації у фритюрі продуктів окислення та кополімеризації (до 1 %) не виявляється вибіркова адсорбція цих речовин, що обсмажуються виробами; з підвищенням ступеня окислення фритюру відзначається вибіркоче поглинання смаженими виробами продуктів окислювальної полімеризації олії.

Неоднаковий вплив різних продуктів на протікання окислювальних процесів. Дослідження змін соняшникової олії в процесі обсмажування овочевих та м'ясних напівфабрикатів показало більш інтенсивну зміну олії, в якій обсмажувалися м'ясні напівфабрикати. Англійськими вченими знайдено, що картопля та свіжа тріска прискорюють окислення олій.

Активними ініціаторами та каталізаторами окислення є метали змінної валентності. Деякі дослідники вважають, що окислювальні перетворення починаються тільки в присутності металів. При жарінні метали можуть переходити з матеріалу обладнання.

Наприклад, у м. Харкові у встановленій лінії з виробництва картоплі, що обсмажується до напівготовності, не була максимально усунена можливість контакту гарячої олії з металевими деталями. Зокрема, конвеєр, що вивантажує картоплю зі смаженої ванни, був обмотаний дротом із чорної сталі. В результаті в олії швидко збільшився вміст заліза. Накопичення заліза в олії на потоковій лінії смаження картоплі сприяло швидкому окисненню олії. Вміст вторинних продуктів окислення в ньому перейшло допустимий рівень протягом першого ж дня нагріву і потім продовжувало швидко збільшуватися. Усунення деталі, з якої в олію енергійно переходило залізо, дало позитивний результат: швидкість окислення олії істотно знизилася і після 18 днів роботи лінії вона залишалася придатною до використання.

Метали містяться у вихідних рослинних оліях. Дослідження показали, що такий процес як виморожування, при якому разом з тугоплавкими гліцеридами осідають і метали, сприяє зниженню кількості металів в оліях.

Салатна бавовняна олія, отримана шляхом виморожування бавовняної рафінованої олії мало підвищену стійкість до окислення в порівнянні з вихідною олією.

Встановлено, що на окислюваність ліпідів впливає ступінь їх ненасиченості, а також як внутрішньомолекулярно розподілені подвійні зв'язки в тригліцеридних жирів.

Найменшої деградації при нагріванні піддаються рослинні олії з високим вмістом мононенасичених жирних кислот, а швидше розкладаються високоненасичені олії.

Висловлено гіпотезу про переважний вплив залишків ліноленової кислоти на окислюваність олій. Справді, порівняльне дослідження олій з низьким і високим вмістом ліноленової кислоти свідчило про те, що перше має підвищену стійкість при температурах смаження. А оцінка смаку такої олії показала відсутність рибного запаху при обсмажуванні картоплі.

Однак концентрація ліноленової кислоти не впливає на прояв полімерів. Проби арахісової олії та олії каноли з різною концентрацією ліноленової кислоти нагрівали при температурах 180-240 °С. Моно- і дитрансізомери $C_{18:3}$ були виявлені, однак дитрансізомери утворювалися при температурах понад 200 °С. Циклічні мономери жирних кислот утворюються через 15 годин, та їх кількість залежала від температури нагріву.

Вчені [15] вважають, що збільшити стійкість жирів можна регулюванням жирнокислотного складу гліцеридів. Окислювальні процеси розвиваються повільніше, якщо рослинні олії змішуються з тваринними жирами або використовуються у вигляді підгідрованих олій. Встановлено, що при додаванні до соняшникової рафінованої олії свинячого жиру термостійкість суміші зростає пропорційно збільшенню у складі суміші свинячого жиру.

При цьому поповнюється і недолік застосування в якості фритюру тваринних

жирів – наявність при вживанні продуктів в охолодженому стані сального присмаку.

Істотну роль у процесі термічного окислення жирів грають умови смаження: температура, доступ повітря та тривалість нагрівання.

Зі збільшенням температури смаження швидкість окислювальних і гідралітичних процесів у жирі значно зростає. Так, при 200 °С гідроліз жиру протікає в 2,5 рази швидше, ніж за 185 °С. У спеціальній літературі є відомості про те, що підвищення температури смаження до 201 °С може призвести до швидкого розпаду жиру. Оптимальною температурою просмаження продуктів 180-190 °С. При таких температурах, порівняно зі зниженими 160-170 °С, збільшується виділення пари з обсмажуваного продукту, що не призводить до накопичення продуктів розпаду жиру, оскільки більшість їх випаровується з парою. З підвищенням температури жиру понад 200 °С швидкість накопичення продуктів окислення в ньому різко зростає, спостерігається утворення полімерів.

Зміна якості жиру поглиблюється зі збільшенням тривалості смаження. Вченими [22, 24] запропоновано комбінований спосіб смаження пиріжків і пончиків, що дозволяє скоротити час перебування виробів у фритюрі. Вироби обробляють спочатку у гарячому жирі, а потім у полі СВЧ. Комбінований спосіб інтенсифікує технологічний процес, в 3-3,5 рази скорочується тривалість теплової обробки виробів, знижує небажані зміни в жирі (швидкість накопичення вторинних продуктів окислення в жирі набагато менше, ніж при традиційному способі смаження) і підвищує якість готових виробів.

Сильне спінювання, перемішування жиру, його нагрівання тонким шаром, смаження продуктів пористої структури збільшують контакт жиру з повітрям і прискорюють термоокислення. Навпаки, захист жиру поверхневою плівкою з інертних кремнійорганічних полімерів, нагрівання в атмосфері інертних газів або у вакуумі значно гальмують його термоокислення.

Швидкість окислювальних процесів значною мірою залежить від виду смаженого апарату. Особливо несприятливі умови створюються при жарінні в наплитних деках, електросковородах і жаровнях, оскільки температура жиру в них

не регулюється, а дрібні частинки продукту залишаються у фритюрі протягом усього періоду смаження, перегорають і сприяють псуванню жиру. У деяких фритюрницях ці недоліки усунуті. В результаті жир у фритюрницях, в піріжкових автоматах і печі поточних ліній довше зберігає свої властивості.

Після постановки модельних дослідів, вчені дійшли висновку, що і спосіб обігріву смаженого апарату впливає на темп зміни хімічних показників жиру. При нагріванні жиру «Українського» зануреними в нього ТЕНами спостерігалися найбільші зміни показників якості жиру, ніж при нагріванні ванни через проміжний теплоносій.

З метою збільшення терміну служби жиру, у тому числі і фритюрного, у літературі сформульовані такі основні технологічні вимоги:

- використання для смаження лише свіжі жири;
- підтримка температури жиру на постійному рівні і не більше 200 °С;
- скорочення тривалості нагрівання жиру без продукту;
- періодичне фільтрування жиру від дрібних частинок, що потрапляють до нього, з обсмажуваного продукту;
- обмеження чи виключення доступу повітря до розігрітого жиру;
- використання для смаження продуктів спеціального обладнання.

Недотримання рекомендованих умов зберігання та термічної обробки рослинних олій знижує їх харчову цінність.

1.3 Зміна харчової цінності жирів у процесі зберігання та термічної обробки

Харчова цінність жирів визначається такими факторами:

- біологічною активністю;
- калорійністю;
- засвоюваністю;
- вмістом токсичних речовин.

Біологічна активність жирів залежить від жиророзчинних вітамінів, що містяться в них, незамінних жирних кислот, фосфоліпідів та інших біологічно

активних речовин. Особливо багаті на ці речовини нерафіновані рослинні олії.

Незамінні жирні кислоти виконують важливу фізіологічну роль. У живому організмі вони не синтезуються, тому потреба в цих кислотах поповнюється в основному за рахунок рослинних олій.

Найвищу біологічну активність має арахідонова кислота, досить висока лінолева і найменша – ліноленова. Нині більшість авторів схильні вважати есенціальними кислотами лише арахідонову та її метаболічного попередника – лінолеву кислоту. Висловлюється думка, що надмірне надходження до організму ліноленової кислоти небажане. Негативний вплив кислоти пов'язують з тим, що ліноленова кислота легко окислюється, утворюючи вільні радикали, що гальмують нормальний перебіг обмінних процесів в організмі. Проведені дослідження показали, що при споживанні пацюками рослинних олій з високим вмістом ліноленової кислоти спостерігалось порушення метаболізму жирних кислот. Негативна дія ліноленової кислоти проявляється тільки при певному співвідношенні між цією кислотою та лінолевою у харчовому жирі.

В результаті описаних вище змін, до яких насамперед залучаються поліненасичені жирні кислоти, харчова цінність олії знижується. Короткочасне нагрівання та нагрівання на поточкових лініях у виробничих умовах, коли забезпечується постійна фільтрація та високий коефіцієнт змінюваності жиру, викликають незначні зміни у вмісті поліненасичених жирних кислот. Тривале нагрівання в лабораторних умовах та в умовах фритюрного смаження на підприємствах масового харчування сприяє істотному зниженню їх вмісту та втрати біологічної активності. Транс-ненасичені жирні кислоти з пов'язаними подвійними зв'язками не мають біологічної активності.

