

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет харчових технологій
Кафедра технологій та безпеки харчових продуктів

До захисту допускається

Завідувач кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
Марина САМІЛИК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РАФІНОВАНОЇ
СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ»**

Виконав: _____ **Білан Ю.М.**
(підпис) (прізвище, ініціали)

Група: ХТ 2023м ВН
(номер)

(Науковий) керівник: _____ **Болгова Н.В.**
(підпис) (прізвище, ініціали)

Суми 2024

Анотація

Юрій БІЛАН тема «Удосконалення технології рафінованої соняшникової олії».

Робота викладена на 56 сторінках, містить 6 рисунків. Для виконання використано 41 літературних джерела.

Робота присвячена удосконаленню технології рафінованої соняшникової олії за рахунок збагачення її вітаміном А.

В рафіновану соняшникову олію додавали вітамін А у кількості 1 мл на 100 г олії. Така кількість вітаміну обумовлена добовою потребою організму у вітаміні А. Таким чином, вживаючи 50 г збагаченої олії на день можна забезпечити 50% добової потреби організму у даному вітаміні. Рафінація дозволяє поліпшити якість олії шляхом видалення небажаних домішок. Це включає вільні жирні кислоти, пігменти, воски та інші речовини, які можуть негативно позначатися на смаку, кольорі та ароматі олії. Рафінована олія стає більш стабільною і має кращу стійкість до окислення, що забезпечує її тривалий термін зберігання. Результати показали, що запропонований спосіб збагачення соняшникової рафінованої вітаміном А на основі рослинної олії не впливає на колірне число готового продукту. Воно залишається без змін та відповідає вимогам стандарту. Вітамін А позитивно впливає на зберігання олії, кислотне число збагаченої рафінованої олії на 0,7 мг КОН/г менше ніж звичайної рафінованої олії. Також знижується пероксидне число на 0,3 $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг. Додавання вітаміну А не впливає на масову частку вологи в рафінованій олії. Вона залишається сталою. Результати показали, що за всіма мікробіологічними показниками дослідні зразки відповідають вимогам стандарту. Рентабельність запропонованого проєкту становить 20%.

Ключові слова: олія соняшникова, вітамін А, рафінація, йодне число, перекисне число.

Abstract

Yury BILAN topic "Improving the technology of refined sunflower oil".

The work is laid out on 56 pages, contains 6 figures. For implementation, 41 literary sources were used.

The work is devoted to improving the technology of refined sunflower oil by enriching it with vitamin A.

Vitamin A was added to refined sunflower oil in the amount of 1 ml per 100 g of oil. This amount of vitamin is determined by the body's daily need for vitamin A. Thus, consuming 50 g of enriched oil per day can provide 50% of the body's daily need for this vitamin. Refining improves the quality of oil by removing unwanted impurities.

This includes free fatty acids, pigments, waxes and other substances that can adversely affect the taste, color and aroma of the oil. Refined oil becomes more stable and has better resistance to oxidation, which ensures its long shelf life. The results showed that the proposed method of enriching refined sunflower with vitamin A based on vegetable oil does not affect the color number of the finished product. It remains unchanged and meets the requirements of the standard. Vitamin A has a positive effect on oil storage, the acid number of enriched refined oil is 0.7 mg KOH/g less than that of ordinary refined oil. The peroxide number also decreases by 0.3 $\frac{1}{2}$ O mmol/kg. The addition of vitamin A does not affect the mass fraction of moisture in the refined oil. It remains constant. The results showed that according to all microbiological indicators, the experimental samples meet the requirements of the standard. The profitability of the proposed project is 20%.

Key words: sunflower oil, vitamin A, refining, iodine value, peroxide value.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ І. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ	10
1.1. Користь рослинних олій та їх асортимент	10
1.2. Доцільність збагачення олії вітаміном А	17
1.3. Процеси виробництва соняшникової олії	20
Висновки до розділу 1	23
РОЗДІЛ ІІ. ОРГАНІЗАЦІЯ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Схема та методика проведення досліджень	24
2.2. Визначення ступеня окиснення рослинних олій	27
2.3. Визначення кислотного числа	28
2.4. Визначення йодного числа	28
2.5. Визначення концентрації вологи	29
2.6. Визначення органолептичних показників олії	29
2.7. Визначення мікробіологічних показників якості олії	30
Висновки до розділу 2	30
РОЗДІЛ ІІІ. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ПРОДУКТУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ	31
3.1. Розробка удосконаленого способу очистки олії	31
3.2. Результати органолептичного аналізу рафінованої соняшникової олії	34
3.3. Результати аналізу фізико-хімічних показників дослідних зразків рафінованої олії	36
3.4. Результати дослідження мікробіологічних показників соняшникової олії	37
Висновки до розділу 3	37

РОЗДІЛ IV. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	39
Висновки до розділу 4	45
РОЗДІЛ V РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОВОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО ПРОДУКТУ	46
Висновки до розділу 5	49
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51

ВСТУП

Актуальність теми.

У всьому світі дефіцит вітаміну А (VAD) був причиною 105 700 дитячих смертей та вражає ще 90 мільйонів дітей і 19 мільйонів жінок. Найвищий рівень дефіциту спостерігається в регіонах Центральної та Східної Африки, де страждає майже половина всіх дітей. Розвиток стійкої сільськогосподарської системи є бажаним підходом у довгостроковій перспективі для покращення продовольчої безпеки, різноманітності дієт і зменшення тягаря VAD у країнах із низьким і середнім рівнем доходу. В останні десятиліття уряди вклали кошти в розширення добавок вітаміну А (VAS) до майже повного охоплення в LMIC (Дитячий фонд ООН, 2016). Триваючі дебати щодо стійкості програм VAS є приводом для додаткових досліджень щодо потенціалу масового збагачення їжі вітаміном А для запобігання VAD.

Є три основні стратегії, які можуть бути ефективними для запобігання дефіциту вітамінів: збільшення різноманітності, добавки та збагачення їжі. Поліпшення харчової різноманітності важко досягти, коли доступна обмежена кількість харчових продуктів з високим вмістом вітамінів. Добавки зазвичай вживає невелика частка населення; отже, збагачення харчових продуктів є стратегією, якій ВООЗ віддає перевагу з точки зору охоплення

Харчові рослинні олії та жири є одними з найважливіших основних продуктів харчування в усьому світі через їх енергетичну щільність, але вони також є природними джерелами жиророзчинних вітамінів (А, D, Е та К) і діють як розчинники для покращення засвоєння жиророзчинних вітамінів. Харчові рослинні олії та жири споживаються широко, незалежно від достатку. З 2000 по 2019 рік виробництво рослинних олій зросло більш ніж удвічі [1]. У більшості країн вони обробляються централізовано середніми та великими виробниками, що полегшує впровадження та моніторинг потенційного процесу збагачення [2].

