

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Вплив температури і факторів зберігання на
жирнокислотний склад соняшникової і кукурудзяної олій**

Виконав: студент 6 курсу, групи МЛМ-61
спеціальності 181- Харчові технології

(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Качарай Б.М. (прізвище та ініціали)
	(підпис)	
	<hr/>	Дацишин К.Є.
Керівник	<hr/>	Покотило О.С.
	(підпис)	
Нормоконтроль	<hr/>	Кухтин М.Д.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Кухтин М. Д.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Харчової біотехнології і хімії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Кухтин М.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 181 – Харчові технології
(шифр і назва спеціальності)

студенту Качараю Богдану Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив температури і факторів зберігання на
жирнокислотний склад соняшникової і кукурудзяної олій

Керівник роботи Дацишин К.Є., к.т.н., доц. Покотило О.С., д.біол.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «27» 11 2024 року № 4/7-1133

2. Термін подання студентом завершеної роботи грудень 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Спеціальна, періодична література та нормативна
документація з питань досліджень. Методики та методи досліджень стандартні та уніфіковані

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

– провести аналітичний аналіз способів для покращення свіжості та жирнокислотного складу рослинних олій та жирів;

– розробити схему проведення експериментів та підібрати методики для визначення показників свіжості та жирнокислотного складу олій;

– визначити показники свіжості трьох видів рослинних олій (соняшникової, кукурудзяної та лляної) від різних виробників;

– визначити жирнокислотний профіль трьох видів рослинних олій від різних виробників;

– охарактеризувати й змоделювати вплив умов зберігання рослинних олій на зміну кислотного числа.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
рисунки, таблиці, схеми, діаграми, креслення

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд та патентний пошук інформації відповідно до теми магістерської роботи	29.01.24 р. – 24.05.24 р.	
2.	Складання схеми досліджень	17.06.24 р. – 28.06.24 р.	
3.	Опрацювання методики досліджень	01.07.24 р. – 31.07.24 р.	
4.	Виконання експериментальних досліджень (Частина I)	01.08.24 р. – 30.08.24 р.	
5.	Завершення експериментальних досліджень (Частина II)	02.09.24 р. – 20.09.24 р.	
6.	Збір інформації до виконання розділу та «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	23.09.24 р. – 11.10.24 р.	
7.	Закінчення написання розділів	14.10.24 р – 22.11.24 р.	
8.	Подання магістерської роботи до захисту	02.12.24 р	

Студент

(підпис)

Качарай Б.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дацишин К.Є.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 78 с., 15 рис., 77 джерел.

РОСЛИННІ ОЛІЇ, КИСЛОТНЕ, КОЛІРНЕ ТА ПЕРОКСИДНЕ ЧИСЛО, ЖИРНОКИСЛОТНИЙ ПРОФІЛЬ ОЛІЙ, ОРГАНОЛЕПТИЧНА ОЦІНКА.

Об'єкт дослідження – рослинні олії, кислотне, колірне та пероксидне число олій, жирнокислотний профіль олій.

Мета роботи – оцінити свіжість трьох видів рослинних олій від різних виробників та визначити вплив факторів зберігання на їх якість.

Методи досліджень: аналітичні (огляд літературних даних щодо способів покращення свіжості та жирнокислотного складу рослинних олій та жирів); фізико-хімічні (кислотне, колірне, пероксидне число), хімічні (оцінка жирно кислотного профілю олій), органолептичні (прозорість, консистенція, запах, смак), статистичні (вірогідність результатів дослідження).

Оцінка свіжості реалізованих видів соняшникових, кукурудзяних та лляних олій від різних виробників виявила їх високу якість за пероксидним, кислотним й колірним числом. При цьому ці показники були в декілька разів нижчі від нормів, які рекомендують стандарти на ці види олій. Виявлено наявність достатньої кількості у соняшниковій олії незамінних таких жирних кислот із групи омега-6, як лінолева та частково арахінова, втім практично відсутній вміст іншої незамінної кислоти із родини омега-3 – ліноленової. Підтверджено дані, що лляна олія за умови відповідності вимогам стандарту щодо свіжості є значним джерелом такої дефіцитної незамінної жирної кислоти, як ліноленова. При цьому співвідношення між ліноленовою і лінолевою (омега-3 й омега-6) становить близько 1 : 4, що вважається ідеальним. За умови дії кімнатного світла й кисню повітря у соняшниковій олії протягом 6 місяців кислотне число зросло в 5,6 разів, а у кукурудзяній у 2,5 раза. Тобто кукурудзяна олія є більш стабільною до зберігання. Лляна олія проявляє слабку стійкість до зберігання, оскільки протягом 3 місяці зберігання в закритому стані та в темному місці кислотне число зросло в 3,5 раза, а за порушення цих умов приблизно в 5 разів.

ЗМІСТ

	Вступ	6
I	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	11
1.1	Класифікація олій за вмістом жирних кислот, недоліки й переваги різних олій	11
1.2	Способи для покращення жирнокислотного складу рослинних олій та жирів	13
1.2.1	Вплив окислювання на стійкість олій до зберігання	14
1.2.2	Ризики для здоров'я від використання транс-жирів	15
1.3	Користь для здоров'я купажованих рослинних олій	17
1.4	Вимоги харчової промисловості щодо якості та фізико-хімічних показників жирів	21
1.5	Стратегії під час купажування олій	24
1.5.1	Купажування олій багатих МНЖК та НЖК з оліями, які багаті на ПНЖК	24
1.5.2	Зміни фізико-фізичних властивостей у купажованих оліях	30
	Підсумки з огляду	32
2	МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
2.1	Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	33
2.2	Методи досліджень	35
3	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	36
3.1	Роль олій у здоровому функціонуванні організму споживачів	36
3.2	Оцінка соняшникової, кукурудзяної та лляної олій за показниками їх свіжості	38
3.3	Характеристика впливу умов зберігання досліджених олій на зміну кислотного числа	53
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56

4.1	Охорона праці	56
4.1.1	Фактори, що впливають на здоров'я працівників підприємств харчової промисловості	56
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях	60
4.2.1	Дії працівників олійно-жирової промисловості у випадку такої надзвичайної ситуації, як пожежа	60
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	65
	Список літератури	67
	Додатки	76

ВСТУП

Актуальність теми. Жирнокислотний склад рослинної олії є одним із ключових показників її якості. Саме жирні кислоти визначають біологічну цінність продукту, його харчову користь, а також впливають на смакові характеристики. Він визначається набором і кількісним співвідношенням різних жирних кислот, які надають оліям специфічних фізико-хімічних властивостей та біологічну активність. Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) є особливо цінними для організму людини, оскільки вони беруть участь у багатьох біохімічних процесах. Однак, жирнокислотний склад олій є динамічним і може змінюватися під впливом різних факторів, зокрема умов зберігання [1].

Основним процесом, що призводить до зміни жирнокислотного складу олій під час зберігання, є окислення ліпідів. Цей процес ініціюється взаємодією молекул кисню з ненасиченими жирними кислотами, що входять до складу олії. В результаті окислення утворюються різноманітні продукти, такі як гідроперекиси, альдегіди, кетони, які надають олії неприємного присмаку та запаху, а також знижують її харчову цінність [3].

Рослинна олія містить три основні групи жирних кислот: насичені, мононенасичені та поліненасичені. Найбільшу біологічну цінність мають поліненасичені жирні кислоти, такі як лінолева та ліноленова, які необхідні для нормального функціонування організму людини. Проте саме ці кислоти найбільш схильні до окислення. Внаслідок неправильного зберігання вони можуть розкладатися, утворюючи продукти, які негативно впливають як на якість олії, так і на її безпечність [4].

На швидкість і глибину окислення олій впливають такі фактори, як температура, світло, вологість, кисень, метали [1].

Температура є одним із найважливіших факторів, які впливають на стабільність жирнокислотного складу. Підвищення температури прискорює дифузю кисню в олію та збільшує швидкість хімічних реакцій окислення [1].

Ще одним важливим фактором є світло. Фотоокислення, особливо під дією ультрафіолетових променів, ініціює утворення вільних радикалів, які каталізують окислення ліпідів. Особливо це було помітно у соняшниковій олії, яка містить значну кількість поліненасичених кислот.

Кисень є основним окисником ліпідів, тому доступ повітря до олії значно прискорює процеси окислення. У герметично запакованих зразках жирнокислотний склад залишається стабільним значно довше. У зразках, які перебували у відкритій тарі, вже через кілька тижнів спостерігалось зниження вмісту корисних жирних кислот та утворення продуктів окислення, які надавали олії неприємного запаху та смаку [5].

Під час окислення відбувається руйнування ненасичених жирних кислот, що призводить до зменшення їхнього вмісту в олії. Одночасно утворюються різноманітні продукти окислення, які можуть вступати в подальші реакції, змінюючи загальний жирнокислотний профіль олії [6].

Окрім зовнішніх факторів, таких як температура, світло та вологість, на стабільність олій значний вплив мають також їхні внутрішні компоненти та їх взаємодія.

Деякі рослинні олії багаті на натуральні антиоксиданти, як наприклад токофероли (вітамін E) та поліфеноли, які здатні сповільнювати процеси окислення, перериваючи ланцюгові реакції вільних радикалів. Однак, вміст цих сполук може варіювати залежно від сорту рослини, умов вирощування та технології виробництва олії [7].

Ненасичені жирні кислоти є найбільш схильними до окислення. Однак, їхній тип також впливає на стабільність олії. Так, олії з дуже значиним вмістом ПНЖК зазвичай менш стабільні, ніж олії з дуже суттєвим вмістом МНЖК [1].

Вільні жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу тригліцеридів, можуть каталізувати процеси окислення. Пігменти, такі як хлорофіл та каротини, можуть як прискорювати, так і сповільнювати

окислення, залежно від їхньої концентрації та взаємодії з іншими компонентами олії [10].

Соняшникова олія, багата на поліненасичені жирні кислоти, є більш схильною до окислення, ніж кукурудзяна олія, яка має більш збалансований жирнокислотний склад. Під час окислення відбувається руйнування ненасичених жирних кислот, що призводить до зменшення їхнього вмісту в олії. Одночасно утворюються різноманітні продукти окислення, які можуть вступати в подальші реакції, змінюючи загальний жирнокислотний профіль олії [10].

Отже, визначення чинників, які впливають на стабільність найбільш вживаних олій та розробки способів підвищення збереженості й цінності жирнокислотного складу є актуальним питанням.

Мета і завдання досліджень.

Метою роботи було оцінити свіжість трьох видів рослинних олій від різних виробників та визначити вплив факторів зберігання на їх якість.

Для виконання мети було поставлені наступні завдання:

- провести аналітичний аналіз способів для покращення свіжості та жирнокислотного складу рослинних олій та жирів;
- розробити схему проведення експериментів та підібрати методики для визначення показників свіжості та жирнокислотного складу олій;
- визначити показники свіжості трьох видів рослинних олій (соняшникової, кукурудзяної та лляної) від різних виробників;
- визначити жирнокислотний профіль трьох видів рослинних олій від різних виробників;
- охарактеризувати й змоделювати вплив умов зберігання рослинних олій на зміну кислотного числа.

Об'єкт дослідження – рослинні олії, кислотне, колірне та пероксидне число олій, жирнокислотний профіль олій.

Предмет дослідження: оцінка показників свіжості рослинних олій та визначення факторів зберігання на їх якість.

Методи досліджень: аналітичні (огляд літературних даних щодо способів покращення свіжості та жирнокислотного складу рослинних олій та жирів); фізико-хімічні (кислотне, колірне, пероксидне число), хімічні (оцінка жирно кислотного профілю олій), органолептичні (прозорість, консистенція, запах, смак), статистичні (вірогідність результатів дослідження).

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено, що зберігання соняшnikової й кукурудзяної рафінованої дезодорованої олії в закритому стані й темному місці протягом 6 місяців не призводить до вірогідної зміни кислотного числа. Водночас за умови дії кімнатного світла й кисню повітря у соняшnikовій олії протягом 6 місяців кислотне число зростало в 5,6 разів, а у кукурудзяній у 2,5 рази. Тобто кукурудзяна олія є більш стабільною до зберігання. Лляна олія проявляє слабку стійкість до зберігання, оскільки протягом 3 місяці зберігання в закритому стані та в темному місці кислотне число зростало в 3,5 рази, а за порушення цих умов приблизно в 5 разів.

Практичне значення отриманих результатів. Перспективним є підвищення біологічної цінності й стійкості олій до зберігання методом купажування.

Особистий внесок здобувача. Магістрант особисто здійснював пошук літературних даних з обраної теми кваліфікаційної роботи – шляхи підвищення свіжості рослинних олій, визначив мету й завдання, розробив план й підібрав методики для проведення експериментів, провів досліди, описав їх, написав тези та оформив у кваліфікаційну роботу.

Апробація результатів. Участь на XIII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 11-12 грудня 2024 року / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 11-12 грудня 2024 р.) (Додаток А).

Публікації. За матеріалами кваліфікаційної роботи було опубліковано одні тези конференції (Додаток А).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, розділів огляду літератури, матеріалів та методів досліджень, результатів досліджень та їх обговорення, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висновків та пропозицій виробництву, переліку літератури та додатків. Магістерська робота має 78 сторінок та містить 15 рисунків. Перелік літератури складається з 77 джерел.

РОЗДІЛ І

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Класифікація олій за вмістом жирних кислот, недоліки й переваги різних олій

Жири є одним із важливих компонентів дієти, оскільки разом з вуглеводами та білками вони є основним джерелом метаболічної енергії. Вони роблять важливий внесок у здоров'я, а також мають численні структурні та функціональні ролі в організмі. Біоактивні ліпіди, отримані з них, опосередковують сигнальні шляхи, а також служать компонентами клітинних мембран [1]. Вони також діють як носії жиророзчинних вітамінів (А, D, Е і К) і є ключовим джерелом незамінних есенціальних жирних кислот [3]. Жири та олії є важливими харчовими компонентами через їхню роль у структурі, стабільності, сенсорних і поживних властивостях і загальній якості харчових продуктів.

Хімічно жири являють собою триацилгліцероли з трьома молекулами жирних кислот, етерифіковані до однієї молекули гліцерину. Жирні кислоти (ЖК), присутні в жирах, класифікуються на: 1) насичені (НЖК, тобто без подвійних зв'язків); 2) мононенасичені (МНЖК – з одним подвійним зв'язком); 3) поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК, тобто з двома або до шістьма подвійними зв'язками). На основі розміщення подвійного зв'язку на металній частині ланцюга ЖК ПНЖК класифікуються як омега-3 ($\omega 3$) і омега-6 ($\omega 6$). Тому що людському організму не вистачає ферментів для синтезу ЖК з першим подвійним з'єднанням у положенні С3 і С6 в метильній частині, ПНЖК є основними ЖК, які необхідно отримувати через харчові джерела [1, 4]. Ненасичені ЖК далі класифікуються, як цис або транс, відповідно до конфігурації подвійних зв'язків. У раціоні рослинні олії є основним джерелом жирів, і було встановлено, що їх споживання зросло в кілька разів протягом десятиліть. Однак більшість рослинних олій не

відповідають очікуванням споживачів і стандартам ідеальної рослинної олії з точки зору фізико-хімічних і поживних властивостей [5]. Поживні властивості рослинної олії багато в чому пояснюються складом жирних кислот, присутніх у них. Однак існують великі варіації в профілях ЖК різних рослинних олій, і тому дуже складно забезпечити рекомендовану кількість усіх необхідних ЖК для організму шляхом споживання однієї рослинної олії [6].

Останнім часом дієтологи та споживачі приділяють все більшу увагу харчовій цінності рослинних олій через їх зв'язок із серцево-судинними та нервовими розладами, які вражають велику частину населення світу [1, 7]. Зростання захворюваності та хвороб пов'язаних зі споживанням жирів або олій, вимагає поліпшення їх харчового складу та окисної стабільності. Заміна НЖК на ПНЖК у рослинних оліях знижує ризик серцево-судинних захворювань, але в той же час робить олію більш схильною до окислення, що порушує систему антиоксидантного захисту організму, що призводить до збільшення ризику захворювань, спричинених вільними радикалами, таких як рак [7].

Крім збалансованого поживного складу, рослинна олія також повинна мати прийнятні сенсорні властивості, добру окислювальну стабільність і широку комерційну придатність. Але більшість рослинних олій не мають відповідних фізико-хімічних властивостей для різних застосувань у харчовій промисловості [6]. Таким чином, існує серйозна потреба в рецептурі здорової рослинної олії з покращеною поживною цінністю, функціональністю, стійкістю до окислення та комерційною цінністю. Кілька методів, таких як гідрогенізація, фракціонування, переетерифікація, генетична модифікація та змішування, можуть бути використані для модифікації рослинних олій [8]. Серед різних методів змішування є простим, економічним, неруйнівним і загальноприйнятим методом покращення масел, і воно набуває популярності в усьому світі. Змішування дозволяє скористатися перевагами унікальних характерних властивостей різних рослинних олій шляхом поєднання

хороших властивостей різних олій в одне, що призводить до покращених фізико-хімічних характеристик, окислювальних властивостей, стабільності, харчової цінності, користості для здоров'я, добрих сенсорних властивостей та функціональності олій для різних застосувань у харчовій промисловості [6]. Змішування рослинних олій було активізовано в останні роки для підвищення стабільності масел для комерційного застосування в харчовій промисловості. Ще одна перевага змішування полягає в тому, що воно не призводить до утворення шкідливих транс-жирних кислот на відміну від часткової гідрогенізації. Змішування не тільки покращує стабільність смаження та зберігання рослинної олії за рахунок тонкого налаштування складу жирних кислот і антиоксидантів, але також покращує якість і термін зберігання смаженого продукту. Змішування рослинних олій у формі бінарних, потрійних або інших сумішей є перспективною стратегією для досягнення збалансованого складу ЖК та покращених фізико-хімічних властивостей. Однак співвідношення різних олій у змішаній рослинній олії має відповідати рекомендаціям щодо харчових продуктів, а також задовольняти попит споживача та конкретне кінцеве використання [1].

Таким чином, підхід до змішування використовується для підвищення поживності та стабільності зберігання рослинних олій разом із користю для здоров'я олій. Крім того змішувані олії мають мати переваги щодо впливу факторів зберігання на їх фізико-хімічні властивості.

1.2 Способи для покращення жирнокислотного складу рослинних олій та жирів

Збалансований поживний склад, фізико-хімічні, поживні та функціональні властивості рослинних олій пов'язані зі складом жирних кислот, ступенем ненасиченості, вирівнюванням ЖК у структурі тригліцеридів та інших негліцеридних компонентів, таких як жиророзчинні вітаміни та фітохімічні речовини. У кількох дослідженнях було встановлено,

що ПНЖК знижують рівень холестерину в крові, тоді як НЖК призводять до протилежного ефекту [9, 10]. Альфа-ліноленова кислота (ALA; 18: 3) є вихідною ЖК групи ω 3 ПНЖК, а ліолева кислота (LA; 18:2) є вихідною ЖК групи ω 6 ПНЖК. Обидві групи цих ЖА конкурують за ті самі ферменти – десатурази для подовження і, отже, співвідношення цих ЖК має значний вплив на синтез ейкозаноїдів та інших важливих ЖК, які виконують важливі функції в організмі [11].

Встановлено, що сучасне харчове споживання жирів включає переважно жири, багаті НЖК і ω 6 ПНЖК. Дисбаланс у складі жирних кислот або дефіцит однієї чи кількох незамінних жирних кислот у раціоні є причиною кількох проблем зі здоров'ям, таких як серцево-судинні захворювання, діабет і ожиріння [6]. Однак більшість окремих масел у вихідній формі не мають збалансованого складу ЖК разом із окислювальною стабільністю та іншими бажаними властивостями. Таким чином, люди намагаються отримати рекомендовану кількість ЖК, споживаючи різні види рослинних олій. Але дуже важко отримати збалансований склад ЖК і бажану поживну користь шляхом ротації олії. Змішування олій дозволяє об'єднати переваги різних олій в одній суміші зі збалансованим співвідношенням різних жирних кислот, зберігаючи природний смак і поживну цінність. Змішування також збагачує кінцеву суміш корисними антиоксидантами та біоактивними ліпідами [12].

1.2.1 Вплив окислювання на стійкість олій до зберігання

Окислення рослинних олій спричиняє їх псування і тим самим зменшує термін придатності харчових продуктів, виготовлених з них, що призводить до великих економічних втрат у харчовій промисловості. Продукти окислення ліпідів не тільки погіршують якість рослинних олій і харчову цінність виготовлених з них харчових продуктів, а й підвищують ризик серцево-судинних захворювань і раку через утворення вільних радикалів та

інших токсичних побічних продуктів, таких як транс-жири [13]. Хоча деякі рослинні олії містять природні антиоксиданти, але вони руйнуються та втрачаються під час екстремальних умов обробки, тому більшість рослинних олій у очищеній формі мають дуже низьку окислювальну стабільність [14]. Тривале зберігання і вплив високих температур і вологи при варінні і смаженні призводить до окислення олії та руйнування основних ЖК з утворенням небажаних летких і нелетких сполук, що, у свою чергу, змінює склад олії, а також погіршує сенсорні та поживні властивості харчових продуктів виготовлених з цих олій [13, 15].