Зазначається, що часткове утворення сполучених систем подвійних зв'язків у тригліцеридах і транс-ненасичених кислот відбувається вже при дезодорації або фізичній рафінації.

Знайдено, що в негідрованих рослинних оліях вміст транс-кислот не перевищує 1 %, у частково гідрованому – 4-7 %, а в жирі, що застосовується для обсмажування протягом 24 годин, міститься 32,5 % транс-кислот.

У розвинених країнах у денному раціоні людини кількість таких кислот не перевищує 2 г, але повністю виключити споживання транс-кислот в даний час поки не вдалося. Невелике збільшення споживання транс-кислот в останні роки вчені пояснюють зростанням використання частково гідрованих рослинних олій.

Підвищений рівень цих кислот у їжі може порушувати метаболізм лінолевої кислоти та сприяти зростанню кількості холестерину в крові.

Зменшення кількості вітамінів і фосфатидів відбувається за будь-якого способу смаження і при тривалому зберіганні.

Токофероли найбільш стійкі до впливу зовнішніх факторів, порівняно з іншими вітамінами, що містяться в жирі. Ці біологічно активні речовини, мають антиокислювальні властивості та покращують засвоюваність жиру в організмі. Найбільш біологічно активний із усіх ізомерів Х-токоферол. Для повноцінного харчового олії вважається оптимальним співвідношення токоферолу та лінолевої кислоти 0,5-0,8 мг токоферолу на 1 г лінолевої кислоти.

Окислюючись, токофероли втрачають свої властивості. З напівокисленої форми токоферол може відновлюватися на межі ліпід-вода до вихідного токоферолу за рахунок аскорбінової кислоти. У формі димерів, яка є незворотно-окисленою, він виводиться з організму.

Тривале нагрівання жирів призводить до зниження їх засвоюваності та калорійності. Так, результати дослідження показали, що після нагрівання декількох зразків бавовняної салатної і кукурудзяної салатної олій при 182 °С протягом 120 годин їх калорійність склала 68-72 % і 75-86 % від калорійності нагрітих олій відповідно.

Вивчено засвоюваність олій різного ступеня окисленості, на прикладі оливкової: нагрітої олії, суміші нагрітої олії і термоокисленої у співвідношенні 1:1, термоокисленої. Зіставленням кількості засвоєних і виділених з організму жирів відмічено зниження засвоюваності при переході від негрітої олії 94,8-96,5 % до суміші 83,7-85,8 % і термоокисленого 70,2-71,6 %.

Зменшення засвоюваності жирів, що пройшли теплову обробку, пов'язують з тим, що продукти окислення і полімеризації жирних кислот викликають

подразнення слизової оболонки кишечника і обумовлюють тим самим посилення перистальтики.

Для незасвоєних організмом ліпідів характерний високий вміст неомилюваних сполук, полярних жирних кислот, високополімерних речовин.

Токсичність грітих жирів пов'язана з утворенням у них циклічних мономерів та димерів. Ці речовини утворюються з поліненасичених жирних кислот при температурах понад 200 °С.

Термічно окислені жири викликають у тварин (піддослідних) затримку росту, захворювання шлунково-кишкового тракту та печінки, а жири тривало нагріті в лабораторних умовах при 250 °С і вище – розвиток злоякісних пухлин.

Тому, щоб уникнути значної зміни харчової цінності рослинних олій необхідно дотримуватись вимог до їх зберігання та теплової обробки, а також своєчасно здійснювати контроль за якістю жирів.

Вченими встановлено гранично допустиму норму вмісту продуктів окислення та полімеризації у фритюрних жирах, що дорівнює 1 % від маси жиру.

Таким чином, при зберіганні і в процесі термічного впливу рослинні олії можуть зазнавати якісних змін, що призводить не тільки до зменшення засвоюваності, а при процесах окислення, полімеризації, деструкції, що глибоко зайшли, робить їх непридатними для використання в харчуванні людини.

У ряді регіонів виробляється нетрадиційний для кулінарної практики вид жиру – рижієва олія. Враховуючи, що зниження якості жиру безпосередньо пов'язано як з умовами зберігання і смаження, так до природи самої олії, представляє інтерес вивчити протікання цих процесів в рижієвої олії при зберіганні і кулінарній обробці з тим, щоб встановити можливість його використання в підприємствах харчування.

1.4 Основна мета та завдання дослідження

Метою роботи є вивчення технологічних властивостей рижієвої олії та розробка на її основі суміші для фритюрного смаження продуктів.

Для здійснення поставленої мети робота проводилася у таких напрямках:

- дослідження впливу тривалості нагріву на якість олії;
- визначення впливу картоплі, що обсмажується, на якість олії;
- дослідження зміни основних фізико-хімічних показників суміші жирів на основі рижієвої олії при фритюрному смаженні продуктів;
- розрахунок вартості проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – процес фритюрного смаження картоплі у суміші жирів на основі рижієвої олії.

Предмет дослідження – закономірності зміни основних фізико-хімічних показників суміші жирів на основі рижієвої олії при фритюрному смаженні продуктів.

2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика об'єктів дослідження

Як об'єкт дослідження було обрано нерафіновану рижієву олію. Три зразка рижієвої олії, отриманої з рослини, врожаю 2022, 2023, 2024 років, вироблена пресовим способом на дрібному підприємстві місцевої промисловості. За фізико-хімічними показниками рижієва олія відповідала ТУ 483-1597959-002-91.

Таблиця 2.1 – Основні фізико-хімічні показники зразків досліджуваної олії

Номер	Рік виробництва	Кислотне число, мг КОН	Перекисне число, % J ₂	Йодне число, г J ₂ /100г	Коефіцієнт заломлення	Масова частка сірки, мг/кг
1	2022	1,24	0,020	147	0,4769	0,25
2	2023	2,14	0,048	149	0,4771	0,65
3	2024	2,28	0,032	148	0,4770	0,41

Як об'єкт порівняння при зберіганні використовували нерафіновану олію за ДСТУ 4492:2017.

Для отримання жирової композиції для фритюрного смаження продуктів застосовували яловичий топлений жир за ГОСТ 25292-82.

Нерафінована соняшникова олія, яловичий топлений жир, картопля надходили з торгової мережі м. Дніпро.

2.2 Методи дослідження олій

У роботі проводилися такі дослідження: визначалася зміна якості зразків олій, що зберігалися за різних умов, що нагріваються без продукту та з продуктом; контролювалася зміна якості суміші рослинної олії з тваринним жиром при фритюрному смаженні, вміст вітамінів і каротиноїдів.

Для цих цілей застосовувалися хімічні та фізичні методи аналізів. Зважування проб олій та суміші жирів здійснювали згідно з ГОСТ 29329-92.

Якість олій до нагрівання та його зміни в процесі зберігання характеризували величиною перекисного числа, яке визначалося відповідно до ГОСТ 26593-85 йодометричним методом, заснованим на окисненні йодиду калію перекисами і гідроперекисами, що містяться в зразку, в розчині оцтової кислоти, і хлор, і титруванні йоду, що виділився розчином тіосульфату натрію.

Про ступінь гідролізу, що протікає в жирах, судили по величині кислотного числа, що вимірюється згідно з ГОСТ 5476-80.

Вміст ненасичених жирних кислот визначали за йодним числом, титруванням з використанням солянокислого розчину хлористого йоду. За зміною цього ж показника і питомого поглинання при довжині хвиль 232 і 268 нм судили про зниження ступеня ненасиченого при зберіганні та нагріванні жирів.

Зміну вмісту вітамінів А і β -каротину в процесі зберігання визначали спектрофотометричним способом.

Коефіцієнт заломлення олій вимірювали за ГОСТ 5482-90 із застосуванням контрольованого термостатування.

В'язкість досліджували на візкозиметрі постійних напруг АПН-0,2.

Температуру застигання вивчали методом, заснованому на повільності падіння температури жиру з початку його кристалізації. Органолептичні властивості смажених виробів оцінювали за методикою. Результати досліджень обробляли методами математичної статистики та кореляційного аналізу із застосуванням обчислювальної техніки. Між кислотним, перекисним числами, питомим поглинанням та терміном зберігання рижієвої олії встановили за допомогою методу кореляційно-регресивного аналізу.

2.3 Експериментальна установка для здійснення контрольованого нагрівання олії та фритюрного смаження виробів

Рижієва олія при контрольованому нагріванні, рижієва олія та суміш жирів при

фритюрному смаженні продуктів нагрівали в посудині з нержавіючої сталі при температурі 180 °С. На постійному рівні температура підтримувалася за допомогою контактного термометра, з'єднаного з електричним переривником. Питома поверхню нагрівання становила 1,4 см²/г. Нагрів здійснювали протягом 24 годин – 4 дні по 6 годин.