Незважаючи на те, що дефіцит вітамінів А і D є глобальною проблемою охорони здоров'я, а збагачення олій і жирів вітамінами А і D може бути

безпечною стратегією, яку країни можуть розглянути як частину своєї стратегії подолання дефіциту, результати, засновані на включених дослідженнях, свідчать про те, що олії, збагачені вітамінами А і D, практично не впливають на здоров'я; однак необхідні додаткові дослідження, оскільки розмір вибірки зараз дуже низький, а це означає, що наявність невеликих ефектів, які все ще можуть бути актуальними на рівні популяції, не можна виключити з високим ступенем достовірності.

Використання харчової кулінарної олії як харчового засобу для збагачення вітаміном А є дуже доцільним, оскільки жиророзчинна форма вітаміну є недорогою; олія захищає вітаміни від окислення та майже повсюдно споживається домогосподарствами в деяких регіонах з високим тягарем VAD (Всесвітня організація охорони здоров'я, продовольча та сільськогосподарська організація, 2006). Рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) стверджують, що збагачення вітаміном А за допомогою маргарину та олії харчових транспортних засобів є ефективним, а також історично ефективним у розвинутих країнах, але необхідні додаткові дослідження ефективності, перш ніж видавати рекомендації щодо збільшення масштабів у LMIC. Двадцять вісім країн із низьким та низьким рівнем доходів прийняли обов'язкові закони та стандарти щодо збагачення харчової олії з початку нового тисячоліття.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дане дослідження виконувалося в межах тематики кафедри технологій та безпеки харчових продуктів «Розробка технологій виробництва харчових продуктів з доданою вартістю на принципах сталого розвитку».

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є - удосконалення технології рафінованої соняшникової олії.

Для досягнення поставленої мети запропоновано наступні **завдання дослідження:**

1. Розробити удосконалений спосіб рафінованої соняшникової олії.
2. Підібрати раціональну дозу вітаміну А для збагачення рафінованої олії

3. Проаналізувати якість рафінованої соняшникової олії, збагаченої вітаміном А.

Об'єкт дослідження: технологія рафінованої соняшникової олії, показники якості збагаченої рафінованої соняшникової олії.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є рафінована соняшникова олія, її органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше: для збагачення соняшникової олії запропоновано використовувати добавку вітаміну А.

РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ

1.1. Користь рослинних олій та їх асортимент

Одним із трьох основних джерел енергії для життєдіяльності людини є харчова рослинна олія, етапи якої (польове виробництво, збирання, переробка, зберігання) необхідно контролювати [3].

Рослинні олії - це харчові олії, зібрані з ряду рослин. Рослинні олії діють як консерванти, збільшуючи довговічність харчових продуктів. Незважаючи на те, що вони часто використовуються в наших кулінарних заняттях, таких як приготування їжі та випікання, саме через оброблені харчові продукти, такі як фаст-фуд, упаковані продукти, заправки для салатів і приправи, ми споживаємо більшу частину рослинної олії.

Рослинні олії та деякі продукти тваринного походження мають високий вміст як моно-, так і поліненасичених жирів. Ненасичені жири, які зазвичай використовуються в кулінарії, включають канолу, насіння льону, авокадо, арахіс і оливкову олію. Ці жири пов'язані зі зниженим ризиком багатьох захворювань, включаючи серцеві захворювання та інсульт. Ненасичені жири знижують рівень поганого холестерину, артеріальний тиск і запалення, одночасно забезпечуючи живильні речовини, необхідні для побудови та підтримки клітин в організмі. DGA рекомендує замінити насичені жири здоровішими ненасиченими жирами.

Транс-жири утворюються шляхом гідрогенізації, процесу, під час якого масло, яке є рідкою при кімнатній температурі (ненасичене), перетворюється на твердий жир (насичений). Вони зазвичай містяться в маргарині та шортенінгах. Як і насичені жири, трансжири також мають здатність підвищувати рівень холестерину в крові та збільшувати ризик серцевих захворювань. DGA рекомендує уникати трансжирів.

Зберігання має важливе значення, коли мова йде про олії. Найшвидший спосіб пошкодити збережену олію – піддати її дії тепла, повітря та світла. Це

призводить до руйнування олії, що призводить до втрати поживних речовин. Олію слід зберігати в прохолодному темному місці та замінювати, якщо вона має гіркий запах. Деякі олії (поліненасичені олії, такі як насіння льону, виноградних кісточок і волоського горіха) стають згірклими швидше за інші, тому їх слід зберігати в холодильнику, щоб подовжити термін їх зберігання.

Крім того, рослинні олії тісно пов'язані зі зміцненням здоров'я та поширеністю метаболічних захворювань, таких як ожиріння, цукровий діабет, серцево-судинні (ССЗ), ішемічна хвороба серця (ІХС), системне запалення, атеросклероз, рак тощо [4]. Переваги рослинних олій пов'язані з жирними кислотами, що входять до їх складу: насиченими ($C6:0$ – $C20:0$, без подвійних зв'язків), мононенасиченими ($C16:1$ – $C20:1$, один подвійний зв'язок) і поліненасиченими ($C18:2$ – $C24:6$).), від двох до шести подвійних зв'язків) [4,5], незамінні компоненти: макро- та мікроелементи, вітаміни А, С, К, Е (токофероли, токотрієноли), фітостероли, фітостаноли, каротиноїди, хлорофіли, поліфеноли, флавоноїди, діючи як антиоксиданти та зміцнюючи здоров'я.

Більшість комерційно доступних олій з насіння рослин і плодів екстрагуються за допомогою нафтових розчинників з високим рівнем токсичності для здоров'я людини [4]. Крім того, їх основні компоненти видаляються під час процесів рафінування (хімічного та фізичного) та відбілювання, утворюючи коротколанцюгові сполуки [складні ефіри, полімерні триацилгліцерини, транс- та вільні жирні кислоти, (гідро)перокси, дієни та триєни та інші], які діють на як прооксиданти [5]. Ці речовини зменшують термін придатності та життєво важливі властивості рослинної олії, що знижує здорові та поживні властивості, і пов'язано з виникненням кількох метаболічних захворювань у споживачів через більшу кількість вільних радикалів, що збільшують форми кисню [6].

У всьому світі соняшник є другою найбільш культивованою рослиною після кукурудзи, а його насіння використовується для лікування запальних, гіпертонічних, ССЗ та інших захворювань [7]. Крім того, його олія контролює

пухлини, діабет, холестерин, рак, гіпертонію, гіперхолестеринемію та ІХС. Ці переваги пов'язані із синергічною дією токоферолів, фітостеролів, терпеноїдів, поліфенолів, каротиноїдів, алкалоїдів, амінокислот, білків, вітамінів, олеїнової кислоти, антиоксидантів та інших протизапальних речовин [8, 9].

До 1950-х років виробники рослинної олії освоїли процес часткової гідрогенізації, що дозволило таким продуктам, як Crisco та Kream Krisp, бути ще м'якшими та зручнішими у використанні, особливо для смаження.

Частково гідрогенізовані рослинні олії розглядалися як відповідна альтернатива твердим жирам, таким як масло та кокосова олія, які мали високий вміст насичених жирів. На жаль, процес часткової гідрогенізації створює серйозну проблему для здоров'я — він створює штучні транс-жири.