Ступінь ненасиченості ЖК є ключовим фактором, який впливає на сприйнятливості олій до окислення, оскільки вищий ступінь ненасиченості робить ЖК більш схильними до окислення в порядку ПНЖК > МНЖК > НЖК [16]. Хоча більша частка НЖКs в оліях робить їх менш сприйнятливими до окислення, але вони підвищують ризик серцево-судинних захворювань [1]. Рослинні олії з підвищеною стійкістю до окислення можна отримати шляхом змішування олій з різними властивостями. Суміш, що містить бавовняну та пальмову олію у співвідношенні 50:50 показала збільшення вмісту полімерних сполук на 2,27 % після 10 годин смаження, порівняно з збільшенням на 12,10 % і 11,40 % у випадку чистих бавовняних і памолейнових олій відповідно [17]. Суміш соєвої олії з бавовняною олією (80:20) показала низьке перекисне число (12,16 мекв/кг), порівняно з незмішаною соєвою олією (42,30 мекв/кг), що вказує на вищу окислювальну стабільність сумішей [18].

1.2.2 Ризики для здоров'я від використання транс-жирів

Ненасичені ЖК існують у цис-формі в природі, але невеликий відсоток ізомеризується для перетворення під час екстракції та промислової обробки, наприклад рафінування та дезодорації. Але відсоток транс-ЖК збільшується при гідрогенізації масел. Згідно з останніми дослідженнями, трансжири

шкідливі для здоров'я людини, оскільки їх споживання пов'язане з серцево-судинними захворюваннями, раком, діабетом і ожирінням [9, 6]. Таким чином, харчова промисловість шукає альтернативу гідрування для отримання продуктів, що не містять транс-ЖК. Змішування олій є простою та економічно ефективною альтернативою гідрогенізації для покращення стабільності олії під час смаження без утворення транс-жирів [19]. Дослідники [1] виготовили пластичні шортенінги, що не містять транстрасферів із сумішей кокосового стеарину та пальмового стеарину з профілем плавлення, подібним до комерційного шортенінгу для пекарні, і бажаною тригліцеридною композицією для пластичних жирів. Інфрачервона спектроскопія з перетворенням Фур'є підтвердила відсутність трансжирів у сумішах, оскільки в спектрах сумішей не спостерігався характерний пік трансжирних кислот. Використання бавовняної олії як базової олії при змішуванні також є найпростішим способом отримати відповідну олію для різних застосувань у харчовій промисловості завдяки наявності в бавовняній олії олеїнової, пальмітинової та стеаринової кислот, які роблять її природним гідрогенізованим без будь-якої обробки [20]. Пальмова олія – це інший вибір для змішування з ненасиченими оліями, оскільки забезпечує бажані функціональні характеристики олії без утворення транс-жирів на відміну від частково гідрогенізованих жирів [21]. Характеристики точки плавлення рослинного жиру з нульовим вмістом транстрасферів, отриманого шляхом змішування рівних пропорцій (50:50) пальмового стеарину та сафлорової олії з високим вмістом олеїнової кислоти, показали подібність до комерційно доступних шортенінгів. Суміш продемонструвала збалансований склад омега-жирних кислот і вищий вміст НЖК, а потім МНЖК [22]. Порівняно з комерційними шортенінгами, що містять 5 % транс-ЖК, суміш 40:40:20 пальмового олеїну, каноли та повністю гідрогенізованої соєвої олії показала 2 % транс-ЖК, і це було більш прийнятним завдяки сенсорним і текстурним властивостям [23]. Дослідники [24] отримали транс-вільні шортенінги використовуючи пальмовий стеарин, рисову суміш з висівкової олії та

вивчали вплив умов обробки, включаючи склад суміші, температуру кристалізації та перемішування на структуру кристалів шортенінгу. Композиція суміші із співвідношенням 50:50 пальмового стеарину та олії рисових висівок показала подібність до гідрогенізованих комерційних зразків щодо характеристик охолодження та плавлення.

1.3 Користь для здоров'я купажованих рослинних олій

Хвороби, які викликані способом життя, сьогодні зростають, і вони є однією з головних причин смертності в усьому світі. Харчові фактори є одними з основних факторів, що сприяють розвитку серцево-судинних захворювань, щитовидної залози, діабету, гіпертонії, ожиріння, неалкогольної жирової хвороби печінки та різноманітних видів раку, що акцентує увагу на терміновій необхідності здорового втручання в спосіб життя та харчові звички, особливо споживання харчових жирів [25]. Рекомендований діапазон щоденного споживання ПНЖК становить 6 – 11 % енергії, при цьому мінімум 2,5 % енергії з лінолевої кислоти та 0,5 % енергії з альфа-ліноленової кислоти. Консультація експертів FAO/WHO щодо ліпідів і жирних кислот у харчуванні людини (WHO, 2008) [2] повідомила, що високе споживання ПНЖК у поєднанні з більшим співвідношенням $\omega 6 : \omega 3$ може збільшити ризик хронічного запалення печінки і, як наслідок, жирової хвороби печінки [26]. Оскільки окислювальний стрес і запалення відіграють важливу роль у розвитку серцево-судинних захворювань, а споживання НЖК і транс-ЖК підвищує ризик серцево-судинних захворювань, оскільки НЖК збільшують як окислювальний стрес, так і прозапальну дію на відміну від ПНЖК, які зменшують їх і, отже, допомагають у профілактиці серцево-судинних захворювань [26].

Таким чином, насичені жирні кислоти слід замінити в раціоні на поліненасичені жирні кислоти для зміцнення здоров'я [2]. Оскільки рослинні олії становлять основну частину дієтичних жирів, споживання рослинних

олій зі збалансованим складом ЖК є критичним для досягнення рекомендованих кількостей НЖК, МНЖК і ПНЖК для профілактики та лікування ішемічної хвороби серця та інших метаболічних розладів [27]. Тому вибір правильної кулінарної олії дуже важливий у профілактиці та лікуванні ішемічної хвороби серця, оскільки кулінарна олія становить основну частину раціону. Харчова цінність і профілактичний потенціал рослинної олії оцінюється на основі трьох факторів: індексу атерогенності, індексу тромбогенності, гіпохолестеринемія: гіперхолестеринемічний коефіцієнт. Також враховують співвідношення ПНЖК : НЖК і співвідношення $\omega 6:\omega 3$. На всі ці фактори впливає склад жирних кислот в олії [19].

Виходячи з потреб людей, які страждають від розладів способу життя, відповідну рослинну олію можна створити шляхом змішування рослинних олій із контрастними профілями жирних кислот в єдину суміш олії із встановленим співвідношенням НЖК/МНЖК/ПНЖК та $\omega 6:\omega 3$ жирних кислот. Сучасні харчові жири в основному містять $\omega 6$ ЖК і насичені жири через дисбаланс у складі ЖК у більшості харчових олій. Ретельне змішування харчових олій врівноважує склад жирних кислот і збагачує олію корисними антиоксидантами, яка опосередковано допомагає в профілактиці серцево-судинних захворювань, ожиріння, дисфункції печінки та покращує імунну функцію [6].

Виявлено, що у мишей, яких годували сумішшю кокоса: соняшникова олія й кокосова олія та соєвою олією відбувається зниження рівнів ліпідів у плазмі, що свідчить про необхідність ретельного змішування кокосової олії, багатой на НЖК з оліями, багатими на ПНЖК, яка знижує атерогенний потенціал першої [28]. Дослідники [29] розробили суміш олії каноли, кукурудзяної олії, оливкової олії, арахісової олії та соняшникової олії зі співвідношенням $\omega 6:\omega 3$ ПНЖК 6:1 і годували цією сумішшю 90 самців щурів лінії Wistar протягом 12 тижнів. Рівень ЛПНЩ і тригліцеридів сироватки знизився, тоді як вміст ліпопротеїнів високої щільності збільшився в

сироватці крові мишей, яких годували змішаною олією. Також повідомлялося про значне зниження рівнів сироваткового С-реактивного білка, фактора некрозу пухлини альфа (TNF- α), артеріального тиску, індексу атеросклерозу і частоти серцевих скорочень у мишей, яких годували зі змішаним маслом. Група вчених [30] досліджували вплив різних відсотків лінолевої кислоти дуже низьку (1 %), низьку (2,8 %), помірну (5,8 %) і високу (9,7 %) енергію в раціоні чоловіків з високим вмістом жиру. Щурів Sprague–Dawley годували сумішами кукурудзяної та кокосової олії в різних співвідношеннях шляхом оцінки змін у відкладенні жиру та вибраних метаболічних біомаркерах. Суміші з високим вмістом лінолевої кислоти викликали більший приріст маси тіла та відкладення жиру в придатку яєчка у щурів порівняно з сумішами з низьким вмістом лінолевої кислоти, але високий вміст лінолевої кислоти не мав значного впливу на окремі метаболічні показники, такі як глюкоза в крові, вісфатин, лептин, сироватковий TNF- α , рівні інсуліну та С-пептиду [30]. Суміші рисових висівок, лляного насіння та кунжутної олії значно ($p < 0,0001$) знизили рівень загального холестерину в сироватці крові, холестерину ЛПНЩ, тригліцеридів на 3,47%, 4,16 %, 10,3 % і 3,93 % відповідно, у 143 пацієнтів із прикордонною гіперхолестеринемією. Співвідношення загального холестерину до холестерину ЛПВЩ і ароВ до ароА1 також знизилося на 3,44 % і 3,99 % відповідно, що призвело до покращення ліпідного профілю [31].

Повідомляється, що змішування нетрадиційних олій, таких як рисові висівки, оливкова олія, лляна олія та олія садового кресс-кресу з традиційними оліями є хорошим методом для використання переваг $\omega 3$ ЖК і корисних біологічно активних сполук, таких як оризаноли та токофероли, які присутні в них [32].

Повідомляється, що оризанол, присутній в олії рисових висівок, знижує рівень поганого холестерину (ЛПДНЩ, ЛПНЩ), не впливаючи на хороший холестерин (ЛПВЩ). Наявність антиоксидантів і фітохімічних речовин в олії рисових висівок робить її корисною для серця [6]. Вчені [33] досліджували

вплив суміші рисових висівок і сафлорової олії (70:30) на людей з гіперліпідемією в Японії протягом 12 тижнів і виявили зниження рівня холестерину в сироватці крові на 21 %. Ефективність суміші рисових висівок й оливкова олія (70 : 30) на пацієнтів з гіперліпідемією досліджували шляхом годування сумішшю олії 30 осіб протягом періоду 45 діб. Рівні загального холестерину та ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ) знизилися на 3,7 % та 9,0 % відповідно. Систолічний і діастолічний кров'яний тиск піддослідних також знизився на 2,9 % і 2,3 % відповідно. Змішування олії садового крес-кресу, багатой альфа-ліноленовою кислотою з соняшниковою олією, багатою жирними кислотами $\omega 6$, рисовими висівками або кунжутною олією, зменшує співвідношення $\omega 6:\omega 3$ і пом'якшує профіль жирних кислот кінцевої суміші. У мишей, яких годували цією сумішшю спостерігалось зниження загального холестерину [34]. Дослідження [35] повідомили, що споживання суміші канולי та лляної олії 36 особами з гіперхолестеринемією протягом 28 діб призвели до зниження холестерину ЛПНЩ на 15,1 % і співвідношення ЛПНЩ : ЛПВЩ на 7,5 %, тоді як споживання однієї олії канולי призвело лише до 3,5 % зниження холестерину ЛПНЩ, що свідчить про те, що як окрема ріпакова олія, так і суміш ріпакової олії з насінням льону мають гіполіпідемічний ефект, але суміш є більш ефективною. Гепатопротекторний ефект суміші оливкової олії та лляної олії продемонстрував у щурів, які зазнали пошкодження, викликаного СС14. Результати, отримані від дослідження показало значне зниження загального холестерину. Крім того, гістологічний аналіз гепатоцитів показав, що годування щурів змішаною олією значно зменшило некроз та інфільтрацію лімфоцитів, спричинену СС14 [36]. Дослідники [25] розробили суміш олії рисових висівок і сафлорової олії (70:30) за допомогою антиоксидантної технології та вивчили вплив змішаної олії на ліпідні параметри та ключові маркери запалення шляхом проведення рандомізованого контрольованого експерименту. Протягом 3 місяців знижувався рівень холестерину ЛПНЩ, основного маркера серцево-судинних захворювань від вихідного рівня в дослідній та контрольній групах

відповідно на 56,07 4,31 мг/дл та 31,98 3,81 мг/дл. Крім того, досліджувана група показала знижений рівень загального холестерину, окисленого ЛПНЩ і високочутливого С-реактивного білка.

1.4 Вимоги харчової промисловості щодо якості та фізико-хімічних показників жирів

Харчові олії повинні мати відповідні фізико-хімічні властивості для різних застосувань у харчовій промисловості. Підвищення попиту на кондитерські вироби, маргарин, шортенинги, емульгатори, креми та хлібобулочні вироби останнім часом потребують харчової олії з відповідною функціональністю разом із хорошою поживною цінністю, сенсорними властивостями для забезпечення оптимальної текстури, стабільності та органолептичних властивостей кінцевого продукту. Для виробництва хлібобулочних і кондитерських виробів існує потреба в жирах/оліях з деякими бажаними властивостями, такими як здатність до розтікання, кристалізація, температура плавлення та вміст твердого жиру [37].

Купажування дозволяє підбирати рослинні олії відповідно до конкретних вимог. Застосування купажованих рослинних олій у харчовій промисловості показало, що суміш стеаринової олії рисових висівок і пальмового жиру, а також суміш кукурудзяної олії і пальмового жиру можна використовувати для виробництва шортенінгів, які не містять транс генів та без необхідності процесу гідрування [38]. Маргарини з бажаною текстурою можуть бути отриманий шляхом змішування немодифікованих масел з частково гідрогенізованими маслами [39]. Було виявлено, що застосування однієї пальмової олії не підходить для приготування жирових продуктів завдяки своїй низькій пластичності, але змішування невеликої кількості його з маслом какао покращує текстуру та органолептичні властивості кінцевих готових продуктів, таких як шоколад, шляхом внесення необхідних змін у фізичні властивості та форму кристалізації [40]. Дослідники [1] оптимізували

суміш для виробництва наповнювача для печива з бажаним вмістом твердого жиру. Було розроблено 13 сумішей, які містили 20 – 70 % пальмова середня фракція, 20 – 70 % кокосової олії першого віджиму та до 10 % пальмового стеарину. Виявлено, що суміш, яка складається з 70 % пальмової середньої фракції, 20 % кокосової олії першого віджиму та 10 % пальмового стеаринк показала бажаний вміст твердого жиру. Інші вчені [41] були зробили вісім потрібних сумішей, що містять різні пропорції середньої фракції пальмової олії, рафінованої вибіленої дезодорованої пальмоядрової олії і рафінованого вибіленого дезодорованого пальмового стеарину для замітника масла какао. Суміші оцінювали за поведінкою при плавленні, визначали кристалічну морфологію, поліморфізм і вміст твердого жиру. З різних купажів виділяється суміш, що містить середню фракцію пальмової олії, рафінованої вибіленої дезодорованої пальмоядрової олії та рафінований вибілений дезодорований пальмовий стеарин у співвідношенні 14,9, 59,6 і 25,5 (% мас./мас.), відповідно, показали склад пальмітинової та олеїнової кислот і кристалічну морфологію, порівнянну з комерційним маслом какао.

Група вчених [42] проаналізувала вміст твердого жиру, ізо-тверду діаграму, поліморфізм, мікроструктуру та термічні властивості бінарних і потрібних сумішей пальмоядрової олії, пальмоядрового стеарину та пальмового стеарину. Дослідження виявило підвищення температури бінарного фазового переходу та прискорення швидкості утворення β -кристалів при додаванні різних відсотків пальмового стеарину. Масло з бажаною здатністю розтікатися також можна отримати шляхом змішування, що важливо для запікання та формування гелю. Дослідники [43] створили різні масляні суміші з різними рівнями здатності до розподілу. Суміші кокосово-арахісової олії та меленої горіхово-пальмової олії показали найвищу та найнижчу здатність до розтікання відповідно. Завдяки низькій плинності та жорсткості олії кокосового горіха, її пряме використання у виробництві харчового жиру неможливе, але її можна використовувати після відповідних модифікацій. В одному дослідженні функціональних

властивостей олії кокосового горіха вона була модифікована шляхом змішування її з пальмовою олією з подальшою хімічною переестерифікацією. Усі суміші були вільними від трансактивів і демонстрували бажаний вміст твердого жиру, який добре плавився та мав відповідні реологічні властивості [45]. Додавання діацилгліцерину на основі пальмового олеїну до кокосової олії першого віджиму покращило техніко-функціональні характеристики олії завдяки позитивним змінам у фізико-хімічних властивостях сумішей, включаючи вміст твердого жиру, температуру плавлення, склад жирних кислот і теплових профілів, що призвело до потенційного розширення діапазону його застосування, що дозволяє диверсифікувати продукцію [46]. Виявлено [24], що маргарини не містять транстрасферів через хімічну переестерифікацію сумішей рослинних олій, отриманих шляхом змішування різних пропорцій рафінованих, вибілених і дезодорованих пальмова олія або пальмовий стеарин з олією рисових висівок. Переестерифіковані суміші олій, що містять 50 – 60 % пальмового стеарину або 70 – 80 % пальмової олії з 40 – 50 % або 20 % – 30 % олії рисових висівок, відповідно, показали криві вмісту твердого жиру у діапазоні комерційних шортенінгів. Дослідники [6] досліджували фізико-хімічні властивості потрійних сумішей пальмової середньої фракції, пальмової олії та оливкової олії для приготування шортенінгів та заміників какао-масла та виявили, що потрійна суміш відповідних олій у співвідношенні 16,7 : 66,7 : 16,7 була придатною для приготування здорових шортенінгів завдяки вищому вмісту МНЖК та кращим фізико-хімічним характеристикам, таких як, низький вміст вільних жирних кислот і висока точка ковзання. Тверді жири або повністю гідрогенізовані олії в даний час використовуються в невеликій кількості у харчовій і хімічній галузях, незважаючи на те, що вони мають багато перспектив для використання в кондитерських виробках, шоколаді та інших подібних продуктах. У дослідженні [46] була проведена переестерифікація бінарних сумішей сформованих шляхом додавання 20 %, 25 %, 30 %, 35% і 40 % повністю гідрогенізованої бавовняної олії до ріпакової олії і оцінені

суміші до і після переетерифікації на вміст твердого жиру, консистенцію і склад тригліцеридів. Переетерифіковані суміші показали нижчу температуру плавлення та вміст твердого жиру порівняно з вихідними сумішами внаслідок змін у перегрупуваннях триацилгліцерину. Інтерестерифіковані суміші з канолою та повністю гідрогенізованою бавовняною олією у співвідношенні 65 : 35, 70 : 30, 75 : 25 та 80 : 20 (маса/маса) показали бажані властивості для їх застосування як шортенинги для глазури, універсальні шортенинги, спреди, і м'які маргарини відповідно. В іншому дослідженні [46], суміші повністю гідрогенізованих олій (бавовняної, пальмової, крамбової та соєвої олій) з 1, 3 та 5 % масла какао показали бажані фізичні властивості, такі як мікроструктура, вміст твердого жиру, температура плавлення та консистенція для комерційного застосування в харчових продуктах, завдяки більшій концентрації тристеарину в гідрогенізованих жирах. Повністю гідрогенізована соєва олія виявилася більш ефективною в модулюванні фізичних властивостей какао-масла порівняно з іншими дослідженими оліями.

1.5 Стратегії під час купажування олій

1.5.1 Купажування олій багатих МНЖК та НЖК з оліями, які багаті на ПНЖК

Змішування рослинних олій є економічним методом отримання рослинної олії з покращеними фізико-хімічними, поживними та сенсорними властивостями, а також стабільними до окислення. Більшість фізико-хімічних і поживних властивостей рослинних олій зумовлені їхніми профілями жирних кислот. Тому проектування купажованих рослинних олій на основі контрастних профілів жирних кислот створює спеціалізовану рослинну олію зі значно покращеними властивостями.

Щоб досягти ідеального рівня жирних кислот в оліях багаті ПНЖК можна змішувати з більш насиченими або мононенасиченими оліями, такими як бінарні суміші соняшникової, соєвої або бавовняної олії з пальмовим олеїном або кокосовою олією [17]. Незважаючи на високу поживну цінність деякі рослинні олії, такі як соняшникова та соєва олії, мають низьку стійкість до смаження через високий вміст ПНЖК [47]. Бінарні суміші соняшникової олії та кокосової олії зі співвідношенням 50 : 50 і 70 : 30 були сформульовані в дослідженні для підвищення стійкості до окислення та для збалансування складу ЖК, оскільки вони мають контрастні композиції ЖК. Суміші показали кращий індекс стабільності і більші антиоксидантні властивості, стійкість до окислення зростає з частково кокосовою олією в сумішах.