Проби для аналізів відбирали на початку нагрівання жиру, при контрольному нагріванні через 2 години, далі і при фритюрному смаженні продуктів – через кожні 3 і 6 годин відповідно. Загальний вигляд експериментальної установки представлена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 Фото загального вигляду експериментальної установки для фритюрного смаження харчових продуктів

Висновки за розділом

В даному розділі кваліфікаційної роботи приведено характеристику об'єктів дослідження, методів дослідження рослинної олій, а також описано принцип роботи експериментальної установки для здійснення контрольного нагрівання олії та фритюрного смаження виробів.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

У кулінарній практиці рослинні олії широко використовуються не тільки при виготовленні холодних страв та закусок у натуральному вигляді, але і для приготування других страв і гарнірів, піддаючись при цьому термічній дії різної тривалості. Найбільш «жорсткий» вплив на них дає смаження виробів у фритюрі – спосіб, який застосовується для приготування страв з м'яса, птиці, овочів, тіста. Було важливим вивчити вплив високотемпературного впливу на якість рижієвої олії.

3.1 Зміна властивостей досліджуваної олії при контрольному нагріві

Найбільш сильне окислення фритюрних жирів відбувається при нагріві без продуктів, оскільки при обсмажуванні продуктів позначається антиокислювальна дія різних компонентів, що входять у невеликих кількостях до складу останніх.

Тому для глибокого вивчення змін, що відбуваються в рижієвій олії при термічній дії, був проведений контрольний (без продукту) нагрівання трьох зразків рижієвої олії, отриманої з насіння врожаю різних років. Зразки нагрівали у сталевій ємності при температурі 180 °С протягом 24 годин. Проби для аналізів відбирали спочатку кожні 2 години (до 6 годин нагріву), потім кожні 3 години.

Про зміни, що протікають у рижієвій олії в результаті гідролізу та окислення судили за динамікою зміни кислотного числа.

З таблиці 5 видно, що у першому та другому зразках рижієвої олії кислотне число протягом перших 4 годин нагріву збільшилось: у першому зразку – в 1,4 рази, у другому – незначно.

При цьому з найбільшою швидкістю цей процес йшов протягом перших двох годин нагріву, а далі до 6 годин спостерігалось різке зниження швидкості накопичення вільних жирних кислот. При подальшому нагріванні величин а кислотного числа в обох зразках кілька знижувалося. Тільки в третьому зразку рижієвої олії кислотне число зменшувалося з перших годин нагріву.

Різний характер зміни кислотного числа у зразках можна пояснити тим, що в першому зразку окислювальні процеси перебували в початковій стадії, а температурний вплив сприяв прискоренню утворення первинних та вторинних продуктів окислення.

Таблиця 3.1 – Зміна кислотного числа рижієвої олії при контрольному нагріванні

Тривалість нагрівання, годинник, години	Кислотне число, мг КОН/г		
	Номер зразка		
	1	2	3
0	1,17	2,36	2,61
2	1,53	2,37	2,52
4	1,61	2,38	2,47
6	1,59	2,32	2,46
9	1,53	2,21	2,38
12	1,50	2,19	2,37
15	1,46	2,16	2,35
18	1,43	2,15	2,33
21	1,41	2,18	2,38
24	1,42	2,21	2,49

У другому зразку, де дані процеси вже розвинулись температура дія сприяла їх прискоренню. У той же час, присутні в значній кількості в олії низькомолекулярні вільні жирні кислоти під дією температури в значному ступені зникли. Тому різкого зросту кислотного числа в даному випадку не спостерігалось. У третьому зразку, де процеси окислення і гідролізу вже були достатньо розвинуті період збільшення кількості вільних жирних кислот не були присутні або були дуже короткими (менше двох годин). Тут кислотне число плавно зменшилось, що доказує про настання процесів дистиляції кислот над процесом їх виникнення.

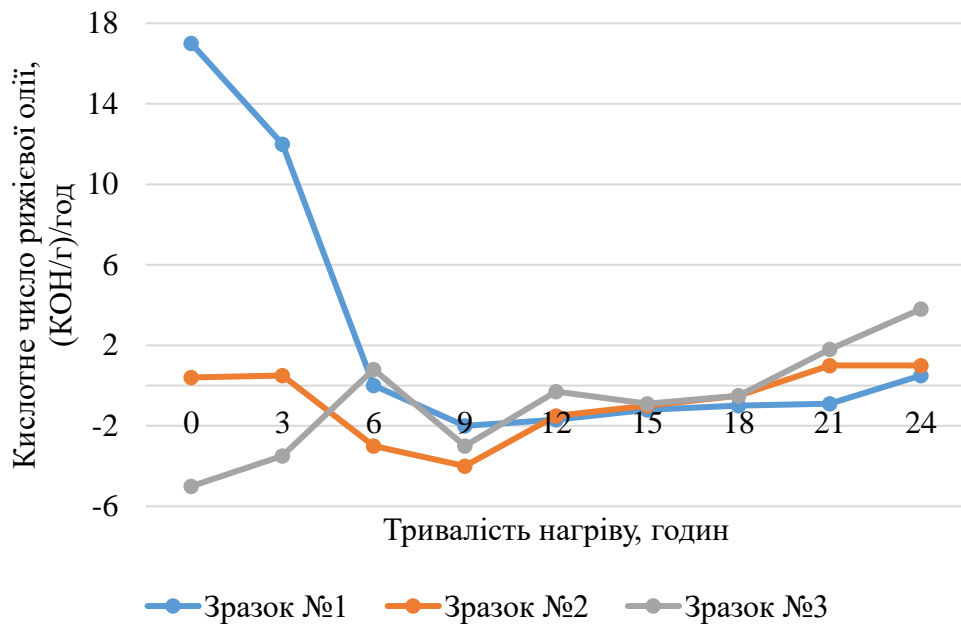


Рисунок 3.1 – Динаміка швидкості зміни кислотного числа рижієвої олії при контрольному нагріві

Далі протягом тривалого періоду нагрівання величина кислотного числа трохи падала. Тільки наприкінці нагрівання (в 1 зразку після 23 годин, в 2 і 3 після 19 годин) вона знову починає рости.

У результаті після 24 годин нагріву в 2 і 3 зразках рижієвої олії кислотне число зменшилося на 0,12-0,15 мг КОН (або на 4,6-6,3 %), а в 1 – збільшилося на 0,25 мг КОН (або на 21,4 %).

Таким чином, результати контрольного нагріву показали, що рижієва олія, що не зберігалася тривалий час до використання і в якій окислювальні процеси знаходяться в початковій стадії, залишається придатним для подальшого використання протягом 14,5 годин. Порівнюючи ці результати з літературними даними по соняшниковій олії, бачимо, що за стійкістю до високотемпературного нагрівання рижієва олія практично не відрізняється від соняшnikової, особливо в період, коли вона може бути використана для приготування продукції. Однак на пізніх стадіях термоокислення відзначається більш інтенсивне протікання полімеризаційних та деструктивних процесів у рижієвій олії порівняно з соняшnikовою.

3.2 Вплив обсмажуваного продукту на якість рижієвої олії

Жарка продуктів у фритюрі здійснюється за досить високих температур 160-190 °С і триває кілька годин. При цьому жир постійно контактує з вологою, що виділяється з продуктів, що обсмажуються, інтенсивно переміщується і спінюється, що збільшує поверхню зіткнення його з повітрям, а так само в жирі накопичуються дрібні шматочки обсмажуваного продукту, які забруднюють жир продуктами розпаду і взаємодії складових його хімічних речовин. Усе це викликає у жирі глибокі фізико-хімічні зміни.

Для вивчення впливу обсмажуваного продукту на якість рижієвої олії проведено порівняння ступеня термічного окиснення до олії при обсмажуванні в ній картоплі, нарізаної брусочками та при контрольному нагріванні. Результати порівняльного фізико-хімічного дослідження зразків фритюру і олії, що піддавалися нагріванню без продукту, представлені в таблиці 3.2.

З таблиці 3.2 видно, що кислотне число у досліджуваних зразках змінювалося по-різному. Якщо при контрольному нагріванні кислотне число змінювалося нерівномірно: то росло, то падало, а до кінця четвертого дня нагріву було менше початкового значення в 1,1 рази, то при фритюрному смаженні картоплі даний показник лінійно виріс в 2,4 рази. Очевидною причиною послужило те, що вода, що додатково надходить з обсмажуваного продукту, викликала більш глибоке його гідролітичне розщеплення.