Термін «штучні транс-жири» може здатися неприємним. Насправді, ви, можливо, чули про небезпеку трансжирів або про те, що пряме додавання трансжирів у їжу було нарешті заборонено в 2018 році.

Дослідники висловлювали занепокоєння щодо небезпеки транс-жирів ще в 1944 році. Однак заборона почала набувати форми лише після того, як у 2013 році вчений Фред Куммероу розпочав судовий позов проти FDA.

Куммеров попереджав громадськість про шкоду транс-жирів у 1957 році, але ціла індустрія була побудована навколо частково гідрогенізованих рослинних олій, і не було життєздатної альтернативи, яка також мала б низький вміст насичених жирів.

У відповідь на сукупність факторів, включаючи зростаючу стурбованість споживачів, рекомендації щодо охорони здоров'я та бажану консистенцію жирів, відомі мережі ресторанів, як-от McDonald's, Burger King і Wendy's, вирішили припинити смаження на яловичому жирі чи кокосовій олії на початку 1990-х років. Натомість вони перейшли на використання частково гідрогенізованих рослинних олій.

Харчова промисловість уже зрозуміла, що олії та жири є властивостями продуктів, які можна змінювати. Хоча інколи неохоче, компанії були готові змінити свої дані у світлі нової інформації чи тиску громадськості.

Страх перед насиченими жирами означав, що ресторани, виробники продуктів харчування та споживачі поклалися на шортенінги, насичені трансжирами, у своїх рецептах. Їх стабільність, низька ціна та нейтральний смак також означали, що хорошої заміни не було.

Таким чином, протягом десятиліть до заборони 2018 року штучні транс-жири широко споживалися, пропагувалися як здорові та навмисно додавалися до їжі. На відміну від природних транс-жирів у молочних продуктах, які пов'язують із користю для здоров'я, штучні транс-жирні кислоти пов'язані з підвищенням ризику серцево-судинних захворювань на 23-26%.

Якби небезпека транс-жирів була розголошена, десятки тисяч продуктів потребували б переформулювання. Отже, харчова промисловість не бажала змін і навіть фінансувала дослідження, щоб створити суперечливі докази того, що транс-жири нешкідливі.

Торгова група харчової промисловості навіть найняла вчених, щоб вони сліdkували за дослідниками транс-жирів на конференціях і заперечували проти висновків, зроблених наприкінці їхніх лекцій.

Зусилля харчової промисловості взяли гору. До 1990-х років було отримано переконливі докази шкоди транс-жирів, але вони залишалися в широкому вживанні ще два десятиліття. Під час свого піку широке використання штучних транс-жирів, за оцінками, спричиняло близько 50 000 передчасних смертей на рік у Сполучених Штатах.

Протягом 1990-х років було опубліковано низку видатних досліджень, які демонструють шкоду транс-жирів. Одне дослідження, Дослідження здоров'я медсестер, виявило, що на кожні 2% збільшення калорій від транс-жирів ризик серцевих захворювань майже подвоюється.

За іронією долі, фінансоване промисловістю дослідження, яке, як очікується, виправдає транс-жири, підтвердило, що транс-жири збільшують фактори ризику серцевих захворювань. Це дослідження в поєднанні з наполегливими зусиллями таких дослідників, як Куммеров, зрештою змусило

харчову промисловість змінити свою позицію, що призвело до кінцевої заборони на штучні транс-жири.

Сьогодні не існує рівня споживання трансжирів, який би вважався безпечним. На жаль, перше покоління частково гідрогенізованих шортенінгів, таких як Crisco, Kream Krisp та інші, мало вміст трансжирів до 50%.

Незважаючи на те, що штучні трансжири були заборонені в 2018 році, рослинні олії є одними з небагатьох продуктів, які все ще містять трансжири через лазівки в маркуванні. Рослинні олії, такі як ріпакова олія, містять до 3,6% трансжирів, але оскільки цей вміст становить менше 0,5 грамів на 14-грамову порцію, вміст трансжирів можна вказати як 0 грамів.

Харчова промисловість не забула про проблеми з транс-жирами та зростаюче переконання, що транс-жири становлять серйозну проблему для здоров'я. Станом на 2005 рік 18% споживачів уже знали, що транс-жири створюють серйозні проблеми з харчуванням. Знову харчова промисловість потребувала альтернативи. Цього разу промисловість потребувала масової заміни частково гідрогенізованих масел. Насправді харчова промисловість хотіла випередити проблему і вклала сотні мільйонів доларів у дослідження та розробку рішень.

Звісно, частково гідрогенізовані рослинні олії не можна було замінити, оскільки їх можна було надзвичайно налаштовувати, придатні для різноманітного використання від смаження при високій температурі до ламінування тістечок. Багато замінників, особливо в пекарнях і ресторанах, включали суміші різних масел і інгредієнтів. Спочатку пальмова олія, яка мала багато кулінарних переваг частково гідрогенізованих олій, здавалася природним вибором.

Кулінарні олії мають дуже високу температуру димлення, тобто вони можуть витримати багато тепла, перш ніж почнуть диміти. Це робить їх придатними для приготування при вищих температурах.

Таблиця 1.1 - Найкращі олії для обсмажування, підсмажування та смаження у фритюрі

Олія	Вміст насичених жирів	Що знати
мигдальна	7%	Має характерний горіховий смак
фундукова	7%	Приносить сміливий, сильний смак
соняшникова	14%	Версії з високим вмістом олеїнової кислоти містять більше корисних мононенасичених жирів
рафінована оливкова олія	14%	«Світло» відноситься до кольору. Чим більш рафінована оливкова олія, тим краще її використовувати як універсальну кулінарну олію
авокадо	17%	Відомий своїм солодким ароматом
пальмова	52%	Не рекомендується для здорового приготування їжі

Джерело: <https://health.clevelandclinic.org/how-to-choose-and-use-healthy-cooking-oils>

Таблиця 1.2 - Найкращі олії для випічки, приготування в духовці та смаження

Олія	Вміст насичених жирів	Що знати
канола	7%	Високий вміст омега-6 жирних кислот, які можуть бути нездоровими при надмірному вживанні. Низький вміст здорової омега-3 жирної кислоти
виноградні кісточки	10%	Високий вміст омега-6 жирних кислот, які можуть бути нездоровими при надмірному вживанні
горіх макадамії	13%	Відомий своїм яскравим смаком

Закінчення таблиці 1.2

Олія	Вміст насичених жирів	Що знати
світла оливкова олія першого віджиму	14%	Краща олія
арахіс	18%	Смачно в обжарці

Джерело: <https://health.clevelandclinic.org/how-to-choose-and-use-healthy-cooking-oils>

Ці кулінарні олії мають середню або високу температуру димлення, що робить їх хорошим вибором для використання в духовці або для смаження.