Іншою стратегією є змішування з оліями, які багаті на олеїнову кислоту (МНЖК) для покращення окислювальної стабільності олій, оскільки високий вміст МНЖК у сумішах уповільнює окислення олії під час смаження. Покращена стійкість соєвої олії до смаження при змішуванні з багатим на МНЖК маслом камелії в різних співвідношеннях (90:10, 80:20, 70:30, 60:40 і 50:50). Усі суміші продемонстрували значне збільшення вмісту МНЖК з найвищим значенням (52,16 %), отриманим у суміші, що містить 50:50 олії сої та камелії, порівняно з вмістом МНЖК у незмішаній соєвій олії (28,29 %) [1].

Значення р-анізидину та вимірювання вторинних продуктів окислення, що утворюються в оліях або жирах, показало зниження зі збільшенням частки олії камелії. Суміш соєва і камелійної олії (50:50) показали значення п-анізидину 60,55 порівняно з окремою соєвою олією (198,44) після 5 днів смаження [26].

Композиція купажу лляної олії, оливкової олії першого віджиму та сафлорової олії була створена для отримання продукту з високим вмістом основних жирних кислот, але низьким вмістом лінолевої. Для оптимізації рецептур на основі окислювальної стабільності, вмісту ЖК, фітостеролів,

токоферолів і сенсорних властивостей використовувався підхід до розробки багатоваріантної суміші. Композиція суміші, що містить оливкову олію першого віджиму, лляну олію та сафлорову олію у відсотках 85 %, 3 % та 12 %, продемонструвала покращене сенсорне сприйняття, вищу стійкість до окислення, низький коефіцієнт лінолевої та ліноленової кислот, а також вищі рівні фітостеролів і токоферолів [48].

Додавання незначних олій холодного віджиму є ще одним способом покращення окислювальної стабільності та профілю жирних кислот схильних до окислення рослинних олій, оскільки такі олії є видобуті без будь-якої термічної чи хімічної обробки і таким чином зберігають свої природні антиоксиданти. Через високий рівень $\omega 3$ ЖК та інших біоактивних сполук олії холодного пресування сьогодні набувають популярності з точки зору харчування та здоров'я [49]. Олії холодного віджиму багаті $\omega 3$ ЖК, антиоксидантами та іншими фітонутрієнтами, такими як біологічно активні ліпіди. Таким чином, їх змішування зі звичайними кулінарними оліями може вирішити дві проблеми – підвищення біологічної цінності шляхом збагачення кулінарної олії корисними біоактивними сполуками для покращення її харчової цінності та користі для здоров'я та підвищення стійкості до окислювального погіршення [50].

Купажування нетрадиційних або незначних олій з основними оліями є дуже цінним для харчової промисловості для створення функціональних харчових продуктів і харчових продуктів, що покращують здоров'я. Дослідник [51] розробив суміші соняшnikової олії з олією холодного віджиму (кминна олія, олія чорного кмину, гвоздикова олія та коріандрова олія) і спостерігав за прогресуванням окислення сумішей. Перекисне число виявилось значно нижчим у сумішах порівняно з соняшnikовою олією, що свідчить про стійкість сумішей до окислення. Це може бути пов'язано зі зміною композиції ЖК, оскільки збільшилося додавання олій холодного віджиму, які мають вищий вміст МНЖК і токоферолів при зниженні рівня ПНЖК. Різні дослідження показали, що змішування багатих

антиоксидантами мінорних олій, таких як кунжутне масло і олія рисових висівок з менш стабільними основними рослинними оліями знижує швидкість окислення під час зберігання та смаження і тим самим підвищує стійкість до окислення [32]. Біоактивні компоненти (оризанол, токоферолі та каротиноїди), які присутні в різних незначних оліях, не тільки забезпечують захист від окислення під час повторюваних циклів смаження, але також дають велику користь для здоров'я, наприклад, знижує рівень ЛПНЩ і борються з вільними радикалами [52].

Дослідники [53] отримали покращену окислювальну стабільність соєвої олії, створивши її суміші з 20 % різних олій, а саме додали масло камелії, рисові висівки олії, кунжутної олії та обліпихової олії. Незначні олії, такі як мигдальне, рапсове, рисові висівки, крес-салат і оливкова олія, мають здоровий склад жирних кислот і антиоксидантні сполуки, але їх висока вартість і обмежена доступність обмежують їх використання в якості основних кулінарних олій. Змішування цих олій з іншими основними кулінарними оліями дозволяє створити рослинну олію з оптимальними поживними властивостями та покращеною стабільністю за доступною ціною [51]. Суміші кукурудзяної олії з високим вмістом ПНЖК з оліями чорного кмину та коріандру у співвідношенні 90:10 та 80:20 відповідно, продемонстрували покращену окиснювальну стабільність завдяки незначній кількості біоактивних ліпідів, присутніх в олії кмину та коріандру, і позитивним змінам у складі ЖК [54]. Дослідники [55] змішали олію рисових висівок із шістьма різними звичайними оліями (гірчичною, оливковою, соняшnikовою, арахісовою, соєвою, пальмовим олеїном) і виявили значне покращення точки димлення та складу жирних кислот у сумішах. Купажування олії садового крес-салону з олією соняшнику, рисових висівок і кунжуту в різних пропорціях значно покращили співвідношення $\omega 6:\omega 3$ ПНЖК у сумішах [34]. Оскільки оливкова олія першого віджиму має більшу кількість сильних природних антиоксидантів і нижчу ненасиченість, вона більш стійка до окислення. Додавання 40 % оливкової олії першого віджиму

до кожної з соєвих бобів і соняшникової олії знизило вміст йоду на 16,2 і 12,0 %, відповідно, що свідчить про знижену сприйнятливість масла до окислення. Суміші також показали збільшення вмісту пальмітинової та олеїнової кислот, тоді як зниження вмісту лінолевої та ліноленової кислот, оскільки додавання оливкової олії до соняшникової та соєвої олій змінило склад ЖК, що призвело до зниження окислення ліпідів і зниження перекисного числа [56]. Через низьку окиснювальну стабільність олії насіння чіа, незважаючи на те, що вона багата поживними речовинами, вчені [57] розробили суміші олії насіння чіа, багаті на ω -3, з іншими незначними оліями, а саме. олії мигдалю (30 : 70), волоського горіха (20 : 80), смаженої та кунжутної олії (40 : 60) для підвищення стійкості до окислення. Усі суміші продемонстрували кращу стійкість до окиснення, ніж незмішана олія чіа, причому суміш олії насіння чіа та кунжутної олії (як первинної, так і смаженої) показала найвищу стійкість до окислення, як визначено перекисним числом. В іншому дослідженні суміші соняшникова олія з олією *Moringa oleifera* та кунжутною олією у співвідношенні 95:5 та 90:10 мас./мас. показали низький рівень кон'югованих дієнів та триєнів із вищою очищувальною активністю та загальним вмістом фенолів [58]. Рослинна олія з потрійними сумішами оливкової, соняшникової та крес-олій показала співвідношення ω 6/ ω 3 ПНЖК, близьке до рекомендованого значення. Суміш також показала хороші теплові характеристики, такі як стабільність, вміст токоферолу та стійкість до окислення разом зі збалансованим складом ЖК. Пероксидне число та вільне жирні кислоти в усіх сумішах були в межах допустимих [34]. Група вчених [59] оцінили окислювальну стабільність і антиоксидантну активність восьми незначних олій холодного віджиму з насіння льону, розторопші, вечірньої примули, гарбуза, ріпаку, конопель, чорного кмину, рижика та їх трьох потрійних сумішей: 1) 70 % насіння льону 27 % розторопші (3 % вечірньої примули; 2) 80 % насіння ріпаку 17 % лляна олія 3 % олія примули вечірньої; 3) 91% лляна олія: 5% олія примули вечірньої: 4 % гарбузова олія. Незважаючи на те, що лляна олія багата

ліноленовою кислотою ($\omega 3$), тому її змішують з оліями з дефіцитом $\omega 3$ для покращення співвідношення $\omega 3:\omega 6$, але високий вміст $\omega 3$ схиляє її до окислення. Таким чином, було встановлено, що окислювальна стабільність була найменшою для лляної олії, а також не було помічено значних покращень у її потрійних сумішах з олією вечірньої примули, розторопші, ріпакової та гарбузової. В іншому дослідженні основні рослинні олії (арахісову та соняшникову олії) змішували з багатими на антиоксиданти незначними оліями, такими як рафінований червоний пальмовий олеїн, рисові висівки, нерафінована кунжутна та нерафінована кокосова олії, щоб покращити їх окислювальну стабільність. Суміші арахісу з кунжутом (80:20), рисових висівок (80:20) і рафінованої червоної пальмової олеїнової олії (80:20) продемонстрували нижче перекисне число та вищу стійкість до окиснення з найвищою стабільністю арахісу: суміш рисових висівок, за якою слідує арахіс: кунжут і арахіс: суміші пальмового олеїну. Порядок стабільності сумішей відповідав вмісту оризанолу в мінорних оліях. Крім того, суміші, складені з соняшnikовою олією як основною олією, показали нижчі значення вільних жирних кислот [60]. В іншому дослідженні суміші ріпакової олії склалися з 5 %, 10 % і 20 % рисових висівок і чорного кмину. Усі суміші показали покращену окислювальну стабільність із меншим співвідношенням ПНЖК/НЖК. Співвідношення $\omega 6/\omega 3$ у сумішах насіння ріпаку/чорного кмину та насіння ріпаку/рисових висівок зросло з 2,1 до 3,7 і 3,0 відповідно. Крім того, суміші продемонстрували підвищену кількість біоактивних ліпідів, таких як токофероли, токотрієноли, сквален і β -ситостерин, що призвело до підвищення поживної цінності [61]. Бінарні суміші, сформульовані шляхом додавання 10 %, 15 % і 20 % гранатової олії до соняшnikової олії, показали кращу окислювальну стабільність, низький рівень летючих органічних сполук і кращу здатність поглинати вільні радикали, порівняно з незмішаною соняшnikовою олією [62]. Бінарні суміші 5 %, 10 % і 20 % (мас./мас.) олії чорного кмину холодного віджиму (*Nigella sativa*) з соняшnikовою олією продемонстрували покращену стабільність, що

підтверджено пероксидним числом, а також кон'югованими дієнами та триєнами [63]. Суміші соняшnikової олії з олією рижику (75:25), олією насіння льону (60:25) і олією волоського горіха (55:45) показали співвідношення $\omega 3:\omega 6$ ПНЖК, близьке до дозволеного для щоденного харчування. Крім того, швидкість накопичення пероксидів і вільних жирних кислот у сумішах, що містять 45 % олії волоського горіха або 40 % олії рижику були значно нижчими, ніж у незмішаних оліях [63]. Бінарні суміші соєвої олії з 20 % обліпихової олії, олії камелії, олії рисових висівок, кунжутної олії та арахісової олії показали кращу окиснювальну стабільність, що підтверджено зниженням пероксидного числа, п-анізидинового числа, кон'югованих дієнів і кон'югованих триєнів. Крім того, вміст ПНЖК у сумішах зменшився, тоді як вміст ПНЖК збільшився, що також сприяло окислювальній стабільності [64]. В іншому дослідженні соняшnikову олію з дефіцитом $\omega 3$ ЖК змішували з олією насіння льону в різних пропорціях (10 % – 100 %) для отримання збалансованої за поживністю рослинної олії, збагаченої $\omega 3$ ЖК і каротиноїдами. Відсоток $\omega 3$ ЖК збільшився з 0,07 % у незмішаній соняшnikовій олії до 47,88 % у суміші, що містить 90 % лляної олії, але відсоток $\omega 6$ ПНЖК і МНЖК зменшився в сумішах з більш ніж 20 % лляної олії. Суміш 80:20 соняшnikової олії та олії насіння льону продемонструвала оптимальне співвідношення $\omega 6:\omega 3$, вміст МНЖК та каротиноїдів [65].

1.5.2 Зміни фізико-фізичних властивостей у купажованих оліях

Фізико-хімічні властивості масел визначають якість, стабільність та інші хімічні або функціональні характеристики одержуваних з них продуктів. Різноманітні фізичні властивості масел, такі як колір, точка помутніння, точка димлення, в'язкість і щільність, впливає змішування в результаті зміни складу триацилгліцеридів [19]. Точка димлення будь-якої олії означає температуру, при якій олія починає утворювати токсичні пари, що означає її

розкладання на вільні жирні кислоти та гліцерин. Для смаження рекомендується використовувати олію з температурою димлення вище 200 °С. Дослідники [18] змішали бавовняну олію та соєву олію в різних співвідношеннях і виявили, що температура диму всіх сумішей була вище 200 °С. Завдяки своїй високій точці димлення олія рисових висівок покращує окислювальну стабільність менш стабільних кулінарних олій при змішуванні у відповідних пропорціях і тим самим підвищує придатність суміші для глибокого температурного приготування, смаження. Вчені [55] проаналізували температуру димлення бінарних сумішей, які отримані шляхом змішування соєвої, гірчичної, арахісової, оливкової та соняшnikової олій з олією рисових висівок у двох співвідношеннях (70:30, 80:20), і виявили підвищення температури димлення всіх сумішей з найвищою точкою димлення (204 °С) для олії з арахісовим рисом й висівкової масляної суміші (70:30).

Колір є одним із важливих атрибутів олії, який впливає на прийнятність споживачів. Колір пов'язаний з різними хімічними та фізичними властивостями олії [66]. Змішування з відповідними маслами може зменшити колір. Вчені [56] змішали 10 %, 20 % і 40 % оливкової олії першого віджиму з соєвою та соняшnikовою олією та виявили збільшення індексів кольору всіх сумішей порівняно з окремими оліями. Суміші соєвої олії з 10 %, 20 % і 40 % оливкової олії показали індекси кольору 47,92, 58,53 і 76,50 відповідно, порівняно з індексами кольору 25,60 і 194,20 у випадку окремої соєвої та оливкової олії відповідно. Подібним чином, колірні індекси 31,78, 46,17 і 46,17 були отримані при додаванні 10 %, 20 % і 40 % оливкової олії до соняшnikової олії (11,38). Накопичення окислювальних сполук, таких як гідропероксиди, кетони та інші нелеткі розкладені сполуки, такі як вільні жирні кислоти, полімерні сполуки, викликають збільшення інтенсивності кольору та потемніння олії під час смаження. Зміна кольору олії під час смаження є візуальним показником рівня окисного псування олії [67]. Дослідники [26] повідомили, що додавання олії камелії до соєвої олії

призвело до покращення термічної стабільності та сповільнило потемніння соєвої олії під час смаження завдяки високому вмісту фенолів в олії камелії, що уповільнює швидкість окислення.

Підсумки з огляду

З аналізу огляду літератури бачимо, що для підвищення стійкості олій чи жирів до псування за їх зберігання існують декілька способів, які базуються на технологічних прийомах із застосуванням хімічної чи фізичної обробки. Водночас відзначаємо, що найперспективнішим є спосіб купажування (змішування) багатих на антиоксидантні речовини олії з малостійкими. Проте, зазвичай олії, які стійкі до окислення мають «поганий» жирно кислотний склад для здоров'я споживачів, а олії, які малостійкі характеризуються значним вмістом ПНЖК, крім того останні зазвичай є дорого вартісні. Тому виникає завдання по-перше, дослідити стійкість олій до різних факторів за їх зберігання, а по-друге розробити купаж олій, який би поєднював корисне співвідношення есенціальних жирних кислот, до того ж ці олії мали б помірну вартість.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження

Метою цієї роботи було оцінити свіжість трьох видів рослинних олій від різних виробників та визначити вплив факторів зберігання на їх якість.

Об'єкт дослідження – рослинні олії, кислотне, колірне та пероксидне число олій, жирнокислотний профіль олій.

Предмет дослідження: оцінка показників свіжості рослинних олій та визначення факторів зберігання на їх якість.

Методи досліджень: аналітичні (огляд літературних даних щодо способів покращення свіжості та жирнокислотного складу рослинних олій та жирів); фізико-хімічні (кислотне, колірне, пероксидне число), хімічні (оцінка жирно кислотного профілю олій), органолептичні (прозорість, консистенція, запах, смак), статистичні (вірогідність результатів дослідження).

Виконання кваліфікаційної роботи представлено на схемі (рис. 2.1), яка побудована із трьох незалежних частин. Зокрема, з одного аналітично-теоретичного та двох експериментальних.

У першій – ґрунтовно описано на основі даних різних джерел роль рослинних олій та жирів у харчуванні людини, про корисні й негативні властивості різних жирів та наведено перспективні сучасні технологічні рішення щодо покращення якості олій та жирів. Сформульовано напрямки для подальших досліджень.

У експериментальній частині першого підрозділу проведено оцінку свіжості трьох видів олій від різних виробників за показниками, що характеризують її свіжість й якість, визначено профіль жирних кислот у цих оліях.

У другій експериментальній частині змодельовано вплив найбільш поширених факторів зберігання на якість і свіжість рослинних олій від різних виробників.



Рисунок 2.1 – Схема досліджень

Зокрема, у першій дослідній групі проби тьох видів олій зберігали за температури $+ 18 \pm 2$ °C протягом 3-6 місяців за умов рекомендованих виробником (закрита посудина, темне місце); у другій дослідній групі проби також витримували за цієї температури, але був вплив сонячних променів та доступ повітря.

2.2 Методи досліджень

У кваліфікаційній роботі використано такі методи показники міри свіжості рослинних олій: кислотне, колірне й пероксидне число, а також їх сенсорні властивості (прозорість, колір, запах, смак) як це рекомендують стандарти на ці види олій [69, 71, 73]. Перераховані фізико-хімічні показники свіжості (кислотне, колірне й пероксидне число) рослинних олій оцінювали згідно методик приведених методичних рекомендацій [74]. До того ж жирнокислотний профіль у вказаних оліях визначали хроматографічним методом за рекомендаціями [75].

Кожне дослідження проводил тричі, а отримані дані обраховували статистично з використанням комп'ютерної стандартної програми Word Excel. Дані вважалися вірогідними, у випадку різниці між порівнюваними величинами більше $P \leq 0,05$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Роль олій у здоровому функціонуванні організму споживачів

Омега-3 ПНЖК є есенціальними нутрієнтами, що відіграють критично важливу роль у підтриманні здоров'я людини протягом усього життя. Вони не синтезуються в організмі людини в достатній кількості, тому їхнє надходження з їжею або дієтичними добавками є необхідною умовою для забезпечення оптимального функціонування фізіологічних систем. До основних омега-3 ПНЖК належать α -ліноленова, ейкозапентаєнова й докозагексаєнова кислоти. Альфа-ліноленова кислота є попередником ейкозапентаєнової та докозагексаєнової, проте ефективність її конверсії в ці кислоти в організмі людини є відносно низькою [3].

Омега-3 ПНЖК виконують різноманітні біологічні функції, зумовлені їхнім впливом на клітинні мембрани, метаболічні шляхи та генетичну експресію [3].

Результати численних досліджень підтверджують позитивний вплив омега-3 ПНЖК на різні аспекти здоров'я людини. Омега-3 ПНЖК мають доведену ефективність у профілактиці та лікуванні серцево-судинних захворювань. Вони знижують рівень тригліцеридів у крові, покращують функцію ендотелію судин, знижують артеріальний тиск, зменшують ризик тромбоутворення та аритмій [4].

Рослинні олії, такі як лляна, соєва, конопляна та олія рижію, є важливим джерелом α -ліноленової кислоти. Лляна олія особливо вирізняється високим вмістом α -ліноленової кислоти, що робить її одним з найбагатших рослинних джерел омега-3 [1].

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) ввела три важливі фактори для оцінки харчової цінності олій: 1) наявність антиоксидантів, 2) співвідношення насичених, моно- та поліненасичених жирних кислот і 3)

співвідношення незамінних жирних кислот. ВООЗ запропонувала співвідношення 1 : 1,5 : 1 для насичених, моно-, поліненасичених жирних кислот та як 1 : 5 – 10 для альфа-ліноленової кислоти (омега 3): лінолевої кислоти (омега 6) у харчових продуктах (ВООЗ, 2008) [2]. Рекомендована добова доза омега-3 для дорослих становить від 250 до 500 мг ейкозапентаєнової та докозагексаєнової кислот. Для людей із кардіологічними й судинними патологіями або іншими станами, що потребують підвищеного споживання омега-3 ПНЖК ця доза може бути підвищена [2].