Таблиця 3.2 – Зміна кислотного числа при нагріванні

Вид теплової обробки	Кислотне число, мг КОН/г					Абсолютна зміна, мг КОН/г (+,-)	Відносна зміна, %
	Тривалість нагріву, годин						
	0	6	12	18	24		
Контрольний нагрів	2,29	2,08	2,04	2,06	2,09	-0,20	+8,7 %
Фритюрне смаження картоплі	2,29	2,98	3,88	4,82	5,46	+3,17	+138 %

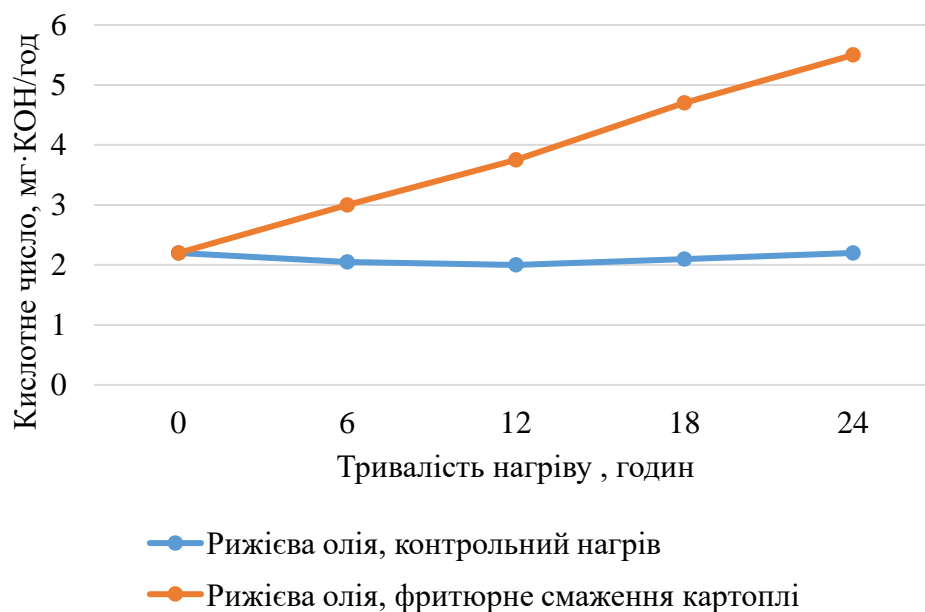


Рисунок 3.2 – Динаміка кислотного числа жирів при фритюрному смаженні

Про менш прискорений перебіг процесів окиснення та полімеризації із залученням подвійних зв'язків у рижієвій олії, що використовується як фритюр, свідчить і зміна йодного числа. Так, відносно його зменшення у контрольному зразку склало 7,5 %, а у фритюрі – 4,8 %.

При контрольному нагріванні помічено й відносно велике зростання динамічної в'язкості - на 16,8 %, ніж при фритюрному смаженні картоплі.

У перші два дні нагріву, коли переважали окислювальні процеси, різниця у швидкості збільшення в'язкості була незначною, далі ж, коли почали наростати вторинні перетворення продуктів окислення, швидкість збільшення в'язкості при контрольному нагріванні в 1,4-2,2 рази перевищувала цю швидкість у фритюрі. Уповільнене накопичення полімерів у фритюрі ймовірно відбувалося з кількох основних причин: по-перше, смаження продуктів, що супроводжується збільшеним виділенням пари, не призводить до накопичення в жирі значної кількості продуктів його розпаду, так як більша їх частина випаровується; по-друге, з підвищенням окислення фритюру з'являється виборча адсорбція смаженими виробами продуктів окисної полімеризації; по-третє, антиоксиданти, що вводяться з кожною новою партією продукту, що обсмажується, уповільнюють

термоокислення рижієвої олії.

Показано, що фритюрні жири можна використовувати доки їх в'язкість не досягне $45,10^{-3}$ Па. Звідси випливає, що за даним показником з двох зразків тільки рижієва олія, нагріваючись без продукту через 22,5 години було непридатне для подальшого використання.

Таблиця 3.3 – Зміна йодного числа рижієвої олії при нагріванні

Вид теплової обробки	Йодне число, г йоду/100 г					Абсолютна зміна, г $J_2/100г$
	Тривалість нагріву, годин					
	0	6	12	18	24	
Контрольний нагрів	147	142	139	138	136	2
Фритюрне смаження картоплі	147	143	142	141	140	7

Таблиця 3.4 – Зміна динамічної в'язкості рижієвої олії при нагріванні

Вид теплової обробки	Динамічна в'язкість при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Па·с)· 10^{-3}					Абсолютне збільшення, (Па·с)· 10^{-3}
	Тривалість нагріву, годин					
	0	6	12	18	24	
Контрольний нагрів	16,6	19,6	25,0	34,8	48,2	31,6
Фритюрне смаження картоплі	16,6	18,1	22,8	29,7	40,1	23,5

Таблиця 3.5 – Зміна коефіцієнтів переломлення рижієвої олії при нагріванні

Вид теплової обробки	Коефіцієнт переломлення					Абсолютне збільшення,
	Тривалість нагріву, годин					
	0	6	12	18	24	
Контрольний нагрів	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	0,003
Фритюрне смаження картоплі	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	0,002

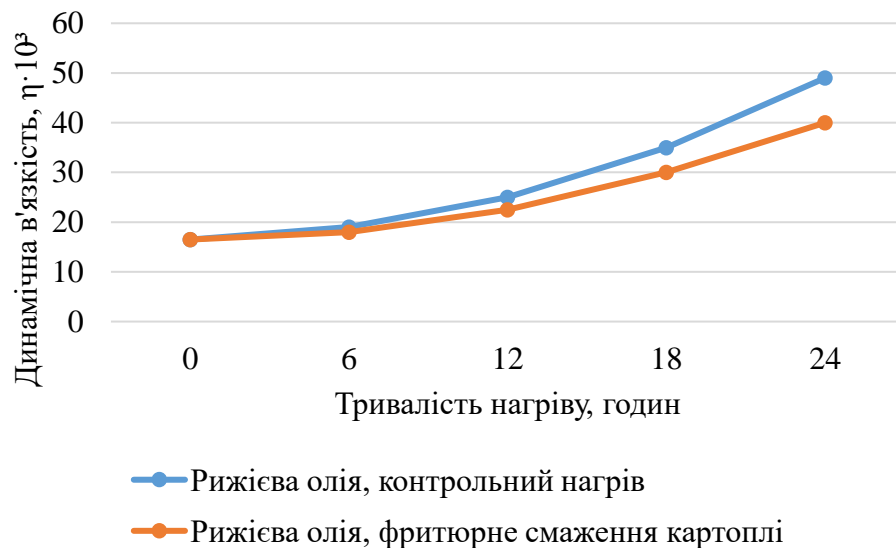


Рисунок 3.3 – Зміна динамічної в'язкості жирів при фритюрному смаженні

Отже, на підставі проведеного аналізу фізико-хімічних показників рижієвої олії, використовуваної для фритюрного смаження картоплі, можна зробити висновок, що в цьому випадку гідролітичні процеси протікають інтенсивніше, ніж при його контрольному нагріванні: величина кислотного числа у фритюрі в кінці нагрівання була вищою у 2,6 рази, ніж у контрольному зразку. Однак продукти окислення та полімеризації в ньому накопичувалися меншою мірою. Так, динамічна в'язкість олії була в 1,2 рази нижче, ніж при нагріванні рижієвої олії без продукту, і у разі на 2 години довше, ніж за контрольному нагріванні.

3.3 Розробка жирової композиції на основі рижієвої олії

Рижієва олія – новий вид харчової олії, що відрізняється від інших найбільш поширених рослинних жирів високим вмістом лінолевої та ліноленової кислот. Вона, особливо нерафінована, має специфічний смак і аромат.

При фритюрному смаженні продуктів у рослинних оліях, що містять велику кількість ненасичених жирних кислот, окислювальні процеси розвиваються швидше, ніж у тваринних жирах і зачіпають в першу чергу незамінні поліненасичені кислоти, що знижує фізіологічну цінність олії. З цієї точки зору тваринні жири виявляються придатнішими для фритюрного смаження. Однак

продукція, виготовлена на тваринних жирах, при вживанні в охолодженому вигляді залишає в роті неприємний присмак. Дані недоліки усуваються, якщо рослинні та тваринні жири використовуються у суміші.

В інструкції зі смаження виробів у фритюрі вказується на те, що для смаження продукції найкращим варіантом є суміш рослинного і тваринного жирів у співвідношенні 1:1, так як вони мають максимальну термостійкість і сприяють поліпшенню смакових якостей готових виробів.