Таблиця 1.3 - Найкращі олії для легкого пасерування, соусів і запікання на слабкому вогні

Олія	Вміст насичених жирів	Що знати
Конопля	10%	Гарне джерело здорових омега-3 жирних кислот. Зберігати в холодильнику
Кукурудза	13%	Високий вміст омега-6 жирних кислот, які можуть бути нездоровими при надмірному вживанні
Гарбузове насіння	15%	Містить альфа-ліноленову кислоту, форму здорових омега-3 жирних кислот
Кунжут	15%	Має насичений, горіховий смак. Зберігати в холодильнику
Соеві боби	15%	Високий вміст омега-6 жирних кислот, які можуть бути нездоровими при надмірному вживанні

Закінчення таблиці 1.3

Олія	Вміст насичених жирів	Що знати
Віргінський кокос	92%	Також містить лауринову кислоту, яка підвищує рівень хорошого і поганого холестерину. Використовуйте в помірних кількостях

Джерело: <https://health.clevelandclinic.org/how-to-choose-and-use-healthy-cooking-oils>

Ці кулінарні олії мають середню температуру димлення, що робить їх хорошим вибором для страв, які не потребують сильного нагрівання.

Таблиця 1.4 - Найкращі олії для заправок, соусів і маринадів

Олія	Вміст насичених жирів	Що знати
насіння льону	7%	Чудове джерело альфа-ліноленової кислоти, форми здорових омега-3 жирних кислот
Волоський горіх	9%	Містить альфа-ліноленову кислоту, форму здорових омега-3 жирних кислот
Пшеничний зародок	17%	Високий вміст омега-6 жирних кислот, які можуть бути нездоровими при надмірному вживанні. Зберігати в холодильнику

Джерело: <https://health.clevelandclinic.org/how-to-choose-and-use-healthy-cooking-oils>

Ці олії не слід використовувати для приготування їжі, але їх чудово використовувати в сумішах. Інші здорові та смачні варіанти для рецептів без нагрівання – це підсмажена кунжутна олія та оливкова олія першого віджиму.

Соняшник – рослина родини складноцвітих, роду геліантус, у світі відомо понад сімдесят видів. Походження назви походить від виду рослини, яка

нагадувала сонце, і того факту, що вона обертається за сонячними променями [10, 11]. У всьому світі насіння соняшнику вважається однією з найбільш вирощуваних олійних культур поряд із ріпаком, соєю та бавовником [12]. Їх склад і поживна цінність залежать від багатьох факторів, а саме генотипу, типу ґрунту, агротехніки, кліматичних умов і умов обробки [13]. Відомо два види насіння соняшнику: олійне та кондитерське. Перший — чорний з тонкою оболонкою (лігнін і целюлозолітичні матеріали), яка прилипає до ядра і становить 20% від загальної ваги. Спочатку насіння містило 25% олії, але сучасними методами селекції [14, 15] (індукована мутація, гібридизація, молекулярна селекція) нові гібриди соняшнику, в яких вміст олії було збільшено до 40% [16, 17, 18], були створені. Насіння є джерелом харчових волокон, ненасичених жирних кислот (більше лінолевої, ніж олеїнової), антиоксидантів, флавоноїдів (кверцетин, лютеолін, апігенін і кемпферол), амінокислот, білків (до 20%), вітамінів (Е, В, фолатів і ніацин) і мінерали (головним чином кальцій, мідь, залізо, магній, марганець, селен, фосфор, калій, натрій і цинк) [19, 20]. Профіль амінокислот включає глютамінову, аспарагінову кислоти, аргінін, фенілаланін, тирозин, лейцин, метіонін і цистеїн. Вміст жирних кислот коливається до 31%, що вище, ніж в інших олійних культурах, таких як сафлор, арахіс, соєві боби, кунжут і насіння льону [21].

1.2. Доцільність збагачення олії вітаміном А

Вітамін А необхідний для життя ссавців. Він не може бути синтезований *de novo* і повинен бути забезпечений їжею. Вітамін А погано розчинний у воді і відносно нестійкий під час обробки та зберігання харчових продуктів. Було розроблено численні стратегії, щоб уникнути його деградації, спочатку для фармацевтичного використання, а тепер для харчових застосувань. День за днем зростає розробка великої кількості преміксів, що містять належним чином захищений концентрований вітамін А, який використовується у збагачених і функціональних харчових продуктах або харчових добавках. Ми представляємо

оновлення основних методів, які використовуються для інкапсуляції вітаміну А, їхні переваги та недоліки та демонструємо, що всі вони можуть ефективно захистити вітамін А та, отже, підвищити його біодоступність.

З іншого боку, в промислово розвинених країнах вітамін А може бути пов'язаний із субтоксичними ефектами через його накопичення в печінці. Крім того, зараз загальноновизнано, що верхню межу споживання можна знизити для людей похилого віку, незважаючи на відомий ризик розвитку остеопорозу у людей похилого віку та той факт, що у них, як відомо, спостерігається порушення метаболізму вітаміну А. Паралельно нова роль вітаміну А в профілактичному харчуванні проти нейродегенеративних захворювань нещодавно підвищила інтерес до добавок за допомогою функціональної їжі або харчових добавок. Це, пов'язане зі все більш частим споживанням вітаміну А в харчових добавках або збагачених продуктах харчування (тобто з інкапсульованим вітаміном А), приводить нас до рекомендації про те, що в індустріально розвинутих країнах необхідно бути більш обережними при розробці харчових стратегій з використанням інкапсуляції вітаміну А.

Вітамін А — це група жиророзчинних молекул зі схожою структурою, включаючи ретинол, ретиналь, ретиноеву кислоту та кілька каротиноїдів провітаміну А (найбільш помітно бета-каротин) [22]. Вітамін А виконує різноманітні функції: він необхідний для зору, для розвитку та росту ембріона та для підтримки імунної системи [22].

Таким чином, дефіцит вітаміну А (VAD) може порушити функцію нейтрофілів, макрофагів, NK-клітин і зменшити продукцію цитокінів Th2 і Th1-опосередкований імунітет [23]. VAD є основною проблемою харчування в багатьох частинах світу, особливо в країнах з низьким рівнем доходу, що призводить до ряду проблем зі здоров'ям, включаючи ксерофтальмію, підвищену сприйнятливість до інфекцій і анемію. VAD є основною причиною сліпоти, якій можна запобігти [24], але діти з VAD також мають підвищений ризик захворюваності та смертності [25].

Фактори ризику розвитку VAD є багатофакторними, включаючи демографічні (головним чином чоловіки та діти дошкільного віку), географічні (переважно в Африці та Південно-Східній Азії), дитячі (грудне вигодовування, інфекції), побутові (нижчий соціально-економічний статус, погана гігієна) та дієти. (нижча якість і різноманітність раціону) факторів [26]. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у період з 1995 по 2005 рік VAD вразило приблизно 190 мільйонів дітей дошкільного віку та 19,1 мільйона вагітних жінок у всьому світі, головним чином в Африці та Південно-Східній Азії [27].