Соняшникова та кукурудзяна олії є важливими джерелами ліпідів у харчовій промисловості й громадському харчуванні, проте мають відмінності, що визначають їхню харчову цінність та сфери застосування.

Соняшникова й кукурудзяна олії, що отримується з насіння соняшнику та із зародків кукурудзи, є одними з найбільш поширених рослинних олій у світі. Її склад характеризується високим вмістом лінолевої кислоти, яка належить до омега-6 кислот. Лінолева кислота є есенціальною для людини, оскільки не синтезується в організмі та повинна надходити з їжею. Однак, надмірне споживання омега-6 кислот, за відсутності достатньої кількості омега-3, може сприяти розвитку запальних реакцій [36].

Оскільки жодна конкретна олія не відповідає всім харчовим вимогам купажування та розроблення способів, які зменшують псування олій є актуальним.

Змішування рослинних олій з різними властивостями є одним із найпростіших методів створення нових специфічних продуктів із бажаними текстурними та окисними властивостями. Різні жири мають різні фізичні та хімічні характеристики. Використання однієї рослинної олії може мати низькі фізичні, хімічні та поживні властивості, а також низьку стійкість до окислення. Наприклад, використання чистої кунжутної або оливкової олії має деякі недоліки, такі як низький вміст ліноленової кислоти (омега-3 незамінної жирної кислоти) [1, 3].

3.2 Оцінка соняшникової, кукурудзяної та лляної олій за показниками їх свіжості

Олії та жири виконують багато функцій у приготуванні харчових продуктів. Якість, стабільність і харчові властивості олії є найважливішими факторами в харчових технологіях. Немає чистої олії з хорошими функціональними та поживними властивостями та відповідною стійкістю до окислення. Різні види рослинних олій характеризуються неоднаковою стійкістю до зберігання, водночас для того, щоб правильно проводити купаж та виробництво харчових продуктів у склад, яких входять олії, необхідно знати фактори, які впливають на їх стабільність та зміну цього складу й біологічної цінності. До того ж на показники свіжості й тривалості зберігання, значення має не тільки вид олії, а й способи її виробництва, сорт сировини з якої олія виготовлена, природно-кліматичні умови вегетації рослин, умови зберігання сировини, сам процес та застосовані технології виробництва та зберігання. Для визначення чинників, які можуть вплинути на олії за її зберігання, першочергово ми визначали показники свіжості трьох олій, які мають різний хімічний склад, а отже й біологічну цінність. Досліджували найбільш поширену в Україні серед споживачів соняшкову олію, також багато споживачів використовують кукурудзяну, яка вважається ціннішою за жирнокислотним складом за соняшкову та оцінювали лляну – яка стоїть на першому місці за есенціальними омега-3 й омега-6 жирними кислотами. При цьому серед застосовуваних методів визначення свіжості й окислювальних процесів були кислотне, пероксидне й колірне число вищевказаних олій. Дані показники визначали у оліях рафінованих п'ятьох різних виробників, які було позначено номерами від 1 до 5.

Результати з визначення гідролітичних процесів у пробах соняшкових олій різних виробників за кислотним числом наведено на рис. 3.1.

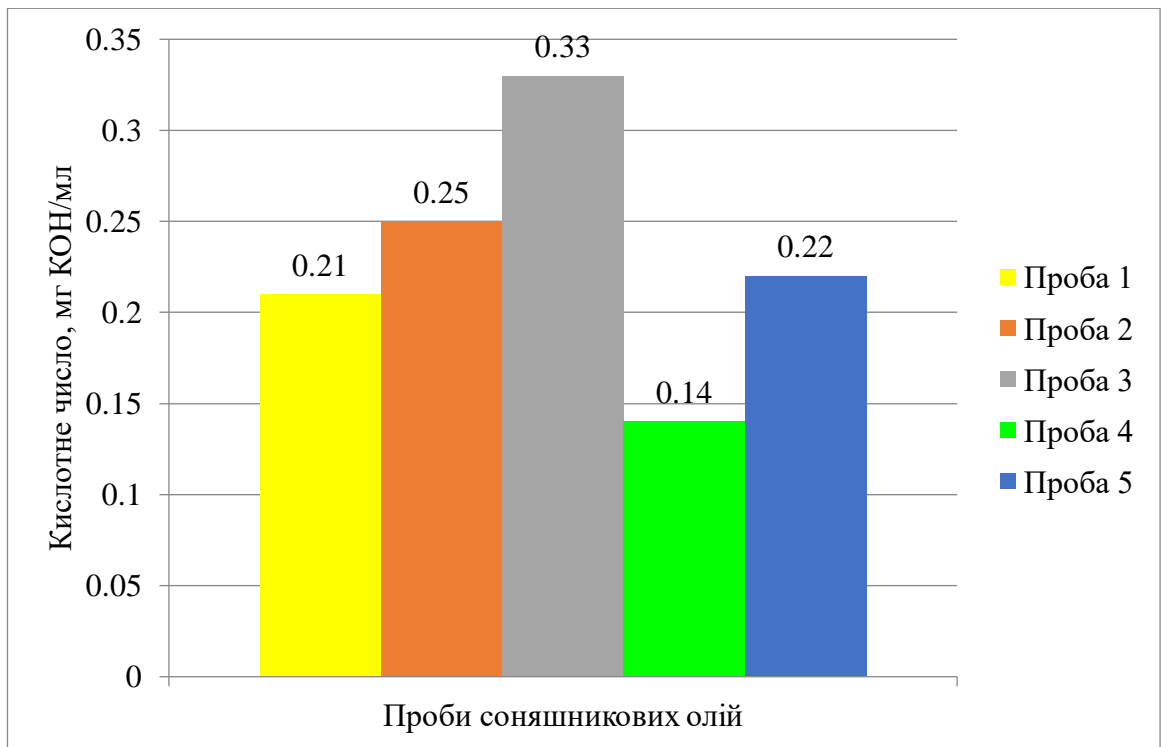


Рисунок 3.1 – Характеристика проб соняшникових олій різних виробників за кислотним числом

Виявлено (рис. 3.1), що за кількістю накопичених гідролітичних продуктів (вільних жирних кислот) досліджені проби соняшникових олій від різних виробників відрізнялися між собою. Зокрема проба №4 мала найнижчу кількість продуктів гідролізу – $0,14 \pm 0,01$ мг КОН/мл, а найбільшу кількість мала проба під №4 – $0,33 \pm 0,01$ мг КОН/мл. Тобто різниця між найбільшою й найменшою кількістю продуктів гідролізу становила, в середньому 57 %. Втім необхідно відзначити, що стандарт 4492 : 2017 «Олія соняшникова» [69] визначає допустиму нормовану кількість даних гідролітичних речовин до 0,5 мг КОН/мл. Інші три проби соняшникових олій не мали вірогідної різниці між собою за початкової кількості кислотного числа, воно становило від 0,21 – 0,25 мг КОН/мл. Такі дані узгоджуються з результатами [68], що навіть від одного виробника соняшникова олія може мати кислотне число, яке суттєво відрізняється між собою, водночас у процесі її обробки кислотне й пероксидне число знижується, але подальше зберігання сприяє зростанню.

Загалом з цих досліджень підсумовуємо, що соняшникова олія із кількістю продуктів гідролізу $0,33 \pm 0,01$ мг КОН/мл, практично в два рази буде мати менший запас стійкості протягом навіть дотримання умов її зберігання, порівнюючи з олією з вмістом вільних жирних кислот близько $0,14 \pm 0,01$ мг КОН/мл.

Зберігання олій за дії на них світла тобто за порушення умов рекомандованих стандартом викликає у них окислювальні процеси, які найкраще й найоптимальніше характеризує показник пероксидне число. Значення цього числа є мірою свіжості олій чи жирів, оскільки воно дає числову характеристику накопиченим первинним сполукам (перекисам, гідроперекисам чи діалкілперекисам) при окисленні жировмісних речовин. Ці сполуки визначаються шляхом взаємодії з йодом. Відповідно стандарт на рослинні олії [69] регламентує цей показник, зокрема для рафінованої й дезодорованої олії пероксидне число не має перевищувати норму у $10^{1/2}$ ммоль/кг.

Результати проведеного аналізу п'ятих проб соняшникові олії за пероксидним числом наведено на рис. 3.2.

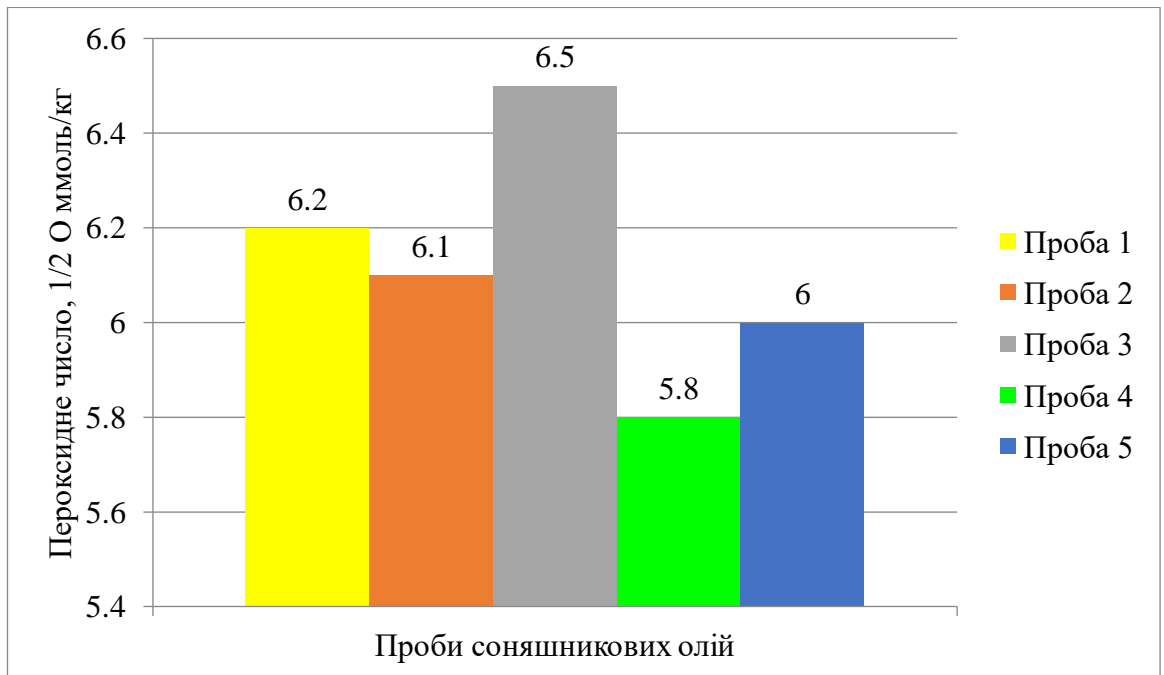


Рисунок 3.2 – Характеристика проб соняшникових олій різних виробників за пероксидним числом

Встановлено (дані рис. 3.2), що проби соняшникових олій за пероксидним числом також відрізнялися між собою, як і в попередніх дослідженнях з визначення кислотного числа. Зокрема найбільший показник пероксидного числа також мала проба соняшnikової олії під № 3 – $6,5 \pm 0,2$ $^{1/2}\text{O}$ ммоль/кг, а найменше значення за продуктами переокисів було у проби №4 – $5,8 \pm 0,1$ $^{1/2}\text{O}$ ммоль/кг. Тобто, ці дві проби соняшникових олій на нашу думку вважаються нижчої якості щодо свіжості, при порівнянні з пробамі олій під номерами 1, 2 та 5, у яких пероксидне число було у межах $6,0 - 6,2$ $^{1/2}\text{O}$ ммоль/кг. Хоча у дослідженнях [68] за оцінки міри свіжості соняшникові олії за рафінації виявлено, що у не рафінованих оліях переокисне число було навіть 12 $^{1/2}\text{O}$ ммоль/кг, а після нейтралізації зменшувалося максимум на 20 %. Автори стверджують, що незадовільні процеси очищення і за довготривалого зберігання олія буде мати високе переокисне число, тому загальнозакономірний процес наступний: чим числове значення переокисного показника вище, тим триваліший час олія зберігалася за умов, які посилюють окислення (світло, відкрита упаковка).

Загалом при оцінці п'ятьох проб рафінованих соняшникових олій від різних виробників за показниками пероксидне й кислотне число бачимо, що олії під номером три є найнижчої якості, порівнюючи з іншими дослідженими пробамі, хоча і всі вони вкладаються у допустимий норматив для цієї марки олії до 10 $^{1/2}\text{O}$ ммоль/кг.

Наступним застосованим показником, яким було оцінено свіжість соняшникової олії від різних виробників було колірне число. Воно характеризує свіжість, а також є показником міри очищення, технології виробництва та відповідно її якості. За ДСТУ 4492 : 2017 «Олія соняшnikова» [69] показник колірності нормують до 10 мг йоду, яке визначають методом колориметрично чи спектрометрично. Для рафінованих й дезодорованих олій цей показник має бути набагато нижчим, ніж у олій нерафінованих, оскільки у них наявні різні пігменти (хлорофіл, каротиноїди) та токоферолі. До того ж за наявності продуктів окислення у оліях колірність

також зростає через появу помутніння. Тому колірне число олій є не менш важливим показником їх якості у харчовій галузі, оскільки воно впливає на сприйняття олії споживачем.

На рисунку 3.3 подана характеристика проб соняшникових олій різних виробників за колірним числом.

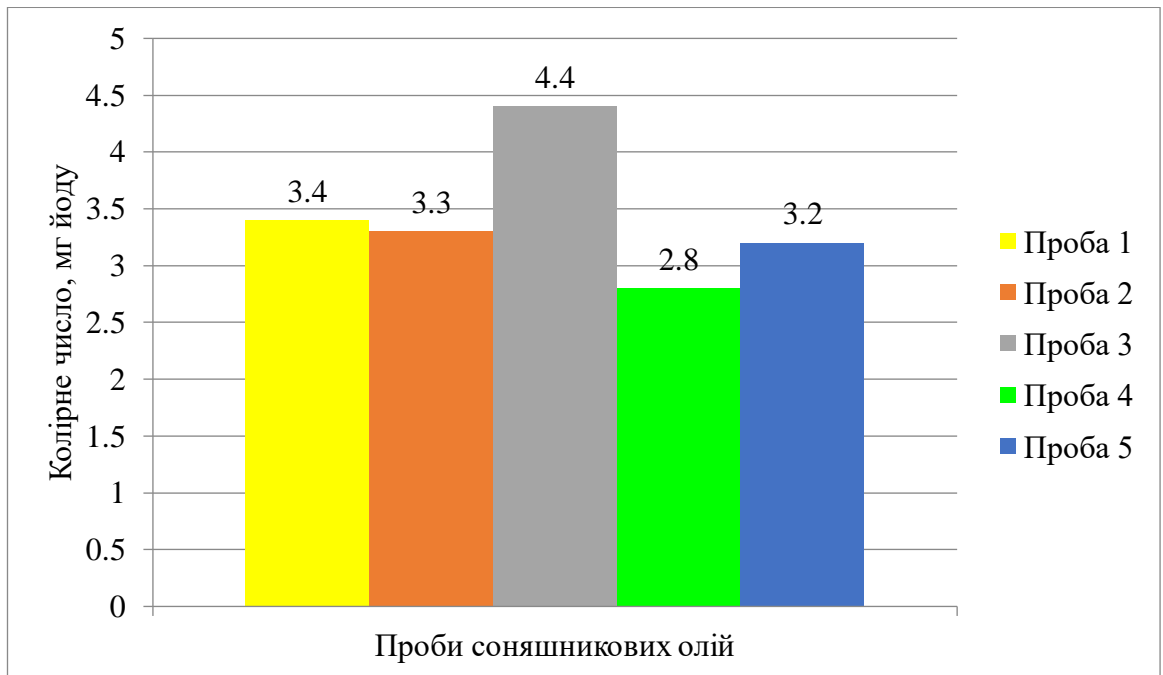


Рисунок 3.3 – Характеристика проб соняшникових олій різних виробників за колірним числом

Встановлено (дані рис. 3.3) відмінність за колірним числом у п'ятьох пробах соняшnikової олії між собою. Зокрема, найвищий показник колірності спостерігали у пробі №3, який становив $4,4 \pm 0,1$ мг йоду, а найнижчий у пробі №4 – $2,8 \pm 0,1$ мг йоду. Тобто різниця між цими пробами була приблизно в півтора рази, водночас навіть за значно вищого результату колірності у пробі №3, це результат був, у середньому, в два рази менший максимально допустимого рівня (10 мг йоду) для рафінованих й дезодорованих олій [69]. У пробах за номерами 1, 2 та 5 величина колірності вірогідно між собою не відрізнялася й становила $3,3 \pm 0,1$ мг йоду.

Отже, за показником колірності досліджені проби соняшникової олії від різних виробників не перевищували дозвалені межі стандарту на цей вид олії.

Оцінка свіжості реалізованих видів соняшникових олій від різних виробників показала їх високу якість за пероксидним, кислотним й колірним числом. Водночас з позиції біологічної цінності важливе значення привертає на себе визначення їх жирно кислотного складу з наступним порівнянням з оліями з інших рослин. Тому для ґрунтовнішої характеристики взятих у дослід олій було проведено дослідження їх жирнокислотного складу. Результати досліджень середнього вмісту жирних кислот у соняшникових оліях наведено на рис. 3.4.

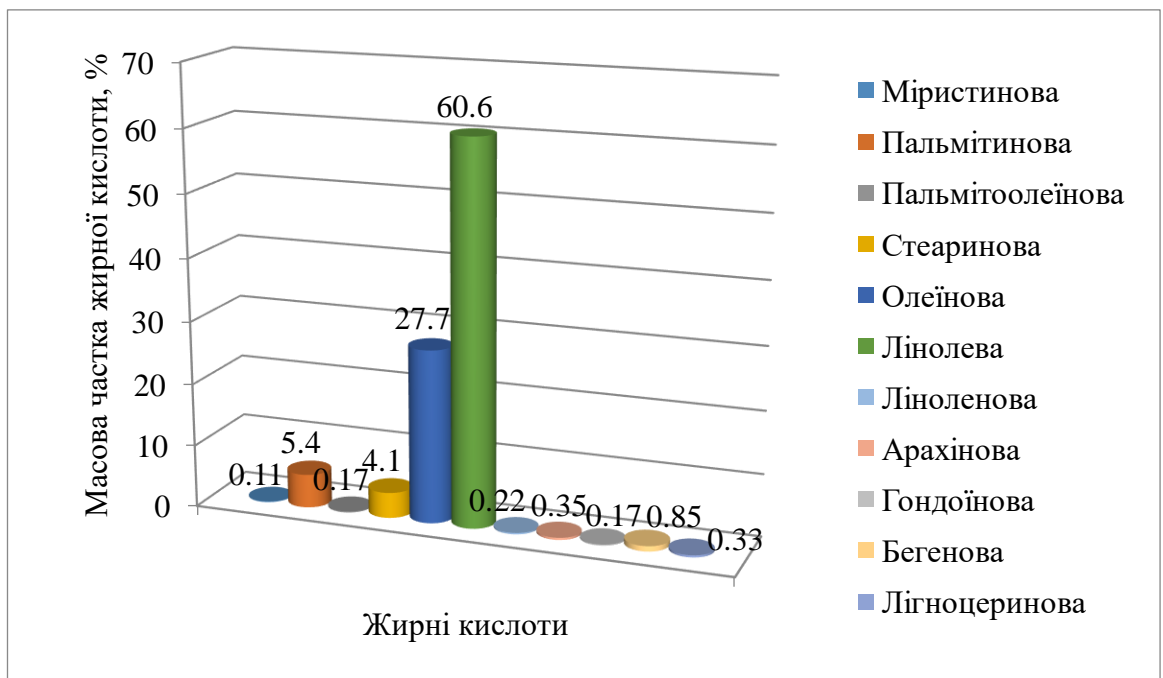


Рисунок 3.4 – Жирнокислотний склад соняшникових олій різних виробників

Виявлено (рис. 3.4), що основна жирна кислота у соняшниковій олії – це ліноленова, яка відноситься до родини омега-6, її вміст становив $60,6 \pm 2,3$ %. Практично в два рази менший вміст – $27,7 \pm 1,8$ % виявляли олеїнову кислоту, яка є представником групи омега-9 жирних кислот. Втім дуже незначна кількість у соняшниковій олії становить біологічно цінна кислота із

групи омега-3 – лінолева, на частку якої припадає $0,22 \pm 0,08$ %. В загальному співвідношенні між омега-3 до омега-6 та омега-9 жирними кислотами становить 1 : 275 : 125, тобто у соняшниковій олії відмічаємо надзвичайний дефіцит представників омега-3 жирних кислот, які якраз і є біологічно-цінним для функціонування організму.