З метою визначення смакових переваг виробів, смажених на рижієвій олії, та вибору найбільш оптимального її співвідношення з тваринним жиром проводилася дегустаційна нарада. На дегустацію представлялися пончики і картопля брусочками, смажені на рижієвій олії та в суміші рижієвої олії і яловичого жиру взятих у співвідношенні 2:1, 1:1, 1:2.

Попередньо була розроблена оцінна шкала якості виробів, смажених на рижієвій олії та суміші жирів.

Таблиця 3.6 – Оцінна шкала органолептичних показників якості виробів, смажених на рижієвій олії і суміші жирів

Показники якості	Кількість балів			
	5	4	3	2
Смак	Приємний, без сторонніх присмаків	Такий як у готового виробу з присмаком рижієвої олії без сторонніх присмаків	Такий як у готового виробу, але із слабким стороннім присмаком	Присутність присмаку гіркоти, ярко виражений сторонній присмак
Запах	Приємний слабкий, без сторонніх запахів	Такий як у готового виробу із запахом рижієвої олії, без сторонніх запахів	Ярко виражений, такий як у готового виробу без сторонніх запахів	Присутність стороннього запаху

Розрахунок середнього балу проводився за методикою, запропонованою

інструкцією [34]. У разі значення коефіцієнта важливості приймали рівним одиниці, оскільки смак і запах мають однакову його значимість. Середньоарифметичні результати бальної оцінки органолептичних показників якості продуктів, проведені десятима дегустаторами.

Таблиця 3.7 – Органолептична оцінка смажених виробів

Обсмажений продукт	Склад фритюрного жиру			
	Рижієва олія	Суміш рижієвої олії з яловичим жиром у співвідношенні:		
		2:1	1:1	1:2
Картопля брусочками	4,2	4,4	4,8	5,0
Пончики	4,0	4,3	4,7	4,8

Із таблиці 3.7 бачимо, що картопля і пончики, смажені на різних жирових композиціях, мають високу органолептичну оцінку. Однак у виробках, приготованих на суміші рижієвої олії та яловичого жиру, взятих у співвідношенні 1:1 і 1:2, не відчувалися зовсім або були слабо виражені незвичні присмак і запах рижієвої олії. Тому ці вироби при органолептичній оцінці отримали максимальну кількість балів.

Результати визначення температури застигання жирових композицій на основі рижієвої олії показали, що при температурі застигання яловичого жиру 33,1 °С і рижієвої олії – 19 °С, суміші жирів застигали: при 29,0 °С (2:1) і 19,6 °С (1:1). Тобто температура застигання суміші жирів, узятих у співвідношенні 1:1, зі значно нижче температури тіла людини і ближче до кімнатної температури (близько 20 °С).

Грунтуючись на цих даних, результатах органолептичної оцінки і прагнучи максимально збільшити частку рослинної олії в суміші, вважаємо, що композиція жирів 1:1 найкращим чином дозволяє вирішити проблему використання рижієвої олії при організації смаження виробів у фритюрі.

3.4 Дослідження змін показників якості суміші жирів при фритюрному смаженні продуктів

У практиці масового харчування велике значення набуває застосування різних сумішей жирів тваринного походження та рослинних олій, що пов'язано з їх підвищеною термостійкістю завдяки меншому вмісту поліненасичених жирних кислот.

В роботі були здійснені дослідження змін, що відбуваються при фритюрному смаженні картоплі в суміші рижієвої олії та яловичого жиру, взятих у співвідношенні 1:1, у порівнянні з рижієвою олією.

У процесі смаження картоплі в обох зразках спостерігалось лінійне зростання кислотного числа. При цьому за досліджуваний період часу абсолютне збільшення кислотного числа склало 2,96 і 3,17 мг КОН у суміші жирів і рижієвій олії відповідно.

Таблиця 3.8 – Зміна кислотного числа жирів при фритюрному смаженні продуктів

Вид теплової обробки	Кислотне число, мг КОН/г					Абсолютна зміна, мг КОН/г	Відносна зміна, %
	Тривалість нагріву, годин						
	0	6	12	18	24		
Рижієва олія	2,29	2,98	3,88	4,82	5,46	3,17	138
Суміш жирів	1,39	2,10	2,75	4,35	4,35	2,96	213

Тобто з найбільшою швидкістю накопичення вільних жирних кислот за рахунок процесів гідролізу та окиснення йшло в чистій рижієвій олії.

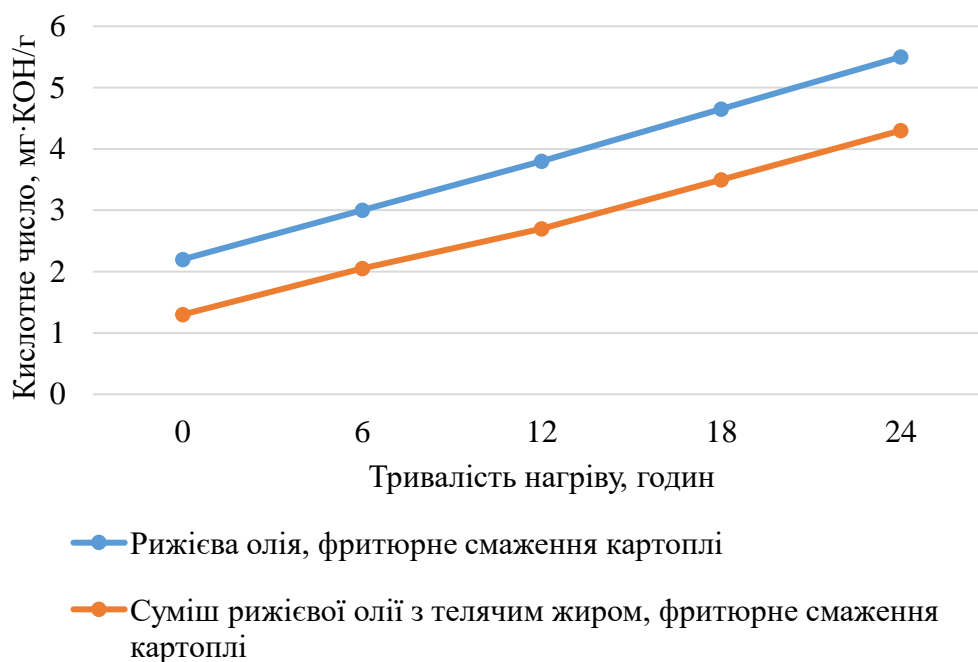


Рисунок 3.4 – Динаміка зміни кислотного числа жирів при фритюрному смаженні

З табл. 3.9 видно, що абсолютне зниження йодного числа суміші жирів склало 6, а в рижієвій олії 10 г йоду /100 г. Це ще раз підтверджує велику окиснювальну та полімеризаційну активність чистої рижієвої олії в порівнянні з сумішшю жирів.

Таблиця 3.9 – Зміна йодних чисел жирів при фритюрному смаженні продуктів

Вид теплової обробки	Йодне число, г йоду/100 г					Абсолютна зміна, г J ₂ /100г	Відносна зміна, %
	Тривалість нагріву, годин						
	0	6	12	18	24		
Рижієва олія	147	143	142	139	137	10	6,8
Суміш жирів	97	95	94	92	91	6	6,2

Аналізуючи зміну динамічної в'язкості досліджуваних систем можна зробити висновок, що полімеризаційні процеси в них протікають аналогічно і найбільш інтенсивно після 12 годин нагріву. Величина в'язкості суміші жирів у вихідному стані була вищою і протягом усього періоду смаження картоплі вона

мала великі абсолютні значення, у рижівій олії – у 2,4 рази. Тобто менший вміст поліненасичених жирних кислот у суміші жирів сприяло зниженню швидкості протікання полімеризаційних процесів.