Докази з низьким рівнем достовірності, отримані в одному РКВ [28], не показали різниці у споживанні вітаміну А учасниками групи, збагаченої вітаміном А, порівняно з групами, які не збагачували його (MD 15,7 мкг RE/день, 95% ДІ від -105,82 до 74,42; одне дослідження ; 412 учасників), у той час як докази з дуже низькою точністю, отримані з одного ССТ [29], показали значні ефекти збагачення (MD 240,6 мкг RE/день, 95% ДІ від -175,1 до 306,1).

Споживання олії, збагаченої вітаміном А, призвело до кращого стану вітаміну А на основі одного випробування [30], виміряного як підвищення ретинолу в грудному молоці (MD 0,79 мкмоль/л, 95% ДІ 0,72 до 0,86; одне дослідження; 63 учасники; дуже низький рівень достовірні докази) або нижчий ризик низької концентрації ретинолу в грудном.

Вітамін А не може бути синтезований *de novo* у тваринному світі; воно має надходити з їжі. Рослини і мікроорганізми можуть синтезувати каротиноїди. Деякі з них (провітамін А каротиноїди) можуть бути перетворені в ретинол шляхом окисного розщеплення β -каротин 15-15'-діоксигеназою. Це розщеплення також може здійснюватися людьми та тваринами за допомогою $\beta\beta$ -каротинмонооксигенази, присутньої в кишковому тракті.

Збагачена олія покращує споживання вітаміну А, в середньому становлячи 26 %, 40 %, 38 %, 29 % і 35 % щоденного рекомендованого споживання поживних речовин для дітей віком 12–23 місяців, 24–59 місяців, 5–9 років, у період лактації та жінок, які не годують, відповідно [31].

Рівень ретинолу в сироватці крові був на 2–19 % вищим на кінцевій лінії, ніж на початковому етапі ($P < 0,001$ у немовлят віком 6–11 місяців, дітей віком 5–9 років, жінок у період лактації та жінок, які не годують; незначний у дітей віком 12–23 місяців ; $P = 0,057$ у дітей віком 24–59 місяців). Ретинол у грудному молоці становив у середньому 20,5 мкг/дл на початковому етапі та 32,5 мкг/дл на кінцевому рівні ($P < 0,01$). Поширеність дефіциту (сироватковий ретинол < 20 мкг/дл) становила 6,5–18 % у групах на початковому етапі та 0,6–6 % на кінцевому ($P \leq 0,011$). У багатофакторних регресіях з поправкою на соціально-економічні відмінності споживання вітаміну А зі збагаченої олії передбачало покращення статусу ретинолу у дітей віком 6–59 місяців ($P = 0,003$) і 5–9 років ($P = 0,03$) [32].

Збагачення рослинної олії вітаміном А є економічно ефективною стратегією покращення статусу вітаміну А, у тому числі у немовлят, чий статус вітаміну А залежить від стану харчування їхніх матерів і в уразливих групах, які не охоплені періодичними добавками. Техніко-економічне обґрунтування підтвердило збагачення рослинної олії вітаміном А як доцільне втручання для Індонезії. Понад 80% індонезійців з усіх соціально-економічних груп щодня споживають немарковану пальмову олію. Більшість олії надходить від кількох великих виробників і потрапляє в домогосподарства протягом 3–4 тижнів після виробництва, що, як правило, забезпечує значне утримання вітамінів. Збагачення пальмової кулінарної олії на рівні 40 МО/г (тобто 12,1 мг/кг) може становити 30% добової рекомендованої норми споживання поживних речовин (RNI) для вітаміну А для дітей віком до 5 років і 30–41% RNI для жінок [33].

1.3. Виробництво соняшникової олії

Через високий вміст олії насіння соняшнику зазвичай обробляють шляхом екстракції олії для отримання високоякісної олії, здебільшого для харчового застосування, і залишкового твердого матеріалу, який традиційно називають соняшниковим шротом. Процес подрібнення олії зазвичай складається з етапу

підготовки, на якому насіння очищають, сушать, часто очищають від лушпиння, термічно обробляють, і етапу екстракції, на якому насіння пресують і в більшості випадків остаточно екстрагують розчинником.

Повний цикл виробництва соняшникової олії включає наступні етапи:

1. Закупівля та доставка сировини.
2. Підготовка насіння, очищення від бруду та лушпиння.
3. Пресування або екстракція.
4. Фільтрація.
5. Переробка (якщо виробляється рафінована олія).
6. Упаковка.
7. Контроль якості.
8. Продаж та доставка продукції.

Існує 2 способи виробництва олії: пресування і екстракція. Пресування — це механічна обробка насіння під тиском, під час якої із твердої сировини витягується олія. Розрізняють гарячий і холодний способи пресування. Гаряче пресування дозволяє отримати більше масла шляхом попередньої волого-теплової обробки матеріалу. При холодному пресуванні його не проводять.

Екстракційна лінія є «кістяком» екстракційного цеху. Олію екстрагують із насіння шляхом змішування з розчинником в екстракторі. Цей метод поєднується з попереднім віджимом для збільшення виходу олії. Екстракція — це ефективний метод виробництва, який дозволяє витягнути до 99% олії з насіння. Видобуту олію необхідно очистити від розчинника і рафінувати.

Кінцевим продуктом може бути масло різних видів:

- Після віджиму нерафінована соняшникова олія тільки фільтрується. Зберігає токофероли, фосфатиди та інші цінні біологічні компоненти. Зберігається таке масло недовго, після чого воно набуває гіркуватий присмак і стає каламутним.
- Нерафінована олія проходить механічну очистку. Має темно-жовтий колір і характерний запах і смак насіння соняшнику. Масло зберігає корисні речовини: фосфоліпіди, вітаміни E, F і каротин.

- Рафінована олія проходить рафінацію. Рафінування - це процес видалення всіх видів немеханічних забруднень. Соняшникова олія обробляється лугом, в результаті чого зі складу видаляються жирні кислоти і фосфоліпіди. Має світлий колір і не має осаду.
- Рафінована дезодорована олія виробляється шляхом впливу на неї водяної пари під вакуумом. Цей процес знищує всі ароматичні речовини, які можуть призвести до передчасного псування масла.

Для забезпечення необхідної якості олії «холодного» віджиму використовується послідовна триступенева фільтраційна система:

1. Основна фільтрація на наливних фільтрах видаляє тверді домішки з олії.
2. Контрольна фільтрація оберігає фільтровану олію від попадання домішок та каламуті у разі збою в процесі основної фільтрації.
3. Полірувальна фільтрація на картриджних фільтрах видаляє найдрібніші частинки (понад 1 мікрон).

На сучасних виробництвах використовують вертикальний пластинчастий фільтр, рідше горизонтальний пластинчастий фільтр, і дуже рідко на старих заводах можна зустріти рамні прес-фільтри. Основна проблема прес-фільтрів у тому, що олія через фільтрувальні серветки контактує з повітрям і активно окислюється, вже потім слідує складність обслуговування, велика займана площа в цеху та наявність витратних матеріалів (серветок).