Загалом відзначаємо наявність достатньої кількості у соняшниковій олії незамінних таких жирних кислот із групи омега-6, як лінолева та частково арахідова, втім у ній практично відсутній вміст іншої незамінної жирної кислоти із родини омега-3 – ліноленої. Тому проблему надходження в організм кислоти омега-3 необхідно вирішувати споживанням іншої сировини для забезпечення рекомендованого співвідношення між цими жирними кислотами.

За органолептичного оцінювання усі зразки дослідженої соняшникової олії мали прозорий без осаду вигляд. При цьому запах їх був природний, не специфічний, за смаковими властивостями не відмічали гіркоти та інших не притаманних оліям присмак.

Друга рослинна олія, яка нами була піддана оцінці на предмет свіжості та якості за тими самими показниками, що й соняшникова була кукурудзяна, також від різних виробників. Особливістю кукурудзяної олії є те, що вона містить значну кількість убіхінону та велику кількість альфа- і гамма-токоферолів (вітамін Е), які захищають його від окислювального прогіркання. Він має хороші сенсорні якості для використання в якості додавання до різних харчових продуктів. Кукурудзяна олія добре засвоюється та забезпечує енергією та незамінними жирними кислотами. До того ж вона є високоефективним харчовим маслом для зниження рівня холестерину в сироватці крові. Через низький вміст НЖК, що підвищує рівень холестерину, і високий вміст ПНЖК, що знижує рівень холестерину, споживання кукурудзяної олії може замінити НЖК на ПНЖК, і ця комбінація більш ефективна для зниження рівня холестерину, ніж просте зниження НЖК. ПНЖК в першу чергу знижує рівень холестерину ліпопротеїнів

низької щільності, який є атерогенним. Тому необхідність використання кукурудзяної олії для сприяння споживанню ПНЖК на рівні 10 % у раціоні було б корисним для здоров'я серця [70]. Результати дослідження щодо характеристики свіжості кукурудзяних олій від різних виробників за кислотним числом наведено на рис. 3.5.

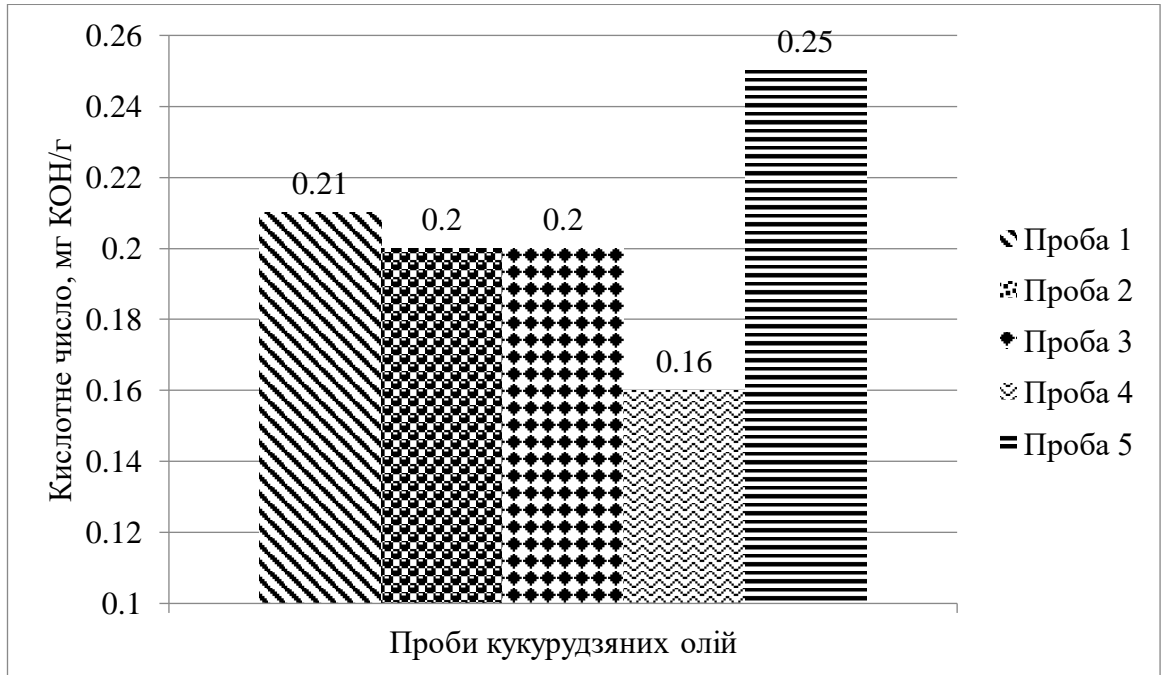


Рисунок 3.5 – Характеристика проб кукурудзяних олій різних виробників за кислотним числом

Встановлено (дані рис. 3.5) різні величини щодо вмісту продуктів гідролізу (вільних жирних кислот) у пробах кукурудзяної олії, яка реалізується. Найменша кількість гідролітичних речовин була у рафінованій олії під номером чотири – $0,16 \pm 0,2$ мг КОН/г, що є свідченням низких змін з накопиченням вільних жирних кислот. У пробі номер п'ять вміст цих речовин був на 56,2 % більший, ніж у четвертій, що вказує інтенсивніші гідролітичні зміни. Інші перші три проби (№1, №2 та №3) були з кислотним числом $0,20 \pm 0,2$ мг КОН/г. Водночас навіть за найбільшого виявленого кислотного числа у кукурудзяній олії, вона відповідала допустимим показникам стандарту 8808 – 2003 «Олія кукурудзяна» [71] до 0,35 – 0,40 мг КОН/г.

Загалом досліджені кукурудзяні олії характеризувалися низьким ступенем гідролітичних змін і мали суттєвий запас стійкості до гідролізу у випадку подальшого зберігання. До того ж необхідно відзначити більший запас стійкості, тобто нижчі показники кислотного числа у кукурудзяній олії, порівнюючи з соняшниковою. Це свідчить про можливість кращого її застосування у харчових матрицях, які пропонуються для довготривалого зберігання.

Дослідження з визначення пероксидних продуктів, як показника їх свіжості й доброї якості, у пробах соняшникової олії від різних виробників наведено на рис. 3.6.

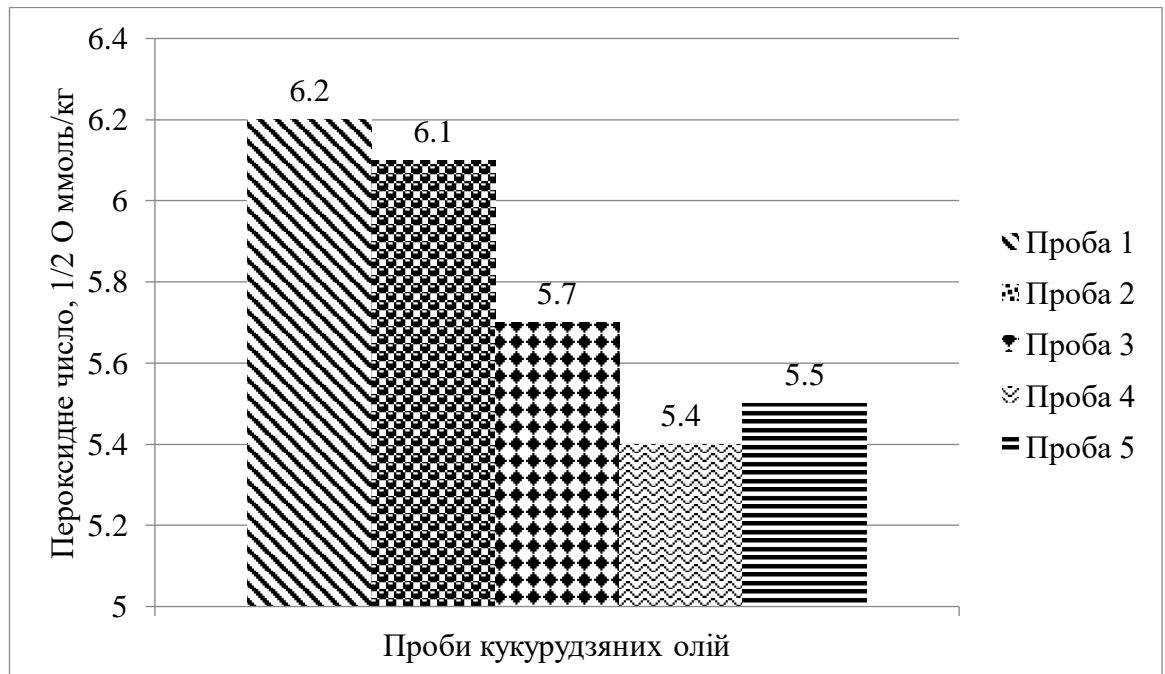


Рисунок 3.6 – Характеристика проб кукурудзяних олій різних виробників за пероксидним числом

Встановлено (табл. 3.6) деякі відмінності щодо накопичених пероксидних продуктів у пробах кукурудзяної олії різних виробників. Зокрема проби номер 4 й 5 були з найменшим пероксидним числом – $5,4 \pm 0,2$ 1/2O ммоль/кг, а проби під номерами 1 та 2 з найбільшим вмістом речовин окислення – $6,15 \pm 0,2$ 1/2O ммоль/кг. Водночас усі п'ять проб соняшникової олії не перевищували за кількістю пероксидів норматив у 10 1/2O ммоль/кг,

який передбачений стандартом 8808 – 2003 «Олія кукурудзяна» [71]. Також можна відзначити, що проби кукурудзяної олії під номерами 4, 5 та 3 будуть менш схильні до окислення, а номер 1 та 2 сприятливіші. Ці результати засвідчують на можливість використання усіх п'ять олій у технологіях харчових продуктів без суттєвої зміни продуктів окислення за тривалого зберігання. У дослідженнях [72] також було виявлено високу якість кукурудзяної олії виготовленої в Україні за пероксидним числом, що вказує, що українські виробники олій, виготовляють їх високої якості.

Загалом усі проби кукурудзяної олії за пероксидним числом відповідають показникам свіжості для реалізації протягом тривалого часу.

Дослідження з визначення колірності (насиченості) кукурудзяної олії природними пігментами, як показника її очищення й водночас свіжості наведено на рис. 3.6.

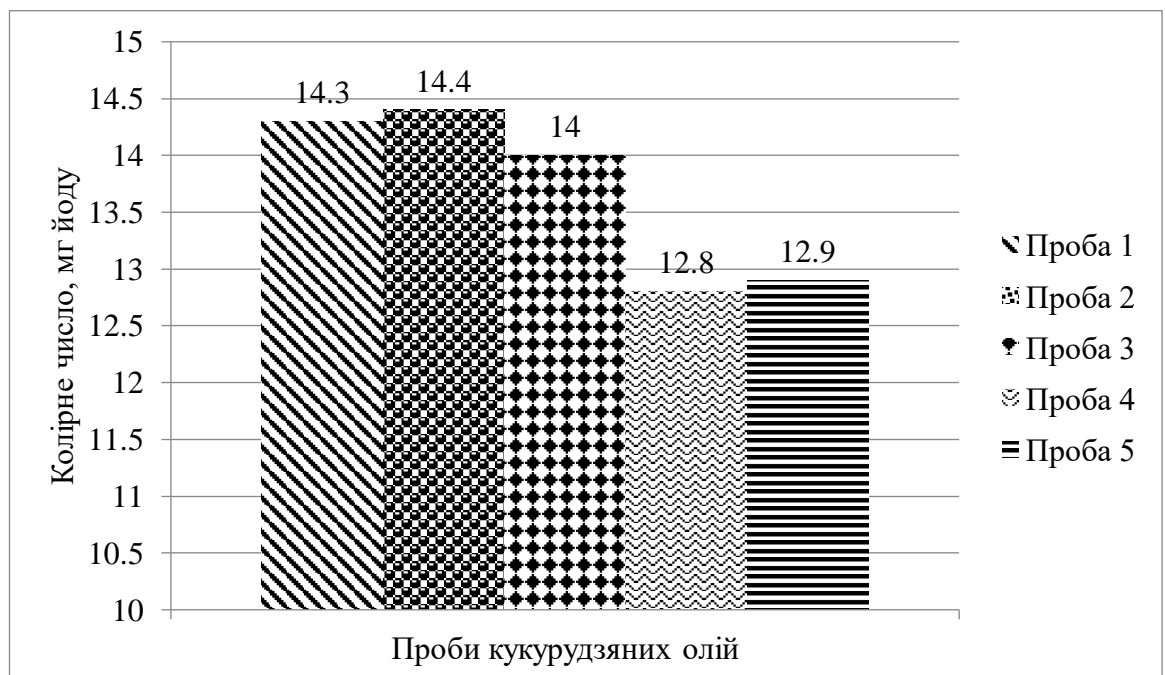


Рисунок 3.7 – Характеристика проб кукурудзяних олій різних виробників за колірним числом

Виявлено (дані рис. 3.7), що колірне число досліджуваних нами кукурудзяних олій підтверджує дані відносно їх кислотного й пероксидного числа, оскільки проби під номером 4 й 5 мали найнижчий показник

колірності $12,85 \pm 0,1$ мг йоду. Ці проби олій за вмістом кислотного й пероксидного числа також були найсвіжішими, втім проби за номерами 1 й 2 характеризувалися найвищим показником колірності. Дані проби також мали найвище кислотне й пероксидне число серед досліджених олій.

Отже, відзначаємо, що досліджувані проби кукурудзяних олій за колірним числом відповідають вимога стандарту 8808 – 2003 «Олія кукурудзяна» [71], який регламентує цей показник до 20 мг йоду.

Характеристика кукурудзяних олій за жирнокислотним складом наведена на рис. 3.8.

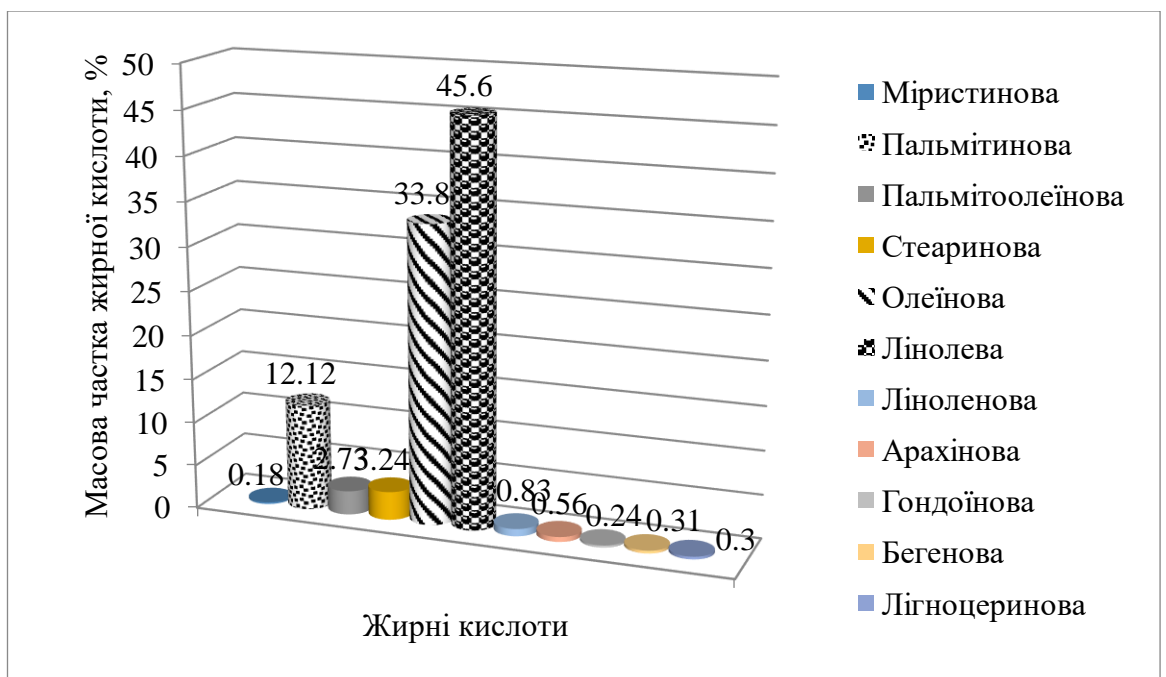


Рисунок 3.8 – Жирнокислотний склад кукурудзяних олій різних виробників

Виявлено (рис. 3.8), що у кукурудзяній олії жирнокислотний склад у найбільшій кількості представлений однією незамінною кислотою із родини омега-6 й однією замінною кислотою з родини омега-9, тобто ліноленовою та олеїновою на частку яких припадало $45,6 \pm 2,4$ та $33,8 \pm 1,9$ %, відповідно. Незамінна, есенціальна кислота із родини омега-3 – ліноленова становила у кукурудзяній олії 0,83 % від загальної частки, тобто в чотири рази більший вміст ніж у соняшниковій олії. Водночас, якщо порівняти співвідношення у

кукурудзяній олії омега-3 до омега-6, то воно складало 1 : 55, тобто практично в 10 – 5 разів більша кількість ліноленової олії, як це рекомендує ВООЗ (1 : 5 – 10) [2]. Втім якщо порівняти біологічну цінність за жирнокислотним складом кукурудзяної й соняшникової олій, то співвідношення ліноленової до лінолевої кислоти у кукурудзяній олії є набагато кращим, а відповідно вона буде корисніша для споживачів, як джерело есенціальних омега-3 кислот. Однак, лінолева кислота також є незамінною харчовою речовиною необхідною для цілісності шкіри, клітинних мембран, імунної системи та для синтезу ікозаноїдів. Ікозаноїди необхідні для репродуктивної, серцево-судинної, ниркової та шлунково-кишкової функції та стійкості до хвороб [1, 36].

За органолептичної оцінки усі проби дослідженої кукурудзяної олій мали прозорий без осаду вигляд. При цьому мали властивий даному виду олій запах, який був без сторонніх ароматів, а смак не мав гірокти й присмаку, отже відповідав свіжим видам олій.

Третю олію, яку нами було взято у дослід та визначено показники свіжості – це була лляна олія. Адже ця олія має корисні для здоров'я властивості та має профілактичні властивості при ішемічній хворобі серця, деяких видах раку, неврологічних і гормональних розладах, її використовують як функціональну їжу. Лляна олія є найбагатшим джерелом альфа-ліноленової кислоти, яка становить близько 55-60% від загальної кількості жирних кислот. Лляна олія містить 73% ПНЖК, 18% МНЖК, 9% НЖК, найбагатше джерело омега-3 жирних кислот. Хороше джерело фітоестрогенів під назвою лігнани, можливе використання для профілактики раку молочної залози [36].

Враховуючи це нами проведено характеристику проб лляних олій різних виробників за показниками свіжості та їх жирнокислотним складом та порівняли із нормами стандарту на цю олію. Результати кислотного числа приведено на рис. 3.9.

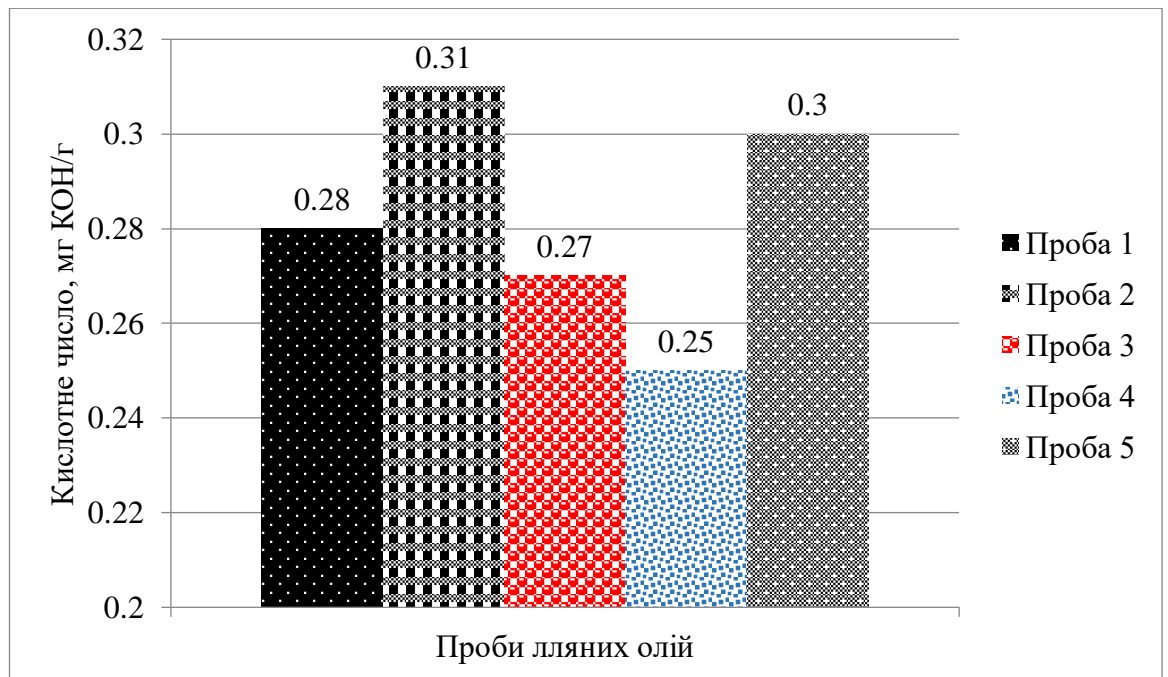


Рисунок 3.9 – Характеристика проб лляних олій різних виробників за кислотним числом

Виявлено (рис. 3.9), що досліджувані лляні олії характеризувалися різним показником кислотного числа, яке коливалося від 0,25 до 0,31 мг КОН/г, при стандартному нормативі до 0,50 мг лугу. Тобто, це засвідчує на низькі гідролітичні зміни (наявність вільних жирних кислот) у цих рафінованих оліях. Хоча літературні джерела [36] вказують, що цей вид олій проявляє дуже низьку стабільність до умов зберігання, оскільки навіть рафіновані лляні олії за правильного зберігання (темне, прохолодне місце) мають термін придатності 1 – 3 місяці.