Таблиця 3.10 – Зміна динамічної в'язкості жирів при фритюрному смаженні

Вид фритюрного жиру	Динамічна в'язкість, $(\text{Па}\cdot\text{с})\cdot 10^{-3}$					Абсолютне збільшення, $(\text{Па}\cdot\text{с})\cdot 10^{-3}$	Відносне збільшення, %
	Тривалість нагріву, годин						
	0	6	12	18	24		
Рижієва олія	16,6	18,1	22,8	29,7	40,1	23,5	142
Суміш жирів	20,4	21,5	25,7	31,6	41,1	20,7	101

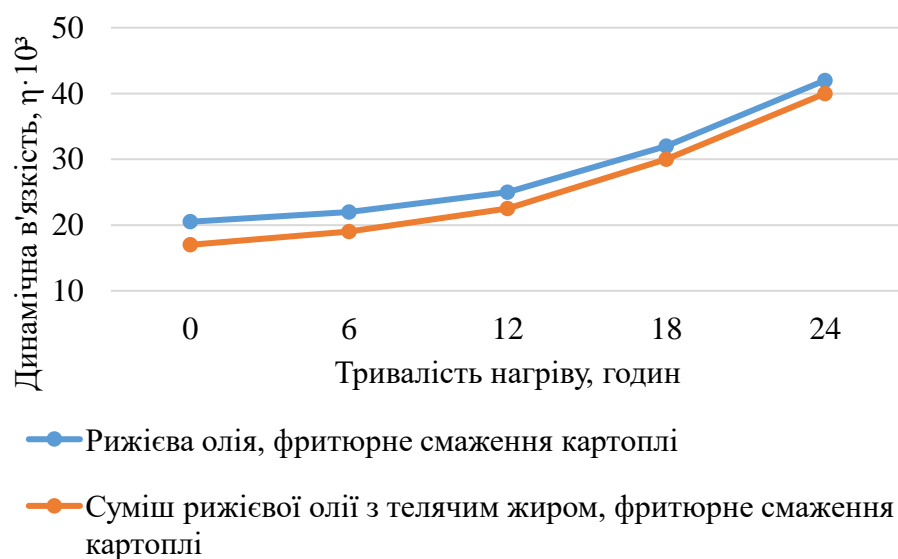


Рисунок 3.5 – Динаміка зміни динамічної в'язкості жирів при фритюрному смаженні

Отже, на підставі проведеного аналізу фізико-хімічних за показниками жирів можна зробити висновок, що в суміші рижієвої олії з яловичим жиром у процесі фритюрного смаження накопичується менше вільних жирних кислот, альдегідів і сполучених дієнів приблизно в 1,2 рази, ніж у чистій рижієвій олії. Причому, швидкість утворення первинних і вторинних продуктів окислення і продуктів полімеризації (за значеннями досліджуваних показників) в 1,1-1,3 рази нижчі в суміші жирів порівняно з рижиковою олією. Тому суміш жирів залишалася

придатною як фритюр для смаження на 1,5 години довше.

Висновки за розділом

Рижієва олія при його контрольному нагріванні мала досить високу термостійкість. Зразки олії протягом 9-14,5 годин, залежно від вихідних показників якості, були придатними для харчових цілей. Але швидкості протікання окислювальних та гідролітичних процесів рижієва олія суттєво не відрізнялася від соняшникової при нагріванні без продукту.

Фритюрна жарка продуктів на рижієвій олії сприяла прискоренню утворення вільних жирних кислот і альдегідів, що уповільнювало накопичення сполучених структур і полімерів. Тому рижієва олія, яка використовується як фритюр, відповідала вимогам до якісних жирів на 2 години довше, ніж контрольний зразок.

Органолептична оцінка виробів, смажених на рижієвій олії та її суміші з яловичим жиром показала, що найбільш прийнятними за смаковими якостями є вироби, приготовані на суміші, коли рижієва олія та яловичий жир взяті у співвідношенні 1:1.

Суміш жирів у порівнянні з чистою рижієвою олією, що використовується для фритюрного смаження, мали нижчі значення показників окисного та гідролітичного псування; вона залишалася придатною до використання як фритюр на 1,5 години довше, ніж чиста рижієва олія.

4 ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати проведених досліджень показали, що рижієва олія може застосовуватися в підприємствах харчування для приготування різноманітної кулінарної продукції, у тому числі і приготованої у фритюрі.

Оскільки рижієва олія багата поліненасиченими жирними кислотами, фосфатидами, вітаміном Е, каротиноїдами, то його застосування в натуральному вигляді підвищує харчову цінність холодних страв і закусок, а володіючи специфічним «огірковим» запахом, вона добре поєднується з овочевими компонентами салатів. При приготуванні холодних страв для ослаблення незвичного запаху рижієвої олії, її можна використовувати в суміші з іншими рафінованими і нерафінованими оліями.

Так як при пасеруванні і смаженні основним способом олією користуються в невеликих кількостях, то в цих випадках вплив рижієвої олії на органолептичні показники готових виробів невеликий. Тому при даних способах теплової обробки рижієва олія може застосовуватися в «чистому» вигляді або в суміші з іншими рослинними і тваринними жирами.

Для продовження терміну використання рижієвої олії в якості фритюру та послаблення специфічного смаку та запаху пропонуємо його застосовувати в суміші з кулінарними та тваринними жирами, взятих у відношенні 1:1.

Таблиця 4.1 – Картопля смажена у фритюрі

Продукти	Брутто	Нетто
Картопля брусочками	2667	2000
Олія рижієва	80	80
Жир яловичий топлений	80	80
Вихід		1000

У процесі виконаної роботи встановлено, що ефективність впровадження результатів дослідження в практику полягає в:

- можливості більш повного використання олійної сировини для харчових цілей та зменшення дефіциту рослинних олій у харчуванні населення;
- збільшення асортименту рослинних олій, що застосовуються в підприємствах харчування для приготування кулінарної продукції.

Висновки за розділом

Проведено роботу щодо впровадження результатів досліджень у практику, а саме запропоноване використання розробленої жирової композиції до використання у закладах масового харчування при смаженні картоплі фрі.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Карта безпеки праці під час приготування картоплі фрі включає важливі заходи і правила, які допомагають запобігти нещасним випадкам, забезпечують безпеку працівників і підтримують належний рівень гігієни на робочому місці. Основні аспекти карти безпеки для цього процесу приведені на рисунку 5.1.


Карта безпеки праці під час смаження картоплі фрі	
1. Підготовка до роботи	Огляд обладнання – перед початком роботи перевірити фритюрницю, електричні шнури та вилки на наявність пошкоджень. Підготовка продуктів – всі інгредієнти мають бути підготовлені, промиті та нарізані безпосередньо на робочій станції. Захисний одяг – працівник повинен носити спеціальний одяг (фартух), захисні рукавиці, а також шапку для волосся, щоб уникнути попадання волосся в їжу.
2. Робота з фритюрницею	Безпека при включенні – перед увімкненням фритюрниці переконатися, що в ній є достатня кількість масла та що масло чисте. Контроль температури – дотримуватися рекомендованої температури для смаження картоплі фрі, зазвичай не вище 180 °С, щоб уникнути перегрівання олії. Безпечне завантаження – картоплю фрі слід завантажувати в кошик для смаження повільно, щоб уникнути бризок гарячої олії.
3. Запобігання опікам	Обережність при контакті з гарячою олією – під час роботи з фритюрницею не можна нахилитися над нею, а також слід уникати різких рухів. Дотримання дистанції – під час приготування на робочому місці повинен бути лише один працівник для уникнення випадкових зіткнень.
4. Пожежна безпека	Наявність засобів пожежогасіння – на робочому місці має бути вогнегасник, розрахований для гасіння пожеж класу F (олії та жири). План дій на випадок пожежі – працівники повинні знати план евакуації та порядок дій на випадок загоряння олії.
5. Очищення та утилізація відходів	Вимкнення обладнання – після закінчення роботи фритюрницю потрібно вимкнути і дати охолонути. Очищення фритюрниці – видаляти використану олію тільки після її охолодження; очищення слід проводити згідно з інструкцією. Утилізація олії – використану олію потрібно зливати в спеціальні контейнери для подальшої утилізації.
6. Гігієнічні вимоги	Миття рук – працівники мають мити руки перед початком роботи та після кожної перерви. Чистота робочого місця – робоче місце повинне регулярно очищатися від залишків продуктів та жиру.
7. Контакти екстрених служб	

Рисунок 5.1 – Карта безпеки праці під час приготування картоплі фрі

Дотримання цієї карти безпеки допомагає забезпечити безпеку працівників під час приготування картоплі фри, а також підтримує високу якість кінцевого продукту.

5.2 Утилізація відходів олійного виробництва

Утилізація відходів олійного виробництва є важливим процесом, що дозволяє не лише зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, а й отримати додаткові матеріали та енергію. Відходи, які утворюються в процесі виробництва олії, можна використовувати для виробництва кормів для тварин, добрив, а також для отримання енергії.

Ось деякі способи утилізації відходів олійного виробництва:

- використання макухи та шроту – це побічні продукти, які залишаються після вилучення олії. Вони є багатими на білок і можуть використовуватися як корм для тварин. Деякі види макухи також можна застосовувати в сільському господарстві як добрива.

- компостування – біологічні відходи, такі як лушпиння та залишки рослинної маси, можна компостувати. Це дозволяє отримувати органічні добрива для сільського господарства.

- виробництво біогазу – органічні відходи можуть бути використані для виробництва біогазу в біогазових установках. Це не тільки зменшує обсяг відходів, а й дозволяє отримувати екологічно чисте джерело енергії.

- піроліз і спалювання – ці процеси дозволяють перетворювати залишки відходів на енергію або ж на корисні хімічні продукти, які можна використовувати в інших галузях. Піроліз – це термічна обробка органічних матеріалів без доступу кисню, що дозволяє отримати синтез-газ та біовугілля.