Соняшник подрібнюють для отримання олії за допомогою одного з двох методів процесу: жорсткого пресування або передпресової екстракції розчинником. Жорстке пресування засноване на наданні високого тиску на підготовлене насіння для відділення олії від фракції твердих речовин, історично відновлюючи близько 25% олії з насіння. Передпресова екстракція розчинником ґрунтується на застосуванні середнього тиску до підготовленого насіння для відділення більшої частини олії, з подальшою екстракцією розчинником для відділення додаткової кількості олії від твердої фракції, що дозволяє отримати понад 40% олії з насіння на сучасних дробильних установках. У типовій установці для подрібнення соняшнику, яка використовує додрукарський метод

екстракції розчинником, початкові етапи попереднього очищення насіння та сушіння насіння знаходяться в секції приймання насіння об'єкта перед зберіганням насіння. Після зберігання насіння насіння переходить на етапи обробки: очищення насіння, лущення передньої частини, лущення м'яса, варіння м'яса, попереднє пресування, допресове освітлення олії та допресове кондиціонування макухи, які відбуваються в загальній технологічній зоні, що називається підготовкою насіння. область. Потім завершальні етапи процесу лущення хвостового кінця та сортування/гранулювання борошна, для яких знову існує потенційна присутність пилу, зазвичай розташовані в зоні підготовки насіння [34].

Висновки до розділу 1

1. Рафінована олія має кращі показники якості та безпечності порівняно з нерафінованою, проте. Вона має нижчу біологічну цінність.
2. Для підвищення біологічної цінності олії рекомендується збагачувати її вітамінами.
3. Проаналізовано позитивний вплив вітаміну А на організм людини.

РОЗДІЛ II. ОРГАНІЗАЦІЯ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Схема та методика проведення досліджень

Дослідження проводилися в лабораторії «Технологій переробки рослинної сировини» СНАУ згідно розробленої схеми (рис.1.)

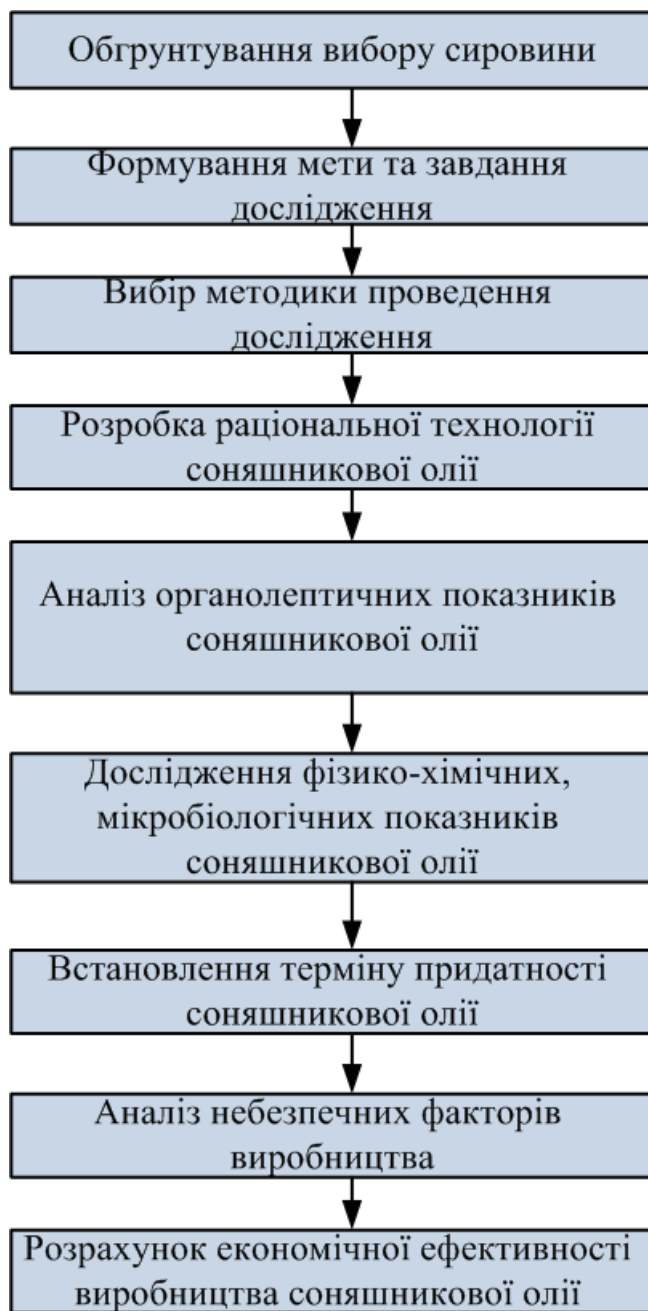


Рис.1. Схема проведення досліджень

В якості предмету дослідження використовували рафіновану соняшникову олію ПрАТ "Дніпропетровський олійноекстракційний завод" (Україна) (рис.2).



Рис.2. Рафінована соняшникова олія

Соняшникову олію збагачували вітаміном А Aura Herbals Vitamin A 1500 мкг у краплях.



Рис.3. Вітамін А

В рафіновану соняшникову олію додавали вітамін А у кількості 1 мл на 100 г олії. Така кількість вітаміну обумовлена добовою потребою організму у

вітаміні А. таким чином, Вживаючи 50 г збагаченої олії на день можна забезпечити 50% добової потреби організму у даному вітаміні.

У середньому дорослому чоловікові потрібно 900 мкг (в перерахунку на чистий ретинол), а жінці 700 мкг (0,000 7 Грамм) вітаміну А на добу. Найбільший припустимий рівень споживання для дорослих — 3000 мкг на добу. 400 (0—6 міс.), 500 (7—12 міс.)

Дієтична добавка Aura Herbals Vitamin A містить підвищену концентрацію цінного вітаміну. В її складі немає зайвих добавок, продукт — абсолютно веганський.

Вітамін А належить до жиророзчинних вітамінів. Тому добавка Aura Herbals виготовлена на основі натуральної кокосової олії. Завдяки цьому, додатково вживати жири не потрібно.

Вітамін А:

- підтримує гостроту зору;
- сприяє поліпшенню загального стану шкіри;
- підвищує функціонування імунної системи.

Роль вітаміну А:

Покращує зір при слабкому освітленні. Ретиналь, активна форма вітаміну А, поєднується з білком опсином, утворюючи родопсин, молекулу, необхідну для кольорового зору та зору при слабкому освітленні. Допомагає захистити та підтримувати рогівку, яка є зовнішнім шаром вашого ока, кон'юнктиву, тонку мембрану, яка покриває поверхню вашого ока та внутрішню частину повік. Необхідний для здоров'я очей і запобігання дегенерації жовтої плями (вікова дегенерація жовтої плями). Зберігає шкіру та слизові деяких частин тіла, наприклад носа, кишківника (кишечника), легень, сечового міхура, внутрішнього вуха. Сприяє належній роботі природного захисту організму від інфекцій та інших хвороб. Вітамін підтримує імунну функцію, забезпечуючи ріст і розподіл Т-клітин, типу лейкоцитів, які захищають наше тіло від інфекції. Підтримує здоров'я клітин шкіри, репродуктивне здоров'я чоловіків і жінок, а

також внутрішньоутробний розвиток плоду. Він відіграє важливу роль у розвитку сперми у чоловіків та яйцеклітин у жінок.