Отже, лляні олії різних виробників, які досліджені нами були свіжими за показником кислотне число.

Дослідження відносно кількості пероксидів у лляних оліях різних виробників приведено на рис. 3.10. Спостерігаємо найнижчу кількість окислених сполук у лляній олії номер 1, пероксидне число, якої становила $1,2 \pm 0,1 \frac{1}{2}\text{O}$ ммоль/кг. У лляних оліях за номерами 3 й 4 кількість виміяних пероксидних сполук становило $1,3 \pm 0,1 \frac{1}{2}\text{O}$ ммоль/кг, а в оліях за номером 2 й п'ять – $1,4 \pm 0,1 \frac{1}{2}\text{O}$ ммоль/кг. Необхідно зазначити, що норма

пероксидного числа для лляної олії складає до $2,0 \frac{1}{2}O$ ммоль/кг, це засвідчує, що усі досліджені олії цілком придатні до вживання та відносять до свіжих.

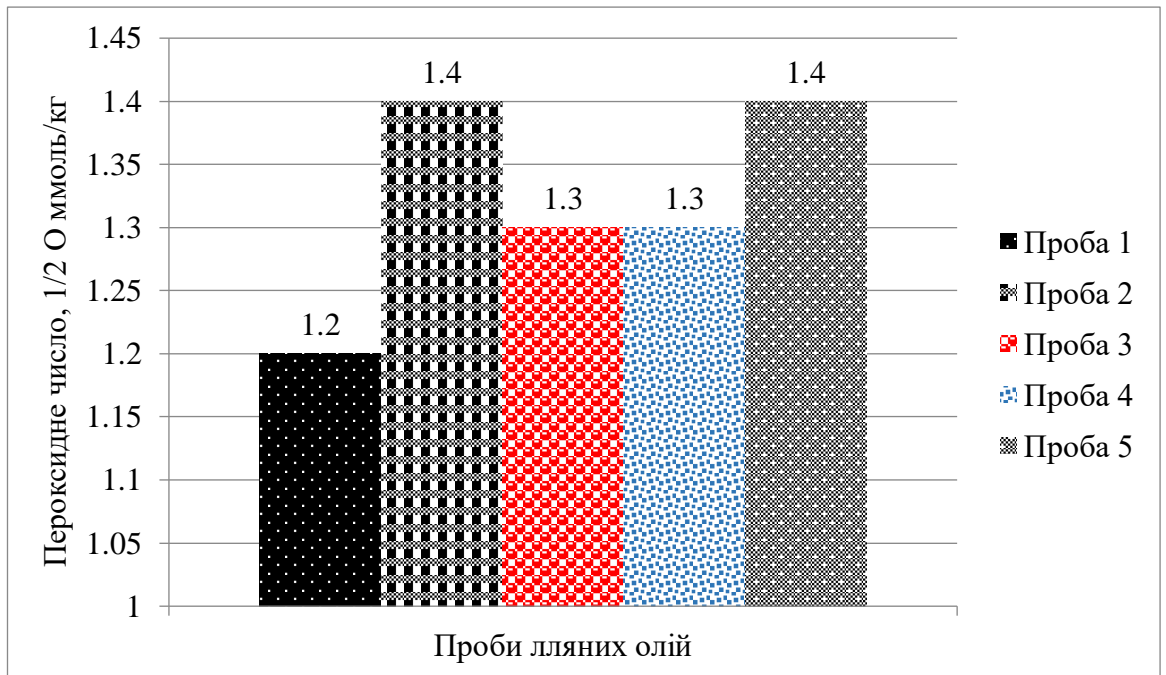


Рисунок 3.10 – Характеристика проб лляних олій різних виробників за пероксидним числом

Отже, величина пероксидного числа досліджених лляних олій від різних виробників не перевищує встановлений норматив, що є індикатором свіжості даних олій.

Характеристика колірності проб лляних олій різних виробників наведена на рис. 3.11. Відзначаємо, що проба лляної олії номер 1 мала найнижчий показник колірності, який складав $11,0 \pm 0,2$ мг йоду, у проб олій під номером 3 й 4 цей показник становив $12,0 \pm 0,2$ мг йоду, а найбільша величина колірного числа була у олії під номером 2 – $14,0 \pm 0,2$ мг йоду. Це свідчить про відповідність граничним нормам до 20 мг йоду, а також вказує на свіжість оцінених нами лляних олій.

Загалом результати трьох досліджень (кислотне, пероксидне й колірне число) щодо визначення якості п'ятьох лляних олій від різних виробників показують хорошу їх якість, та практично відсутні зміни окислення, що свідчить про добрі умови зберігання.

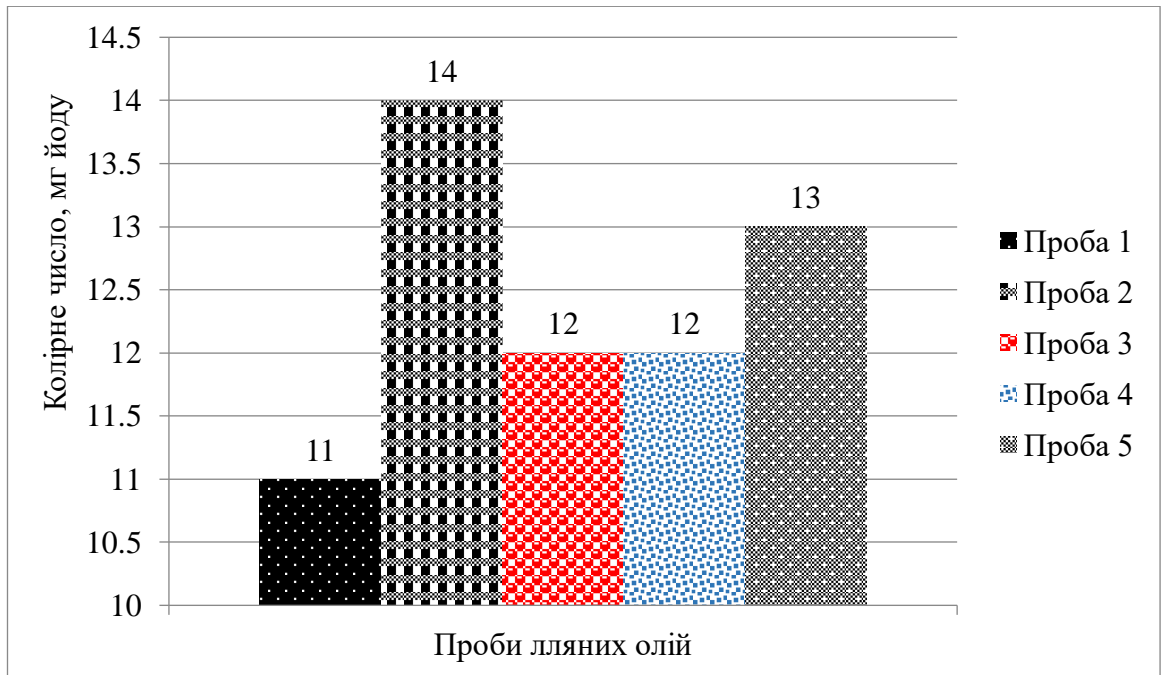


Рисунок 3.11 – Характеристика проб лляних олій різних виробників за колірним числом

Оцінка жирнокислотного складу взятих у дослід лляних олій наведена на рис. 3.12.

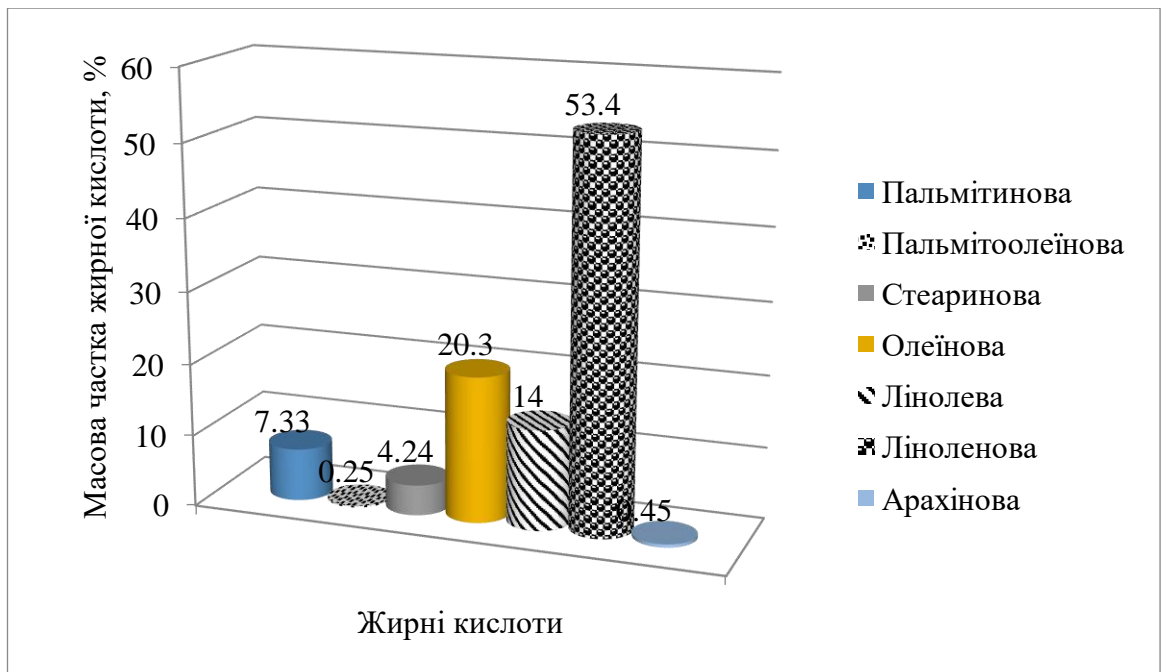


Рисунок 3.12 – Жирнокислотний склад лляних олій різних виробників

Виявлено (рис. 3.12), що закономірно ключовою жирною кислотою досліджених лляних олій є незамінна альфа-ліноленова із родини омега-3, на частку якої припадає $53,4 \pm 2,7$ %. Другою за масовою часткою кислотою у лляних оліях була із родини омега-9 – олеїнова, яка становила $20,3 \pm 1,6$ %, та третє місце припадало також на незамінну кислоту із родини омега-6 – лінолеву $14,0 \pm 1,1$ %. Тобто ми підтверджуємо дані, що лляна олія за умови відповідності вимогам стандарту щодо свіжості є значним джерелом такої дефіцитної незамінної жирної кислоти, як ліноленова. При цьому співвідношення між ліноленовою і лінолевою (омега-3 і омега-6) становить близько 1 : 4, що заданими ВООЗ [2] вважається ідеальним.

Отже, досліджені свіжі лляні олії мали природне притаманне їм співвідношення есенціальних жирних кислот, що вказує на високу їх якість та біологічну цінність

3.3 Характеристика впливу умов зберігання досліджених олій на зміну кислотного числа

Загальновідомо, що рослинні олії за умов зберігання піддаються псуванню за участі різних факторів, таких як сонячні промені, дія кисню, температури, тощо. Серед досліджених нами трьох олій найменший термін придатності має лляна олія (3 – 5 місяців), соняшникова та кукурудзяні рафіновані олії згідно рекомендацій виробника можуть зберігатися протягом 12 – 24 місяці. Для з'ясування впливу таких факторів зберігання, як доступ кисню повітря, сонячні промені ми змоделювали дослід, у якому кожна з олій була розділена на дві частини: одну частину олій зберігали в закритій посудині в темному місці, другу частину у відкритій посудині за кімнатної температури й впливу денного світла. Один раз в місяць у даних пробах олій визначали кислотне число, а дослід тривав протягом 6 місяців для соняшничкової й кукурудзяної олій та 3 місяці для лляної олії. Результати цих досліджень наведено на рис. 3.15.

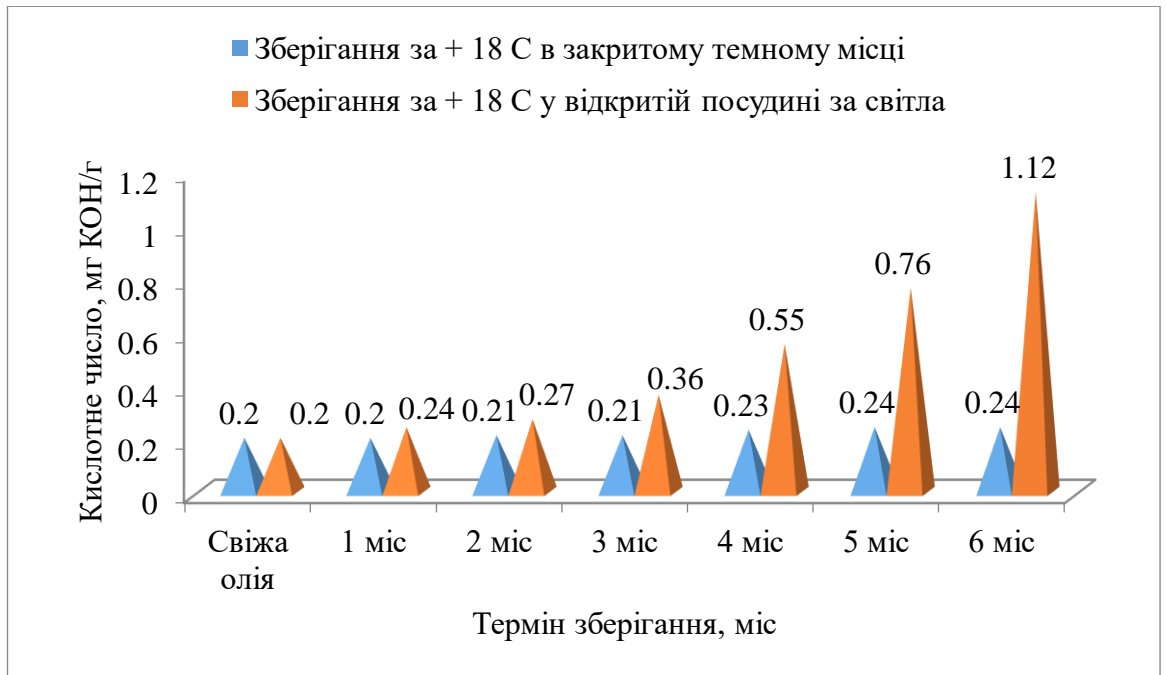


Рисунок 3.13 – Зміна значення кислотного числа соняшникової олії за моделювання факторів зберігання

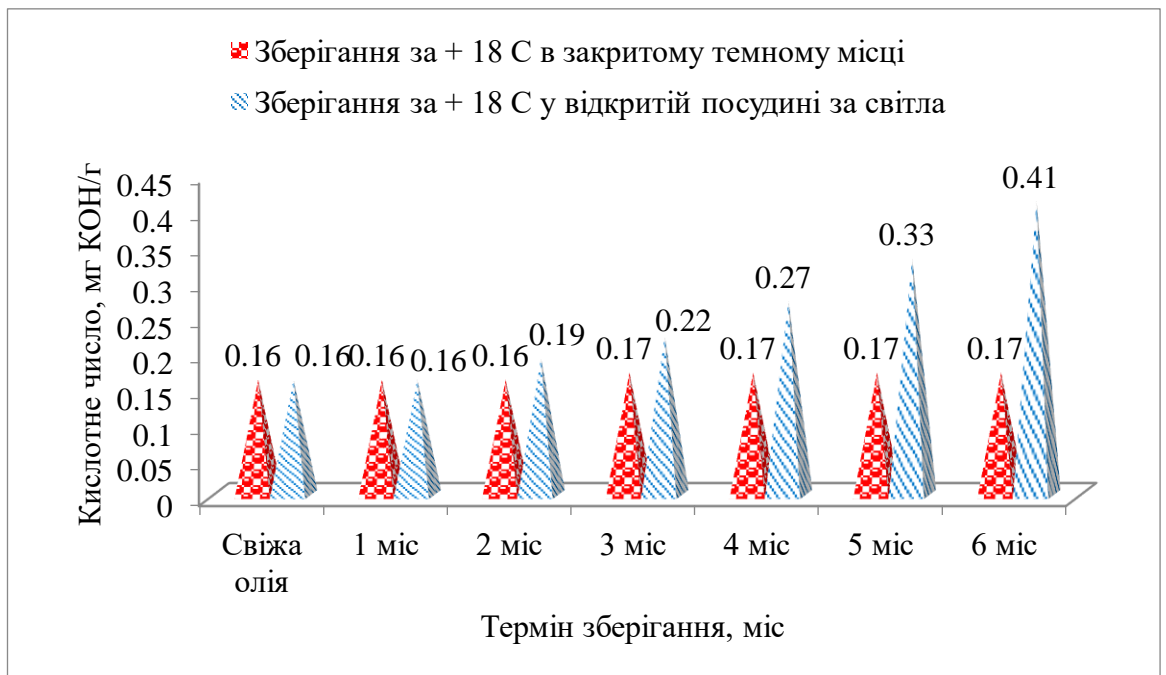


Рисунок 3.14 – Зміна значення кислотного числа кукурудзяної олії за моделювання факторів зберігання

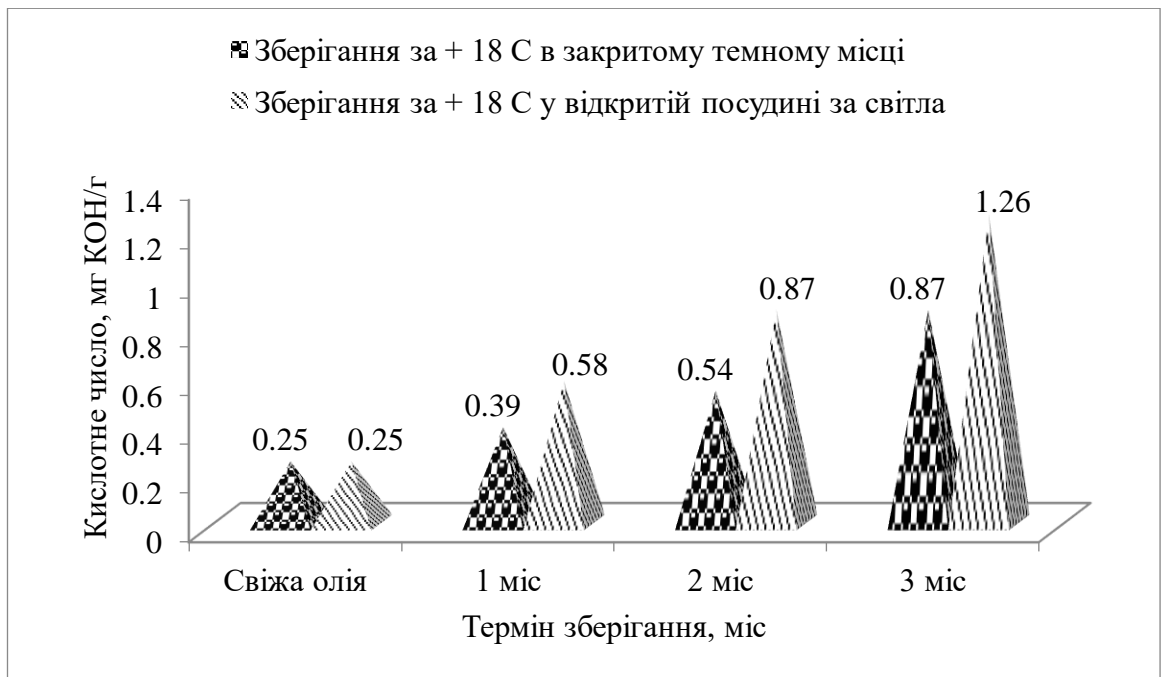


Рисунок 3.15 – Зміна значення кислотного числа лляної олії за моделювання факторів зберігання

Встановлено (дані рис. 3.13 – 3.15), що у двох дослідних оліях (кукурудзяній й соняшниковій), які зберігалися в темному місці в закритій тарі протягом шести місячного терміну не відзначали вірогідного збільшення кислотного числа, тобто показник відповідав практично початковому значенню їх свіжості. Втім у другій частині дослідних олій, які зберігалися за умов доступу повітря й природного світла, виявлено інтенсивні гідролітичні зміни, які призводили до збільшення кислотного числа в 5,6 разів для соняшnikової олії та в 2,5 раза для кукурудзяної. Тобто кукурудзяна олія є більш стабільною до зберігання й накопичення продуктів гідролізу.