- хімічна обробка – відходи олійного виробництва можуть бути перероблені для отримання жирних кислот та інших хімічних сполук, які знаходять застосування у фармацевтиці, косметології та інших галузях.

Усі ці методи утилізації спрямовані на ефективне використання ресурсів,

зменшення обсягів відходів та мінімізацію екологічного навантаження від олійної промисловості.

Висновки за розділом

У запропонованій частині кваліфікаційного дослідження була розроблена карта безпеки для операторів лінії виробництва картоплі фрі та визначені методи утилізації відходів виробництва рослинних олій.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Метою економічних розрахунків для обґрунтування ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і загальної доцільності проекту. Організація досліджень передбачає: складання переліку робіт, визначення їх взаємозв'язку та тривалості, а також розрахунок кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік робіт, що включає етапи дослідження для обґрунтування технології виготовлення суміші для фритюрної жарки продуктів на основі рижієвої олії, представлений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1-2	Вибір запропонованого напрямку наукових досліджень	2
2-3	Написання літературного огляду	8
3-4	Побудова алгоритму проведення досліджень	5
4-5	Розгляд методик проведення наукових досліджень	4
5-6	Підготовка дослідних зразків	3
6-7	Підготовка дослідного устаткування	2
7-8	Дослідження зміни властивостей олії при контрольному нагріві	5
7-9	Визначення впливу обсмаженого продукту на якість рижієвої олії	6
7-10	Розробка жирової композиції на основі рижієвої олії	5
7-11	Дослідження змін показників якості суміші жирів при фритюрному смаженні продуктів	5
8-12	Обробка даних експериментальних дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Підготовка матеріалу для публічного оприлюднення	8
Всього		57

Отже, для виконання всіх завдань та реалізації цілей магістерської роботи знадобиться 57 днів.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (6.1)$$

де m_1 – кількість витраченого і-го матеріалу;

C_1 – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.

В таблиці 6.2 наведено результати розрахунку витрат на матеріали.

Таблиця 6.2 – Кількість та вартість основних матеріалів

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Олія рижієва, кг	5	160,00	800,00
Напівфабрикат картоплі фрі, кг	3	50,00	150,00
Жир тваринний, яловичій топлений, кг	5	75,00	375,00
Всього			1325,00

Заробітна плата осіб, які брали участь у дослідженнях, представлена в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн.	Середньочасовий заробіток, грн.	Кількість людино-годин	Сума, грн.
Керівник наукової роботи	9100	54,17	35	1896,70
Всього				1896,70

Нарахування на заробітну плату розраховують за формулою:

$$H = \frac{1896,70 \cdot 22}{100} = 417,27 \text{ грн.}$$

Витрати на спожиту електроенергію розраховуються за наступною формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – час роботи на установці, год;

a – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Затрати енергії на роботу фритюрниці:

$$E_{\text{фрит}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 48 \cdot 4,68 = 242,61 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на комп'ютер:

$$E_{\text{комп}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 112 \cdot 4,68 = 424,57 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{фрит}} + E_{\text{комп}} = 242,61 + 424,57 = 667,18$$

Витрати на амортизацію обладнання визначаються за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн.;

Φ – вартість устаткування, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати обчислень витрат на амортизацію представлені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати обчислень витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Фритюрниця	2200,00	15	6	5,42
Персональний комп'ютер	15000,00	24	14	138,08
Всього				143,5

Накладні витрати пов'язані з проведенням досліджень складають:

$$\frac{(1896,70 \cdot 80)}{100} = 1517,36 \text{ грн.}$$

В таблиці 6.5 наведено кошторис витрат на проведення дослідження.

Таблиця 6.5 – Зведений кошторис витрат

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	1325,00
Заробітна плата	1896,70
Нарахування на заробітну плату	417,27
Електроенергія	667,18
Амортизація	143,50
Накладні витрати	1517,36
Всього	5967,01

Згідно аналізу, найбільшу частку витрат становлять заробітна плата та накладні витрати.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна досліджень визначається за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де $Ц$ – розрахункова ціна дослідження, грн.;

C – розрахункові витрати дослідження, грн.;

P – рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 5967,01 + \frac{30 \cdot 5967,01}{100} = 7757,11 \text{ грн.}$$

Розрахункова ціна досліджень складає 7757,11 грн.

Висновки за розділом

Основні статті витрат під час дослідження включають заробітну плату та накладні витрати, які становлять 1896,70 грн і 1517,36 грн відповідно. Загальна вартість дослідження з урахуванням 30 % нормативної рентабельності складає 7757,11 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз хімічного складу рижієвої олії та інших олій, що виробляються з насіння родини хрестоцвітих, дозволив зробити висновок про можливість його використання в харчуванні людини. Вивчення сучасних уявлень про зміни, що протікають при зберіганні та термічній обробці рослинних жирів, визначило основні напрямки у дослідженні стійкості рижієвої олії під впливом різних факторів,

Вивчено стійкість рижієвої олії до високотемпературного впливу. Встановлено, що при контрольному нагріванні рижієва олія зберігає свою доброякісність протягом 9-14,5 годин (різні зразки), а глибина якісних змін значно залежить від вихідних показників окислювального псування жиру. Доведено, що щодо зміни основних показників якості рижієвої олії воно суттєво не відрізняється від соняшникової олії.

Визначено вплив обсмажуваного продукту на якість рижієвої олії. Підтверджено, що фритюрне смаження картоплі прискорює утворення продуктів гідролізу: кислотне число у фритюрі в кінці нагріву стає вище в 2,6 рази, динамічна в'язкість нижче в 1,2 рази, ніж при нагріванні рижієвої олії без продукту. Показано, що як фритюр рижієва олія довше відповідає вимогам до якісних жирів, ніж нагрівається без продукту.

Розроблено та обґрунтовано жирову композицію на основі рижієвої олії. Підібрано найбільш оптимальне співвідношення рижієвої олії і топленого яловичого жиру в суміші 1:1. Досліджено зміни основних фізико-хімічних показників жирової композиції при фритюрному смаженні продуктів. Встановлено, що суміш жирів має нижчі показники окисного і гідролітичного псування при однаковій тривалості смаження: у суміші жирів накопичується менше вільних жирних кислот, альдегідів, сполучених дієнів на 17-25 %, ніж у рижієвій олії. Показано, що жирова композиція довше залишається придатною до використання як фритюр, ніж рижієва олія.

Проведено роботу щодо впровадження результатів досліджень у практику, а

саме запропоноване використання розробленої жирової композиції до застосування у закладах масового харчування при смаженні картоплі фрі.

У запропонованій частині кваліфікаційного дослідження була розроблена карта безпеки для операторів лінії виробництва картоплі фрі та визначені методи утилізації відходів виробництва рослинних олій.

Визначено, що основні статті витрат під час дослідження включають заробітну плату та накладні витрати, які становлять 1896,70 грн і 1517,36 грн відповідно. Загальна вартість дослідження з урахуванням 30 % нормативної рентабельності складає 7757,11 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Волкова Л.Ф. Рижієва олія: хімічний склад і застосування. Харків: Основа, 2015.
2. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
3. Дембовський, Є. П. (2022). Розроблення рецептур та виробництво рафінованих дезодорованих купажованих олій з підвищеною окислювальною стабільністю.
4. Коваленко П.І. Особливості вирощування рижіку посівного для виробництва олії. Київ: Науковий світ, 2017.
5. Рижієва олія: перспективи використання в харчовій та косметичній промисловості / під ред. М. С. Іванова. Одеса: Одеський національний університет, 2018.
6. Гринько Ю.М. Біохімічний аналіз рижієвої олії та її корисні властивості. Журнал «Харчова наука та технологія», 2020, №2, с. 45 – 54.
7. Синицька І.А. Використання рижієвої олії в функціональних харчових продуктах. Журнал «Наукові праці ОНАХТ», 2021, №6, с. 65 – 73.
8. Удовенко, О. О., Куниця, К. В., Литвиненко, О. А., & Гладкий, Ф. Ф. (2018). Розробка кулінарних жирів підвищеної окисної стабільності. Вісник Національного технічного університету ХП. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях, (26 (2)), 100-108.
9. Москаленко В.С., Кравченко О.П. Перспективи використання рижієвої олії в Україні. Львів: Видавництво «Просвіта», 2022.
10. Кравченко Л.А. Характеристика та застосування рижієвої олії у смаженні та фритюрі. Харчова промисловість України, 2020, №3, с. 34 – 40.
11. Сидоренко І.М. Термостабільність рижієвої олії та її використання у технологіях смаження. Харчова хімія і технологія, 2021, №4, с. 52 – 60.