Потужний антиоксидант. Каротиноїди провітаміну А, такі як бета-каротин, альфа-каротин і бета-криптоксантин, є попередниками вітаміну А і мають антиоксидантні властивості. Каротиноїди захищають наше тіло від вільних радикалів — високоактивних молекул, які можуть завдати шкоди організму, створюючи окислювальний (оксидантний) стрес. Окислювальний стрес пов'язують із такими хронічними захворюваннями, як діабет, рак, серцеві захворювання та зниження когнітивних функцій. Дієти з високим вмістом каротиноїдів пов'язані з меншим ризиком багатьох із цих станів, таких як хвороби серця, рак легенів і цукровий діабет.

Може захистити від деяких видів раку. Завдяки своїм антиоксидантним властивостям багаті каротиноїдами фрукти та овочі можуть захистити від деяких видів раку.

2.2. Визначення ступеня окиснення рослинних олій

Визначення ступеня окиснення жирових продуктів – важливий чинник, який свідчить не лише про їхню якість, а й про можливість негативного впливу продуктів окиснення на стан здоров'я населення, вражаючи серцево-судинну, нервову системи та шлунковокишковий канал.

Помічено, що жир, який містить лінолеву і міристинову кислоти у співвідношенні 9:1, має підвищену стійкість до окиснення. Встановлено також, що олії з високим вмістом олеїнової кислоти мають набагато більшу стійкість до окиснення, ніж олії із звичайним її вмістом. Стійкість жирів залежить від ступеня їх ненасиченості та вмісту в них токоферолів.

У пробірку наливали по 2 краплі рослинної олії, 2 краплі розчину натрій карбонату, 2 краплі водного розчину KMnO_4 . Струшували вміст пробірки. І спостерігали за якісною реакцією.

2.3. Визначення кислотного числа

Кислотне число – характеризує кількість вільних жирних кислот, що містяться у жири.

Визначається в мм КОН, який пішов на нейтралізацію вільних жирних кислот у 1 г жиру. Кислотне число (КЧ) – залежить від якості жиру, способу його отримання, умов зберігання та інших факторів. Кислотне число відноситься до регламентованих ДСТУ показників: для нерафінованих КЧ допускається до 6 мг КОН.

3-5 г жиру розчиняли у 50 мл нейтральної спиртово-ефірної суміші у витяжній шафі при вимкнутих пальниках. До прозорого розчину доливали 3-4 краплі фенолфталеїну і при постійному збовтуванні титрували розчином калій гідроксиду до зміни забарвлення. Якщо у процесі титрування лугом розчин мутнів, то для його освітлення додавали нейтральну суміш розчинника.

Для запобігання спалахування спиртово-ефірної суміші титрування треба проводити у витяжній шафі при вимкнутих пальниках. Кислотне число (Кч) визначали за формулою:

$$Kч = \frac{a \cdot k \cdot 5,61}{m},$$

де а – кількість 0,1н розчину лугу, затраченого на титрування, мл;

к – коефіцієнт поправки на титр 0,1 н;

5,61 – коефіцієнт перерахунку мілілітрів 0,1 н розчину КОН в міліграми;

м – наважка жиру, г.

2.4. Визначення йодного числа

У конічну колбу з притертим корком відважували 0,1 олії з точністю до 0,00002 г. Потім доливали 30-40 мл 96 %-го етилового спирту або 10 мл

хлороформу. Для повного розчинення жиру колбу ставляли на водяну баню з температурою 40-50°C при вимкненому пальнику. Колбу закривали корком, вміст добре збовтували і залишали стояти 5 хв., після чого швидко відтитровували 0,1 н розчином натрій тіосульфату. Коли розчин набував світло-жовтого кольору, до нього приливали 0,5-1 мл 1 %-го розчину крохмалю і титрували до повного знебарвлення. Паралельно проводили контрольний дослід (без жиру). Йодне число ($I_{\text{ч}}$) обчислювали за формулою:

$$I_{\text{ч}} = \frac{(A - B) \cdot 0,0127 \cdot \kappa \cdot 100}{m},$$

де А – кількість 0,1 н розчину натрій тіосульфату, затраченого на титрування контрольного розчину, мл;

В – кількість 0,1 н розчину натрій тіосульфату, затраченого на титрування досліджуваної проби, мл;

0,0127 – кількість грамів йоду, еквівалентна 1 мл точно 0,1 н розчину натрій тіосульфату; 100 – коефіцієнт перерахунку на відсотки;

м – наважка жиру, г;

κ – коефіцієнт поправки на титр 0,1 н розчину натрій тіосульфату.

2.5. Визначення концентрації вологи

Для визначення концентрації вологи в соняшниковій олії використовуються методи згідно з ДСТУ ISO 662:2004 Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту вологи та летких речовин (ISO 662:1998, IDT).

2.6. Визначення органолептичних показників олії

Органолептична оцінка якості соняшnikової олії полягала в оцінюванні зовнішнього вигляду, смаку та запаху. Смак і запах рослинних олій залежать від якості і виду сировини, що переробляється (олія з дефектного насіння може мати

неприємний, затхлий смак і запах), від способу виробництва (пресування, екстрагування) і технологічних режимів роботи обладнання.

2.7. Визначення мікробіологічних показників якості олії

Кількість аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КУО/г) та бактерій групи кишкових паличок (у 1 г) визначали методом посіву. Дріжджі та плісняві гриби визначали методом виявлення і підрахунку колоній (у 1 г).

Висновки до розділу 2

1. Розроблено схему експерименту, визначені основні етапи дослідження.
2. Обґрунтовано запропоновані методи дослідження з урахуванням показників якості та безпечності продукту.
3. Виконано постановку експерименту.

РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ПРОДУКТУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

3.1. Розробка удосконаленого способу очистки олії

Основні етапи рафінації соняшникової олії. На кожному заводі використовується різна схема виробництва рафінованої олії. Однак у будь-якому випадку, хоч і в різних комбінаціях, вона включає такі етапи:

- механічне очищення (фільтрацію);
- гідратацію;
- нейтралізацію;
- адсорбційну обробку (відбілювання);
- вінтеризацію (виморозку);
- дезодорацію.

Щоб продукт повністю втратив запах і смак, його піддають обробці паром. Такий процес називається дезодорацією.

Процес гідратації. Після того як ядра насіння соняшника зазнали подрібнення, отримана м'ятка була просмажена на спеціальних жаровнях для маслоцеху, з неї була отримана олія і вона пройшла очищення від механічних домішок, зазнала відстоювання та фільтрації, проводиться процес гідратації. Таку назву отримав процес обробки отриманої олії ортофосфорною кислотою. У ході гідратації фосфоровмісні речовини стають такими, що піддаються гідратації, і після змішування олії з водою, у сепараторі видаляються залишки соапстоку фосфатидів. Якщо цього не зробити, готовий продукт швидко зіпсується.