Оцінка лляної олії виявила її слабку стійкість до окислення й гідролізу, оскільки навіть зберігання у закритому й темному місці протягом 3 місяців у ній проходять гідролітичні процес. При цьому за цей час кислотне число зросло в 3,5 раза. У другій частині олії, яке зберігалася за впливу світла кислотне число протягом трьох місячного терміну зросло, в середньому в 5 разів. Отже, для забезпечення тривалого періоду свіжості олій їх треба зберігати без доступу світла й закритому посуді.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Фактори, що впливають на здоров'я працівників підприємств харчової промисловості

Охорона праці на харчових підприємствах є складним та багатогранним завданням, що потребує постійної уваги та комплексного підходу. Забезпечення безпечних та здорових умов праці є не тільки моральним обов'язком роботодавця, але й важливим фактором підвищення продуктивності праці та конкурентоспроможності підприємства.

Специфіка харчового виробництва зумовлює наявність ряду факторів, що можуть негативно впливати на здоров'я працівників, а саме механічні, хімічні, біологічні, фізичні та ергономічні небезпеки.

Механічні небезпеки включають роботу з рухомими механізмами (різальні, подрібнюючі, пакувальні машини), транспортування вантажів, слизькі поверхні підлоги – все це створює ризик травмування (порізи, удари, переломи, вивихи). Хімічні небезпеки пов'язані з використанням миючих та дезінфікуючих засобів, контактом з харчовими добавками та консервантами, що може призвести до хімічних опіків, отруєнь, алергічних реакцій [76].

Біологічні небезпеки - це контакт з мікроорганізмами (бактерії, грибки, віруси) під час переробки сировини тваринного та рослинного походження створює ризик інфекційних захворювань. Фізичні небезпеки включають шум, вібрація, температурні перепади (робота в холодильних камерах або біля термічного обладнання), іонізуюче та неіонізуюче випромінювання (наприклад, при використанні пакувального обладнання) можуть призвести до порушень слуху, захворювань опорно-рухового апарату, теплових ударів або переохолоджень [76].

Ергономічні небезпеки - це монотонна робота, підняття та перенесення важких вантажів, незручне робоче положення можуть спричинити розвиток професійних захворювань, таких як радикуліт, тендиніт, карпальний тунельний синдром [76].

З метою забезпечення безпечних умов праці на харчових підприємствах необхідно впроваджувати комплексний підхід, що включає оцінку ризиків, проведення організаційно-технічних та санітарно-гігієнічних заходів, впровадження систем управління охороною праці [76].

Оцінка ризиків пов'язана із ідентифікацією та аналізом потенційних небезпек на кожному робочому місці з метою розробки ефективних заходів запобігання.

Технічні заходи включають використання безпечного обладнання, встановлення захисних огорожень, блокувань, вентиляційних систем, забезпечення належного освітлення та мікроклімату. До організаційних заходів відносяться: розробка інструкцій з охорони праці, проведення навчання та інструктажів для працівників, контроль за дотриманням правил безпеки, забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Санітарно-гігієнічні заходи - це дотримання вимог гігієни виробництва та особистої гігієни працівників, забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями, проведення медичних оглядів [76].

Важливим на підприємствах харчової промисловості є впровадження систем управління охороною праці (СУОП), тобто створення ефективної системи управління, що охоплює всі аспекти охорони праці та забезпечує постійне поліпшення умов праці.

Виробництво рослинних олій, хоча й є важливою галуззю харчової промисловості, пов'язане з низкою специфічних небезпек. Починаючи з приймання та зберігання сировини, такої як насіння соняшнику, кукурудзи чи сої, і закінчуючи фасуванням готової продукції, на кожному етапі технологічного процесу існують потенційні ризики для здоров'я працівників та навколишнього середовища [76].

Однією з головних небезпек є пожежна та вибухова небезпека. На підприємствах цього типу присутня велика кількість горючих речовин: сама рослинна олія, лушпиння, макуха, пил, що утворюється під час переробки насіння. Особливо небезпечні процеси екстракції з використанням органічних розчинників, таких як гексан. Пари гексану легко займаються та утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. Будь-яка іскра, несправність обладнання або порушення правил техніки безпеки можуть призвести до серйозних пожеж та вибухів. Крім того, скупчення пилу від насіння в повітрі та на обладнанні також створює вибухонебезпечну ситуацію [76].

Процес екстракції сам по собі несе певні ризики. Використання гексану вимагає суворого дотримання правил зберігання, транспортування та застосування. Необхідно забезпечити ефективну вентиляцію, щоб концентрація парів розчинника в повітрі робочої зони не перевищувала допустимих норм. Витоки гексану з обладнання можуть призвести не тільки до отруєння працівників, але й до забруднення навколишнього середовища.

Далі, етапи рафінації та дезодорації пов'язані з використанням високих температур та вакууму. Це створює ризик опіків та травмування обладнанням, що працює під тиском. Можливі викиди пари та гарячих газів, що також становить небезпеку для персоналу.

Процес гідрогенізації, що застосовується для отримання твердих жирів, також пов'язаний з роботою при високих температурах і тиску, що збільшує ризик вибуху обладнання. Використання каталізаторів, таких як нікель, додає хімічну небезпеку.

Крім технологічних ризиків, існують і екологічні проблеми. Виробництво олії супроводжується утворенням великої кількості стічних вод, що містять органічні речовини та жири. Недостатнє очищення цих вод може призвести до забруднення водойм. В атмосферу також викидаються пил, пари розчинників та інші забруднюючі речовини. Крім того, утворюються відходи виробництва, такі як лушпиння та макуха, які

потребують утилізації або переробки. Неправильне поводження з відходами може завдати шкоди навколишньому середовищу [76].

Важливу роль відіграють також організаційні фактори. Недостатня кваліфікація персоналу, що працює зі складним технологічним обладнанням та небезпечними речовинами, може призвести до помилок та аварій. Недотримання правил охорони праці та технологічних регламентів також є серйозним ризиком. Неефективний контроль за станом обладнання, несвоєчасне виявлення та усунення несправностей може призвести до аварій та зупинки виробництва [76].

Важливо також згадати про ризики, пов'язані зі зберіганням та транспортуванням готової продукції. Неправильне зберігання та транспортування олії може призвести до її псування та втрати якості. Крім того, існують і економічні ризики, такі як коливання цін на сировину та готову продукцію, конкуренція на ринку та зміни в законодавстві, які можуть негативно вплинути на фінансовий стан підприємства [76].

Таким чином, забезпечення безпеки на олійноекстракційних підприємствах вимагає комплексного підходу. Необхідно постійно вдосконалювати систему управління охороною праці, впроваджувати сучасні технології та методи профілактики виробничого травматизму та професійних захворювань, а також підвищувати рівень обізнаності працівників з питань безпеки праці.

Рекомендації для покращення системи охорони праці на олійноекстракційних підприємства:

- Активізувати співпрацю між роботодавцями, профспілками та державними органами з питань охорони праці.
- Запроваджувати на підприємствах сучасні системи управління охороною праці, що відповідають міжнародним стандартам.
- Проводити регулярний моніторинг умов праці та оцінку професійних ризиків.
- Підвищувати рівень кваліфікації працівників з питань охорони праці.

- Заохочувати працівників до активної участі у вирішенні питань безпеки праці.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Дії працівників олійно-жирової промисловості у випадку такої надзвичайної ситуації, як пожежа

Оскільки олійноекстракційні підприємства є об'єктами підвищеної небезпеки, на яких зосереджено велику кількість горючих речовин, використовуються високі температури та тиск, а також застосовуються хімічні речовини, тому, окрім запобіжних заходів, вкрай важливо мати чіткий план дій на випадок надзвичайних ситуацій.

Пожежа або вибух – це один з найсерйозніших ризиків. Перше, що необхідно зробити – це негайно повідомити про пожежу або вибух відповідні служби, набравши номер 101 для пожежної охорони, а також терміново повідомити керівництво підприємства. Важливо чітко вказати місце загоряння, характер пожежі та чи є постраждалі. Одночасно з цим необхідно активувати систему пожежної сигналізації та оповіщення на підприємстві, щоб всі працівники були проінформовані про небезпеку. Далі слід негайно розпочати евакуацію персоналу згідно з планом евакуації, переконавшись, що ніхто не залишився в небезпечній зоні. Якщо є можливість, і це безпечно, можна спробувати загасити пожежу первинними засобами пожежогасіння, такими як вогнегасники або пожежні крани. Важливо пам'ятати про власну безпеку та не ризикувати життям. При гасінні електрообладнання необхідно використовувати тільки вуглекислотні або порошкові вогнегасники. Також, за можливості, необхідно відключити електроживлення в зоні пожежі та перекрити подачу газу та інших горючих речовин до місця загоряння. Після прибуття пожежних підрозділів необхідно забезпечити їм доступ до території підприємства та місця пожежі. І вже після того, як пожежу ліквідовано,

необхідно провести ретельний огляд місця події, щоб виявити можливі приховані осередки горіння та оцінити завдані збитки [77].

Інша можлива надзвичайна ситуація – це витік хімічних речовин, наприклад, гексану. У цьому випадку також необхідно діяти швидко та чітко. Перш за все, потрібно негайно повідомити про витік керівництво підприємства та відповідні служби, наприклад, службу з надзвичайних ситуацій за номером 112. Далі необхідно ізолювати зону витоку, обмеживши доступ сторонніх осіб. Працівники, що знаходяться поруч, повинні застосувати засоби індивідуального захисту, такі як респіратори, захисні костюми та рукавиці. Важливо забезпечити інтенсивну вентиляцію приміщення, щоб знизити концентрацію парів хімічної речовини. Для локалізації розливу можна використовувати пісок або інший сорбент. Після ліквідації витоку необхідно провести дегазацію забрудненої території. І, звичайно, у разі отруєння необхідно надати першу медичну допомогу постраждалим [77].

Ще один можливий сценарій – це аварія з обладнанням, що працює під тиском. У цьому випадку необхідно негайно припинити роботу обладнання та відключити його від джерел енергії. Потім необхідно ізолювати небезпечну зону та евакуювати персонал. Про аварію необхідно повідомити керівництво підприємства та відповідні служби. До прибуття спеціалістів не можна наближатися до пошкодженого обладнання. Після ліквідації аварії необхідно провести ретельне обстеження обладнання та з'ясувати причини поломки [77].

На кожному олійному підприємстві повинен бути розроблений план локалізації та ліквідації аварій (катастроф), який враховує специфіку виробництва та потенційні ризики. Цей план повинен регулярно переглядатися та оновлюватися, а персонал повинен проходити навчання та тренування з дій у надзвичайних ситуаціях. І, звичайно, не варто забувати про своєчасне проведення технічного обслуговування та ремонту обладнання, а також контроль за дотриманням правил охорони праці та

технологічних регламентів. Дотримання цих рекомендацій допоможе мінімізувати ризики виникнення надзвичайних ситуацій та забезпечити безпеку працівників та навколишнього середовища [77].

План локалізації та ліквідації аварій (ПЛЛА) на олійноекстракційних підприємствах є комплексом організаційно-технічних заходів, спрямованих на запобігання, локалізацію та ліквідацію наслідків аварійних ситуацій, що можуть виникнути в процесі виробництва. Він є обов'язковим документом для об'єктів підвищеної небезпеки, до яких належать олійноекстракційні підприємства, згідно з законодавством України.

ПЛЛА розробляється з метою забезпечення готовності підприємства до ефективного реагування на надзвичайні ситуації, мінімізації людських втрат, матеріальних збитків та негативного впливу на навколишнє середовище. Він базується на комплексному аналізі потенційних небезпек, властивих конкретному виробництву, та враховує специфіку технологічних процесів, обладнання та речовин, що використовуються.

Структурно ПЛЛА складається з таких основних розділів [77]:

1. Загальні положення: Цей розділ містить загальну інформацію про підприємство, його місцезнаходження, організаційну структуру, характеристику виробництва, перелік потенційно небезпечних факторів та можливі сценарії розвитку аварійних ситуацій. Він також визначає мету, завдання та сферу дії ПЛЛА.

2. Аналіз небезпек та оцінка ризиків: Цей розділ є ключовим з точки зору наукового підходу до розробки ПЛЛА. Він передбачає ідентифікацію всіх потенційних джерел небезпеки на підприємстві, аналіз причин та механізмів виникнення аварій, оцінку ймовірності їх реалізації та масштабу можливих наслідків. Для цього використовуються різні методи аналізу ризиків, такі як метод «дерева відмов», метод аналізу видів та наслідків відмов (FMEA), метод HAZOP тощо. Результати аналізу оформлюються у вигляді таблиць, схем та діаграм, що відображають рівні ризиків для різних сценаріїв аварій.

3. Організація управління та зв'язку: Цей розділ регламентує структуру управління ліквідацією аварій, визначає склад та функції оперативного штабу, порядок оповіщення та зв'язку між структурними підрозділами підприємства, а також з зовнішніми аварійно-рятувальними службами (ДСНС), медичними закладами, екологічними інспекціями та іншими зацікавленими сторонами.

Заходи з локалізації та ліквідації аварій: Цей розділ містить детальний опис конкретних дій персоналу та аварійно-рятувальних служб у разі виникнення різних типів аварій. Для кожного сценарію розробляються алгоритми дій, що включають: оперативне оповіщення про аварію, ізоляцію небезпечної зони, евакуацію персоналу, застосування засобів індивідуального та колективного захисту, локалізацію джерела аварії, ліквідацію наслідків аварії, надання першої медичної допомоги постраждалим.

4. Забезпечення ресурсами: Цей розділ визначає необхідні матеріально-технічні ресурси для ліквідації аварій, включаючи аварійно-рятувальне обладнання, засоби пожежогасіння, засоби індивідуального захисту, медичні препарати, транспортні засоби тощо. Він також регламентує порядок зберігання, обліку та використання цих ресурсів.

5. Взаємодія з зовнішніми службами: Цей розділ описує порядок взаємодії підприємства з зовнішніми аварійно-рятувальними службами, включаючи процедури оповіщення, координації дій та обміну інформацією.

6. Порядок введення плану в дію та його перегляд: Цей розділ визначає умови введення ПЛЛА в дію, порядок його актуалізації та періодичність перегляду. План повинен переглядатися не рідше одного разу на рік, а також у разі зміни технологічних процесів, обладнання, нормативно-правових актів або після кожної аварійної ситуації.

Розробка та реалізація ПЛЛА є складним та відповідальним процесом, що потребує залучення кваліфікованих фахівців з різних галузей знань. Ефективність ПЛЛА залежить від його відповідності реальним умовам

виробництва, своєчасної актуалізації та регулярного проведення навчань і тренувань персоналу з відпрацювання дій у разі аварійних ситуацій.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Встановлено, що зазвичай олії, які стійкі до окислення мають «поганий» жирнокислотний склад для здоров'я споживачів, а олії, які малостійкі характеризуються значним вмістом ПНЖК, крім того останні зазвичай є дорогими. Виявлено, що найперспективнішим для покращення якості рослинних олій є спосіб купажування багатих на антиоксидантні речовини олій з малостійкими.

2. Оцінка свіжості реалізованих видів соняшникових, кукурудзяних та лляних олій від різних виробників виявила їх високу якість за пероксидним, кислотним й колірним числом. При цьому ці показники були в декілька разів нижчі від нормів, які рекомендують стандарти на ці види олій.

3. Виявлено наявність достатньої кількості у соняшниковій олії незамінних таких жирних кислот із групи омега-6, як лінолева та частково арахінова, втім практично відсутній вміст іншої незамінної кислоти із родини омега-3 – ліноленової. За співвідношенням омега-3 й омега-6 кукурудзяна олія є набагато краща й цінніша, ніж соняшникова, а відповідно вона буде корисніша для споживачів, як джерело есенціальних омега-3 кислот.

4. Підтверджено дані, що лляна олія за умови відповідності вимогам стандарту щодо свіжості є значним джерелом такої дефіцитної незамінної жирної кислоти, як ліноленова. При цьому співвідношення між ліноленовою і ліолевою (омега-3 й омега-6) становить близько 1 : 4, що вважається ідеальним.

5. Зберігання соняшnikової й кукурудзяної рафінованої дезодорованої олії в закритому стані й темному місці протягом 6 місяців не призводить до вірогідної зміни кислотного числа. Водночас за умови дії кімнатного світла й кисню повітря у соняшниковій олії протягом 6 місяців кислотне число зросло в 5,6 разів, а у кукурудзяній у 2,5 рази. Тобто кукурудзяна олія є більш стабільною до зберігання. Лляна олія проявляє слабку стійкість до зберігання, оскільки протягом 3 місяців зберігання в закритому стані та в

темному місці кислотне число зростало в 3,5 рази, а за порушення цих умов приблизно в 5 разів. Перспективним є підвищення біологічної цінності й стійкості олій до зберігання методом купажування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Sharma, K., Kumar, M., Lorenzo, J. M., Guleria, S., & Saxena, S. (2023). Manoeuvring the physicochemical and nutritional properties of vegetable oils through blending. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 100(1), 5-24.
2. WHO, F. (2008). Expert Consultation on Fats and Fatty Acids in Human Nutrition. Interim Summary of Conclusions and Dietary Recommendations on Total Fat & Fatty Acids. *World Health Organization Technical Report Series*, 8-9.
3. Kostik, V., Memeti, S., & Bauer, B. (2013). Fatty acid composition of edible oils and fats. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4, 112-116.
4. Orsavova, J., Misurcova, L., Vavra Ambrozova, J., Vicha, R., & Mlcek, J. (2015). Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International journal of molecular sciences*, 16(6), 12871-12890.
5. Reyes-Hernández, J., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M. A., & Toro-Vazquez, J. F. (2007). Physicochemical and rheological properties of crystallized blends containing trans-free and partially hydrogenated soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(12), 1081-1093.
6. Rabail, R., Shabbir, M. A., Sahar, A., Miecznikowski, A., Kieliszek, M., & Aadil, R. M. (2021). An intricate review on nutritional and analytical profiling of coconut, flaxseed, olive, and sunflower oil blends. *Molecules*, 26(23), 7187.
7. Singh, Y., Yadav, P., & Prasad, K. (2014). Fatty acid profile optimization in edible oil blend through linear programming. *Asian Journal of Chemistry*, 26(4), 1145.
8. Idris, N. A., & Dian, N. L. H. M. (2005). Interesterified palm products as alternatives to hydrogenation. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 14(4), 396.
9. Mozaffarian, D., Aro, A., & Willett, W. C. (2009). Health effects of trans-fatty acids: experimental and observational evidence. *European journal of clinical nutrition*, 63(2), S5-S21.

10. Lialyk, A., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Beyko, L., Horiuk, Y., Dobrovolska, S. & Mazu, O. (2020). Fatty acid composition of curd spread with different flax oil content. *Nova Biotechnologica et Chimica*, 19(2), 216–222.
11. Abozid, M. M., & Ayimba, E. (2014). Effect of omega 3 fatty acids family in human health. *Int J Adv Res*, 2(3), 202-211.
12. Abdulkarim, S. M., Myat, M. W., Ghazali, H. M., Roselina, K., & Abbas, K. A. (2010). Sensory and physicochemical qualities of palm olein and sesame seed oil blends during frying of banana chips. *Journal of Agricultural Science*, 2(4), 18.
13. Choe, E., & Min, D. B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 5(4), 169-186.
14. El-Mallah, M. H., El-Shami, S. M., Hassanien, M. M. M., & Abdel-Razek, A. G. (2011). Effect of chemical refining steps on the minor and major components of cottonseed oil. *Agric. Biol. JN Am*, 2, 341-349.
15. Kukhtyn, M., Arutiunian, D., Pokotylo, O., Kravcheniuk, K., Salata, V., Horiuk, Y., Karpyk, H., & Dalievska, D. (2024). Microbiological characteristics of hard cheese with flax seeds. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 281–296.
16. Yun, J. M., & Surh, J. (2012). Fatty acid composition as a predictor for the oxidation stability of Korean vegetable oils with or without induced oxidative stress. *Preventive nutrition and food science*, 17(2), 158.
17. Arslan, F. N., Şapçı, A. N., Duru, F., & Kara, H. (2017). A study on monitoring of frying performance and oxidative stability of cottonseed and palm oil blends in comparison with original oils. *International journal of food properties*, 20(3), 704-717.
18. Prathibha, S., Reddy, V. A., Suneetha, W. J., Kumari, B. A., Lakshmi, V. V., & Maheswari, K. U. (2018). Physico-chemical, functional and sensory properties of vegetable oil blends. *Curr. J. Appl. Sci. Technol*, 29, 1-11.