12. Семченко О.В. Оцінка стабільності рижієвої олії при високих температурах для фритюру. Журнал «Наукові праці ОНАХТ», 2019, №2, с. 89 – 96.
13. Григор'єва Л.П., Ковальчук П.В. Використання рижієвої олії у технології фритюрного смаження. Тези доповідей Міжнародної конференції з харчових технологій. Київ, 2020, с. 142 – 146.
14. Піддубний І.І. Жирнокислотний склад рижієвої олії та її термостійкість при смаженні у фритюрі. Журнал «Харчова наука та здоров'я», 2018, №5, с. 78 – 85.
15. Пономаренко О.С. Рижієва олія: перспективи використання у громадському харчуванні для фритюрного смаження. Праці Національного університету харчових технологій, 2021, №1, с. 125 – 131.
16. Тимченко В.А., Дорошенко Н.Ю. Дослідження процесів окислення рижієвої олії під час смаження. Журнал «Технології харчових продуктів», 2022, №2, с. 58 – 66.
17. Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційна технологія дезінфекції технологічного обладнання харчових виробництв. The 5th International scientific and practical conference “Prospects of modern science and education” (February 07 – 10, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. P. 609-612. <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.5>
18. Мазур, Ю. Г. (2020). Оцінка жирнокислотного складу нетрадиційних олій (Master's thesis). https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/33617/2/dyplom_Mazur.pdf
19. Кравченко Л.А. Термостабільність та окислювальні властивості рижієвої олії при смаженні у фритюрі. Харчова промисловість України, 2020, №3, с. 34 – 40.
20. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. Food Science and Technology. 2022. 16 (3). P. 61-70. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2392>

21. Kovaliova O., Tchursinov Y., Kalyna V., Khromenko T., Kunitsia E. Investigation of the intensive technology of food sprouts using organic acids //«EUREKA: Life Sciences». Food Science and Technology. 2020. Number 2. P. 45-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.21303/2504-5695.2020.001204>
22. Бойко П.С. Рослинні олії у технологіях харчової промисловості: використання та якість. Київ: Видавничий дім «Харчова наука і технологія», 2018.
23. Сидоренко І.М. Стабільність рижієвої олії при високих температурах та її використання у фритюрі. Харчова хімія і технологія, 2021, №4, с. 52 – 60.
24. Збірник статей під ред. М.В. Лазарева. Рослинні олії: властивості, якість та застосування у виробництві харчових продуктів. Одеса: Одеський національний університет, 2019.
25. Григор'єва Л.П. Порівняння якості рижієвої та інших рослинних олій при смаженні у фритюрі. Праці Національного університету харчових технологій, 2020, №1, с. 78–85.
26. Ковальчук І.В., Піддубна О. С. Хімічний склад і застосування рослинних олій у смаженні та випічці. Журнал «Харчова наука і технологія», 2018, №5, с. 95 – 101.
27. Ковальова О.С. Особливості дезінфекції тари та пакувань харчових виробництв. The 8th International scientific and practical conference “Trends, theories and ways of improving science” (February 28 – March 03, 2023) Madrid, Spain. International Science Group. 2023. С. 532-535. <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.8>
28. Kovaliova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Mandych, O., Hontar, T., Haliasnyi, I., Kotliar, O., Yanchyk, O., Bogatov, O. (2023). Development of a technology for the production of germinated flaxseed using plasma-chemically activated aqueous solutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (11 (124)), 6–19. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284810>
29. Дорошенко Н.Ю., Тимченко В.А. Використання рижієвої олії у закладах громадського харчування: переваги та недоліки. Журнал «Технології харчових продуктів», 2021, №2, с. 58 – 66.

30. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Пугач А.М., Кірьянова К.Д. Виробництво шоколадної пасти з солодовим наповнювачем. Наука, технології, інновації. 2023. № 3 (27). С. 80-95. <https://doi.org/10.35668/2520-6524-2023-3-08>
31. Семченко О.В. Фізико-хімічні характеристики рослинних олій при смаженні. Журнал «Наукові праці ОНАХТ», 2019, №2, с. 89 – 96.
32. Петренко Т.С. Функціональні властивості рижієвої олії та можливості її застосування у харчовій промисловості. Харчові технології і безпека, 2018, №4, с. 112 – 119.
33. Zou, M., Chen, Y., Hu, C., He, D., & Gao, P. (2022). Physicochemical properties of rice bran blended oil in deep frying by principal component analysis. *Journal of Food Science and Technology*, 59(11), 4187-4197.
34. Kovalova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Haliasnyi, I., Gontar, T., Kotliar, O., Gavrish, T., Gill, M., Karatieieva, O. (2023). Determining the effect of plasmochemically activated aqueous solutions on the bioactivation process of sea buckthorn seeds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (122)), 99–111. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.275548>
35. He, J., Evans, G., Byer, G., Taylor, G., Clarkson, P., & Yell, V. (2021). Improving oil stability in deep-fried snack production: A case study. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15119.
36. Debnath, S., Rastogi, N. K., Krishna, A. G., & Lokesh, B. R. (2012). Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: An Indian traditional fried food. *Food and bioproducts processing*, 90(2), 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.05.001>
37. Abdul Hamid, A., Pak Dek, M. S., Tan, C. P., Mohd Zainudin, M. A., & Wee Fang, E. K. (2014). Changes of major antioxidant compounds and radical scavenging activity of palm oil and rice bran oil during deep-frying. *Antioxidants*, 3(3), 502-515. <https://doi.org/10.3390/antiox3030502>
38. Valle, C., Echeverría, F., Chávez, V., Valenzuela, R., & Bustamante, A. (2024). Deep-frying impact on food and oil chemical composition: Strategies to reduce oil absorption in the final product. *Food Safety and Health*, 2(4), 414-428.

39. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko V., Aleksandrova A. Study of use of antiseptic ice of plasma-chemically activated aqueous solutions for the storage of food raw materials. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15, Issue 4. P. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2260>
40. Pivovarov O., Kovaliova O., Koshulko V. Effect of plasmochemically activated aqueous solution on process of food sprouts production. *Ukrainian Food Journal*. 2020. Volume 9. Issue 3. P. 575-587. DOI: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2020-9-3-7>
41. Valle, C., Echeverría, F., Chávez, V., Valenzuela, R., & Bustamante, A. (2024). Deep-frying impact on food and oil chemical composition: Strategies to reduce oil absorption in the final product. *Food Safety and Health*, 2(4), 414-428.
42. Tangpanithandee, N., On-Nom, N., & Srichamnong, W. (2019). Effect of vegetable oil blending on acrylamide during potato deep-frying. *Malaysian Applied Biology*, 48(4), 47-51.
43. Akseer, N., Mehta, S., Wigle, J. et al. (2020). Non-communicable diseases among adolescents: current status, determinants, interventions and policies. *BMC Public Health*, 20:1908. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09988-5>
44. Bennett JE, Stevens GA, Mathers CD, Bonita R, Rehm J, Kruk ME, et al (2018). NCD countdown 2030: worldwide trends in non-communicable disease mortality and progress towards sustainable development goal target 3.4. *Lancet*.392(10152): 1072-1088. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31992-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31992-5)
45. Смоляр В.І. Формула раціонального харчування. Проблеми харчування, 2013, (1), 5-9.
46. Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases. World Health Organization technical report series, 797 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 1990; 203 p.
47. Yakymenko, I., Tsybulin, O., Shapovalov, Ye. (2019). Healthy lifestyle behaviors among university students in Ukraine. *Довкілля та здоров'я*, 1, 41-45.
48. Кривич І.П., Чумак Ю.Ю., Гусєва Г.М.. Сучасний стан здоров'я населення України. *Довкілля та здоров'я*, 2021, 3(100), 4-12.

49. Криничко Л.Р. Оцінка сучасного стану здоров'я населення України. Економіка, управління та адміністрування, 2020, 4(94), 142–149.
50. Nishida C, Uauy R, Kumanyika S, Shetty P. The Joint WHO/FAO Expert Consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications. Public Health Nutrition [Internet]. 2004 Feb;7(1a):245-50. doi: <https://doi.org/10.1079/phn2003592>
51. Rao P, Rodriguez RL, Shoemaker SP. Addressing the sugar, salt, and fat issue the science of food way. npj Science of Food [Internet]. 2018 Jul 16;2(1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41538-018-0020-x>
52. Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційна технологія дезінфекції технологічного обладнання харчових виробництв. The 5th International scientific and practical conference “Prospects of modern science and education” (February 07 – 10, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. P. 609-612. <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.5>
53. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. FAO foods and nutrition paper 91 (2008). Retrived from: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/nutrition/docs/requirements/fatsandfattacidsreport.pdf
54. Дуранова, Т. А. Формування ринку олійно-жирової продукції в Україні. Вісник соціально-економічних досліджень 3 (2011): 67-72.
55. Названо ТОП-6 українських виробників маргаринової продукції. Електронний ресурс. – URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/nazvano-top-6-ukrainskih-virobnikiv-margarinovo-i-produkcii>