19. Hashempour-Baltork, F., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S., & Savage, G. P. (2016). Vegetable oil blending: A review of physicochemical, nutritional and health effects. *Trends in Food Science & Technology*, *57*, 52-58.
20. Neeharika, B., Harichandana, P., Suneetha, J., Kumari, B. A., & Maheswari, K. U. (2017). Physico-chemical and sensory evaluation of groundnut and cottonseed oil blends. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *6*(6), 1534-1538.
21. Hayes, K. C., & Pronczuk, A. (2010). Replacing trans fat: the argument for palm oil with a cautionary note on interesterification. *Journal of the American College of Nutrition*, *29*(sup3), 253S-284S.
22. Buitimea-Cantúa, N. E., Salazar-García, M. G., Vidal-Quintanar, R. L., Serna-Saldívar, S. O., Ortega-Ramirez, R., & Buitimea-Cantúa, G. V. (2017). Formulation of zero-trans crystalized fats produced from palm stearin and high oleic safflower oil blends. *Journal of Food Quality*, *2017*(1), 1253976.
23. Laghaeia, S., & Gharachorloo, M. (2021). Formulation of trans free shortening based on canola, palm olein and fully hydrogenated soybean oils blends; the application on biscuit. *Journal of Food Biosciences and Technology*, *11*(2), 35-44.
24. Mayamol, P. N., Balachandran, C., Samuel, T., Sundaresan, A., & Arumughan, C. (2009). Zero trans shortening using rice bran oil, palm oil and palm stearin through interesterification at pilot scale. *International journal of food science & technology*, *44*(1), 18-28.
25. Ghosh, M., Upadhyay, R., Mahato, D. K., & Mishra, H. N. (2019). Thermal and oxidative stability assessment of synergistic blends of sunflower and sesame oils tailored for nutritionally stable composition of omega fatty acids. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *135*, 2389-2398.
26. Wang, S. N., Sui, X. N., Wang, Z. J., Qi, B. K., Jiang, L. Z., Li, Y., ... & Wei, X. (2016). Improvement in thermal stability of soybean oil by blending with camellia oil during deep fat frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *118*(4), 524-531.

27. Ganesan, K., Sukalingam, K., & Xu, B. (2018). Impact of consumption and cooking manners of vegetable oils on cardiovascular diseases-A critical review. *Trends in Food Science & Technology*, *71*, 132-154.
28. Chandrashekar, P., Lokesh, B. R., & Krishna, A. G. (2010). Hypolipidemic effect of blends of coconut oil with soybean oil or sunflower oil in experimental rats. *Food Chemistry*, *123*(3), 728-733.
29. Uriho, A., Yang, S., Tang, X., Liu, C. S., Wang, S., Cong, Y., ... & Zhou, P. (2019). Benefits of blended oil consumption over other sources of lipids on the cardiovascular system in obese rats. *Food & function*, *10*(9), 5290-5301.
30. Voon, P. T., Yong, X. S., Phang, L. Y., Ng, T. K. W., & Lee, V. K. M. (2021). Different ratios of corn and coconut oil blends in high-fat diets influence fat deposition without altering metabolic biomarkers in male rats. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *123*(1), 2000204.
31. Halder, S., Wong, L. H., Tay, S. L., Jacoby, J. J., He, P., Osman, F., ... & Henry, C. J. (2020). Two blends of refined rice bran, flaxseed, and sesame seed oils affect the blood lipid profile of chinese adults with borderline hypercholesterolemia to a similar extent as refined olive oil. *The Journal of Nutrition*, *150*(12), 3141-3151.
32. Monika Choudhary, M. C., Kiran Grover, K. G., & Jasvinder Sangha, J. S. (2013). Effect of blended rice bran and olive oil on cardiovascular risk factors in hyperlipidemic patients. *6*, 1084-1093.
33. Rege, N., Lewis, J., & Gupte, S. (2014). Low density lipoprotein-cholesterol lowering activity of a blend of rice bran oil and safflower oil (7: 3) in indian patients with hyperlipidemia: a randomized, double blind, controlled, comparative, parallel group study. *Journal of Obesity and Metabolic Research*, *1*(3), 159-159.
34. Umesha, S. S., & Naidu, K. A. (2015). Antioxidants and antioxidant enzymes status of rats fed on n-3 PUFA rich Garden cress (*Lepidium Sativum* L) seed oil and its blended oils. *Journal of food science and technology*, *52*, 1993-2002.

35. Gillingham, L. G., Gustafson, J. A., Han, S. Y., Jassal, D. S., & Jones, P. J. (2011). High-oleic rapeseed (canola) and flaxseed oils modulate serum lipids and inflammatory biomarkers in hypercholesterolaemic subjects. *British Journal of Nutrition*, *105*(3), 417-427.
36. Selim, K. A., Rabee, L. A., Abdel-Bary, M., & Abdel-Baki, M. (2018). The beneficial effects of different Types of olive oil, flaxseed oil and Their blend on CCl₄-Induced liver hepatitis in rats. *Egypt. J. Food Sci*, *46*, 173-186.
37. Adhikari, P., Zhu, X. M., Gautam, A., Shin, J. A., Hu, J. N., Lee, J. H., ... & Lee, K. T. (2010). Scaled-up production of zero-trans margarine fat using pine nut oil and palm stearin. *Food Chemistry*, *119*(4), 1332-1338.
38. Jennings, B. H., & Akoh, C. C. (2010). Trans-free plastic shortenings prepared with palm stearin and rice bran oil structured lipid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *87*, 411-417.
39. Gunstone, F. (Ed.). (2011). *Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses*. John Wiley & Sons.
40. Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Norulaini, N. N., Sahena, F., Abedin, M. Z., Ghafoor, K., & Omar, A. M. (2014). Characterization of crystallization and melting profiles of blends of mango seed fat and palm oil mid-fraction as cocoa butter replacers using differential scanning calorimetry and pulse nuclear magnetic resonance. *Food Research International*, *55*, 103-109.
41. Biswas, N., Cheow, Y. L., Tan, C. P., Kanagaratnam, S., & Siow, L. F. (2017). Cocoa butter substitute (CBS) produced from palm mid-fraction/palm kernel oil/palm stearin for confectionery fillings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *94*(2), 235-245.
42. Liu, C., Meng, Z., Chai, X., Liang, X., Piatko, M., Campbell, S., & Liu, Y. (2019). Comparative analysis of graded blends of palm kernel oil, palm kernel stearin and palm stearin. *Food chemistry*, *286*, 636-643.
43. Sura, M., Megavath, V. S., Mohammad, A. S., Pendyala, S., Kulkarni, M., Sreeyapureddy, A., & Kuthadi, S. (2020). Studies of the quality parameters of

blended oils and sensory evaluation of gram flour products. *Grain & Oil Science and Technology*, 3(4), 138-145.

44. Motamedzadegan, A., Dehghan, B., Nemati, A., Tirgarian, B., & Safarpour, B. (2020). Functionality improvement of virgin coconut oil through physical blending and chemical interesterification. *SN Applied Sciences*, 2, 1-18.

45. Ng, S. P., Khor, Y. P., Lim, H. K., Lai, O. M., Wang, Y., Wang, Y., ... & Tan, C. P. (2021). In-depth characterization of palm-based diacylglycerol-virgin coconut oil blends with enhanced techno-functional properties. *LWT*, 145, 111327.

46. Ribeiro, A. P. B., Basso, R. C., Grimaldi, R., Gioielli, L. A., & Goncalves, L. A. G. (2009). Effect of chemical interesterification on physicochemical properties and industrial applications of canola oil and fully hydrogenated cottonseed oil blends. *Journal of food lipids*, 16(3), 362-381.

47. White, P. J. (2000). Flavor quality of fats and oils. *Introduction to fats and oils technology*, 2, 341-370.

48. Dillenburg Meinhart, A., Ferreira Ferreira da Silveira, T., Petrarca, M. H., Silva, L. H., de Moraes, M. R., Ballus, C. A., ... & Godoy, H. T. (2017). Mixed oil formulations enriched in essential fatty acids and reduced ratio of n-6/n-3. *European journal of lipid science and technology*, 119(10), 1600400.

49. Prescha, A., Grajzer, M., Dedyk, M., & Grajeta, H. (2014). The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(8), 1291-1301.

50. Bekhit, A. E. D. A., Shavandi, A., Jodjaja, T., Birch, J., Teh, S., Ahmed, I. A. M., ... & Bekhit, A. A. (2018). Flaxseed: Composition, detoxification, utilization, and opportunities. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 13, 129-152.

51. Ramadan, M. F., & Wahdan, K. M. M. (2012). Blending of corn oil with black cumin (*Nigella sativa*) and coriander (*Coriandrum sativum*) seed oils: Impact on functionality, stability and radical scavenging activity. *Food chemistry*, 132(2), 873-879.

52. Kusum, R., Bommayya, H. P. F. P., Fayaz, P. P., & Ramachandran, H. D. (2011). Palm oil and rice bran oil: Current status and future prospects. *Int J Plant Physiol Biochem*, 3(8), 125-132.
53. Most, M. M., Tulley, R., Morales, S., & Lefevre, M. (2005). Rice bran oil, not fiber, lowers cholesterol in humans^{1–3}. *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 64-68.
54. Mohamed, K. M., Elsanhoty, R. M., & Hassanien, M. F. (2014). Improving thermal stability of high linoleic corn oil by blending with black cumin and coriander oils. *International Journal of Food Properties*, 17(3), 500-510.
55. Choudhary, M., Grover, K., & Kaur, G. (2015). Development of rice bran oil blends for quality improvement. *Food chemistry*, 173, 770-777.
56. Abdel-Razek, A. G., El-Shami, S. M., El-Mallah, M. H., & Hassanien, M. M. M. (2011). Blending of virgin olive oil with less stable edible oils to strengthen their antioxidative potencies. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 312-318.
57. Bordón, M. G., Meriles, S. P., Ribotta, P. D., & Martinez, M. L. (2019). Enhancement of composition and oxidative stability of chia (*Salvia hispanica* L.) seed oil by blending with specialty oils. *Journal of food science*, 84(5), 1035-1044.
58. Aly, A. A., Zaky, E. A., Elhabeby, B. S., Alessa, H., Hameed, A. M., Aljohani, M., ... & Alghamdi, A. A. (2021). Effect of thyme addition on some chemical and biological properties of sunflower oil. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(11), 103411.
59. Symoniuk, E., Wroniak, M., Napiórkowska, K., Brzezińska, R., & Ratusz, K. (2022). Oxidative stability and antioxidant activity of selected cold-pressed oils and oils mixtures. *Foods*, 11(11), 1597.
60. Sunil, L., Reddy, P. V., Krishna, A. G., & Urooj, A. (2015). Retention of natural antioxidants of blends of groundnut and sunflower oils with minor oils during storage and frying. *Journal of food science and technology*, 52, 849-857.
61. Rudzińska, M., Hassanein, M. M., Abdel-Razek, A. G., Ratusz, K., & Siger, A. (2016). Blends of rapeseed oil with black cumin and rice bran oils for

increasing the oxidative stability. *Journal of food science and technology*, 53, 1055-1062.

62. Kaseke, T., Opara, U. L., & Fawole, O. A. (2021). Blending of sunflower oil with pomegranate seed oil from blanched seeds: Impact on functionality, oxidative stability, and antioxidant properties. *Processes*, 9(4), 635.

63. Kiralan, M., Ulaş, M., Özaydin, A., Özdemir, N., Özkan, G., Bayrak, A., & Ramadan, M. F. (2017). Blends of cold pressed black cumin oil and sunflower oil with improved stability: A study based on changes in the levels of volatiles, tocopherols and thymoquinone during accelerated oxidation conditions. *Journal of Food Biochemistry*, 41(1), e12272.

64. Li, Y., Ma, W. J., Qi, B. K., Rokayya, S., Li, D., Wang, J., ... & Jiang, L. Z. (2014). Blending of soybean oil with selected vegetable oils: impact on oxidative stability and radical scavenging activity. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(6), 2583-2589.

65. Romanić, R. S., Lužaić, T. Z., & Radić, B. Đ. (2021). Enriched sunflower oil with omega 3 fatty acids from flaxseed oil: Prediction of the nutritive characteristics. *LWT*, 150, 112064.

66. Melgosa, M., Huertas, R., Hita, E., Roa, J. M., Heredia, F. J., Alba, J., & Moyano, M. J. (2004). Proposal of a uniform color scale for virgin olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81, 323-330.

67. Serjouie, A., Tan, C. P., Mirhosseini, H., & Che Man, Y. B. (2010). Effect of vegetable-based oil blends on physicochemical properties of oils during deep-fat frying. *American journal of food technology*, 5(5), 310-323.

68. Носенко, Т. Т., & Олексенко, А. О. (2011). Дослідження ступеню окиснення соняшникової олії під час рафінації. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Збірник наукових праць, Тематичний випуск "Нові рішення в сучасних технологіях"*. 2011. Вип, (9), 9-13.

69. ДСТУ 4492 : 2017 Олія соняшникова. Національний стандарт України.

70. Dupont, J., White, P. J., Carpenter, M. P., Schaefer, E. J., Meydani, S. N., Elson, C. E., ... & Gorbach, S. L. (1990). Food uses and health effects of corn oil. *Journal of the American College of Nutrition*, 9(5), 438-470.

71. ДСТУ 8808 – 2003 Олія кукурудзяна. Технічні умови. Національний стандарт України.

72. Алексєєва, Т. В., Алексєєва, Т. В., Петрушова, Л. О., & Галич, М. О. (2019). Визначення показників якості рослинних олій промислового виробництва. Сучасна фармація: історія, реалії та перспектива розвитку, 321-322

73. ДСТУ EN ISO 150:2022 Олія лляна сира, рафінована і полімерізована для фарб і лаків. Специфікації та методи випробувань. Національний стандарт України.

74. Загальні технології харчової промисловості: Метод. рекоменд. лаборатор. робіт з розд. “Технологія жирів і жирозамінників” для студ. напряму 6.051701 “Харчові технології та інженерія” усіх форм навчання / Уклад.: Є.І. Шеманська, І.Г. Радзівська, В.І. Бабенко та ін. – К.: НУХТ, 2011. – 43 с.

75. Голубець О. В. Визначення співвідношення триацилгліцеролів молочного жиру методом газової хроматографії / О. В. Голубець, І. В. Вудмаска. – Режим доступу : <http://www.inenbiol.com/bt/2007/10/2.pdf>.

76. Основи охорони праці / Під ред. К.Н. Ткачука, Н.О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с

77. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XIII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
11-12 грудня 2024 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2024

УДК 665

П.В. Крися; Б.М. Качарай; А.Т. Лялик, к.т.н.; Х.Ю. Кравченко, к.т.н.;

К.С. Дацишин к.т.н., доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

УДОСКОНАЛЕННЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ КУПАЖОВАНИХ ОЛІЙ НА ОСНОВІ СОЄВОЇ ОЛІЇ

P. Krysa; B. Kacharay; A. Lialyk Ph.D; K. Kravcheniuk Ph.D; K. Datsyshyn Ph.D.,
Associate Professor

IMPROVEMENT OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF SOYBEAN OIL-BASED BLENDED OILS

Харчові олії забезпечують необхідні поживні речовини та відіграють важливу роль у раціоні для підтримки нормальної фізіологічної функції. Фактори якості, що впливають на харчові олії, включають їх жирнокислотний склад, поживні речовини та стійкість до окислення. Однак олія з одного ботанічного джерела часто не має збалансованих функціональних властивостей, поживних властивостей і належної стійкості до окислення. Дієтичні поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) необхідні для здоров'я, а олії, багаті ПНЖК, особливо чутливі до окислення. Окислення жирних кислот може зробити їх недоступними як поживні речовини, а також створити небажані присмаки та токсичні сполуки. Окислення олії знижує поживну якість олії та потенційно створює продукт, який є шкідливим для здоров'я людини. Щоб стабілізувати олію, збагачену ПНЖК, проти окислення, попередні дослідження в першу чергу зосереджувались на додаванні антиоксидантів до олії як головної стратегії. Антиоксиданти пригнічують вільні радикальні ланцюгові реакції і ефективні при дуже низьких концентраціях. Поширеними антиоксидантами є синтетичні антиоксиданти та природні антиоксиданти. Поширені синтетичні антиоксиданти третинний бутилгідроксидон можуть бути пов'язані з ризиками для здоров'я, такими як подразнення шкіри, шлунково-кишкові проблеми та рак. Хоча природні антиоксиданти не становлять загрози здоров'ю, вони як правило, дорогі. Змішування двох або більше олій може ефективно боротися з окисленням олії шляхом зміни складу жирних кислот, окислювальних властивостей, поживної якості та промислового застосування за менших витрат і без негативного впливу на споживачів [1].

Соя є однією з найбільших олійних культур у світі, відома своїм великим урожаєм і низькою середньою оптовою ціною порівняно з іншими рослинними оліями. Однак соєва олія має високий вміст ПНЖК та низьку термічну стабільність і схильна до окислювального псування, що може призвести до поганого смаку та втрати поживних речовин під час обробки і зберігання [2]. Таким чином, стратегії, які включають купажування олій на основі соєвої олії, можуть покращити антиоксидантну здатність, водночас створюючи можливості для оптимізації складу жирних кислот продуктів, призначених для споживачів. Підхід до купажування олій пропонує економічну альтернативу хімічним добавкам. Тому доцільно удосконалювати жирнокислотний склад купажованих олій на основі соєвої олії.

Література

1. Tailoring oil blends for specific purposes: A study on nutritional and antioxidant properties of soybean oil mixed with corn, sunflower, and flaxseed oils URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643824009071>
2. Improvement of thermo-resistance and quality of soybean oil by blending with cold-pressed oils using simplex lattice mixture design URL: https://www.oel-journal.org/fr/articles/oel/full_html/2022/01/oel220033/oel220033.html

Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року

2. **Х.Ю. Кравченко, Л.П. Криськова; А.Т. Лялик** 313
ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ МАЙОНЕЗІВ
3. **П.В. Криса; Б.М. Качарай; А.Т. Лялик, Х.Ю. Кравченко, К.Є. Дацишин** 314
УДОСКОНАЛЕННЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ КУПАЖОВАНИХ ОЛІЙ НА
ОСНОВІ СОЄВОЇ ОЛІЇ
4. **Х.Ю. Кравченко, к.т.н.; Ю.М. Ціко** 315
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ
ЗБАГАЧЕНИХ ЙОДОМ ТА СЕЛЕНОМ
5. **А. М. Коляденко** 316
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ВМІСТ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ У
КАТОЛІТНИХ РОЗЧИНАХ
6. **А.Б. Заставна** 317
ВАЖЛИВІСТЬ ОЦІНКИ ФРУКТОВИХ СОКІВ ЗА ПОКАЗНИКОМ PH І РЕДОКС-
ПОТЕНЦІАЛОМ
7. **А.В. Оленюк** 319
ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСТРУДЕРІВ ДЛЯ КУКУРУДЗЯНИХ ПАЛИЧОК
8. **А.В. Сороцька, Г.В. Карпик** 320
ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЖИТНИКА В ТЕХНОЛОГІЇ
ЗДОБНИХ ВИРОБІВ
9. **А.М.Василишин** 321
ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ОБРОБКА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ
10. **А.О. Гриненко, Л.А. Сторож** 323
ХАРАКТЕРИСТИКА СИРКОВОЇ ПАСТИ З ГАРБУЗОВИМ Й МОРКВЯНИМ
НАПОВНЮВАЧЕМ
11. **Б. І. Петришин, О. І. Вічко** 324
ВПЛИВ КОНСЕРВАНТУ НИЗИНУ НА МІКРОФЛОРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ
ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ
12. **Б.В.Буній** 325
АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВТОРИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ
ПИВЗАВОДУ
13. **В. В. Мартинюк, Є. Б. Береженко, Н. І. Хомик** 326
ВИЯВЛЕННЯ МІКРОПЛАСТИКУ В СЕРЕДОВИЩІ ПРИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ
14. **В. Є. Олійник; Н. М. Зварич** 327
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМІШУВАННЯ
ТІСТА
15. **В. С. Вербіцька, А. М. Сідоров** 328
ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗДОБНИХ ВИРОБІВ ЗБАГАЧЕНИХ МІКРОБНИМ
МЕТАБОЛІТОМ – ТРЕГАЛОЗОЮ
16. **В.О. Гульовський, Л.А. Сторож** 329
ВИКОРИСТАННЯ ЛАВАНДИ В ТЕХНОЛОГІЇ АЦИДОФІЛЬНИХ НАПОЇВ
17. **В.О. Пастушенчин ; О.І. Кравець** 330
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ТРУБОК НА
ОДНОРІДНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ДЕФЛЕГМАТОРІ
РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