Процес нейтралізації. Після гідратації олія піддається обробці розчином лимонної кислоти та лугами. Такий процес називається нейтралізацією чи лужною рафінацією. Луги нейтралізують вільні жирні кислоти, які, своєю

чергою, сприяють виведенню із суміші пестицидів та важких металів. Це гальмує процес окислення продукту, що дозволяє збільшити термін його зберігання.

Процес відбілювання. Адсорбційна обробка соняшникової олії, або її відбілювання, полягає у впливі на жирову суміш органічними адсорбентами. Такий захід необхідний для освітлення продукту шляхом його очищення від каротиноїдів (пігментів, що фарбують). Обробка адсорбентами також допомагає усунути певну кількість пероксидних сполук і фосфоровмісних речовин.

Процес вінтеризації. Крапку у позбавленні готового продукту будь-якого кольору ставить виморожування олії, відоме під назвою вінтеризація. Цей процес передбачає:

- повільне охолодження олії;
- її витримку за низької плюсової температури;
- видалення шляхом фільтрації осаду, що містить воски.

У процесі вінтеризації використовуються теплообмінні апарати різних типів.

Процес дезодорації. Завершальним етапом рафінації олії є її дезодорація, тобто вплив на продукт пари (її температура має становити приблизно 220 градусів). Такий захід дозволяє покращити смак та стабільність олії, повністю видалити запах, збільшити термін зберігання.

Для мінімізації кількості відходів та втрат олії, скорочення витрат реагентів, а також інших допоміжних матеріалів заводи поступово переходять на використання нових, більш економічно ефективних технологій у вигляді холодної нейтралізації, фізичної рафінації, холодної ензимної гідратації.

Для поліпшення якості олії з соняшника поряд з використанням нових технологій застосовується метод штучного насичення звичайного рафінованого продукту додатковими компонентами у вигляді антиоксидантів.

Щоб якість рослинних олій, що виготовляються в Україні, відповідала міжнародним стандартам, готова продукція перевіряється у вимірювальних лабораторіях, оснащених сучасними приладами та комплексними тест-системами.

Удосконалена технологічна схема представлена на рис.4.

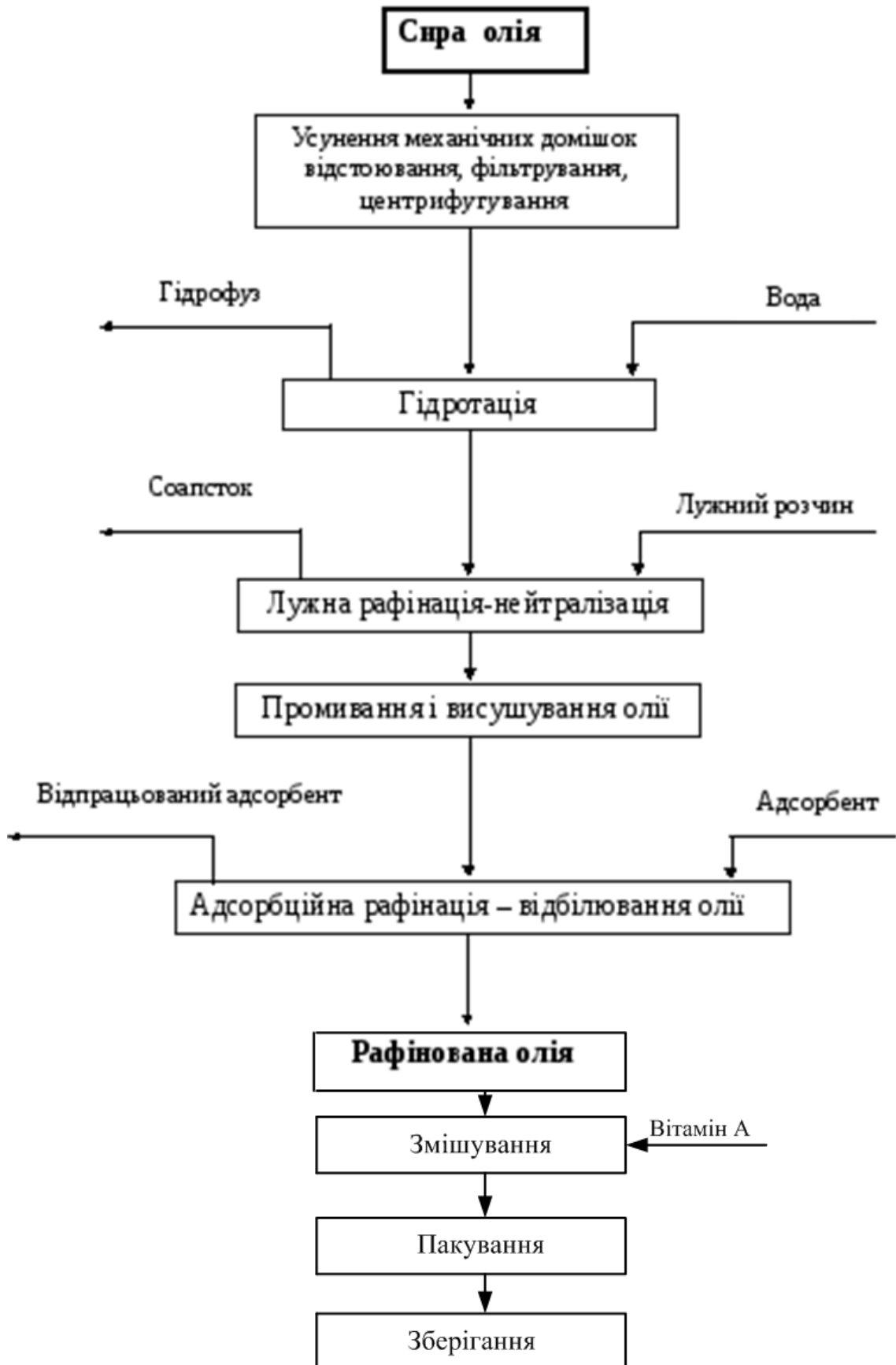


Рис. 4. Технологічна схема виробництва соняшникової олії

Рафінація дозволяє поліпшити якість олії шляхом видалення небажаних домішок. Це включає вільні жирні кислоти, пігменти, воски та інші речовини, які можуть негативно позначатися на смаку, кольорі та ароматі олії. Рафінована олія стає більш стабільною і має кращу стійкість до окислення, що забезпечує її тривалий термін зберігання.

Очищення від домішок і летких сполук дозволяє запобігти окисленню та старінню олії. Рафінована олія має більш стабільну хімічну структуру і може зберігати свої властивості протягом тривалого часу.

Рафінація олії є важливим етапом для забезпечення безпеки олії, що призначена для харчування. Видалення небажаних речовин, таких як вільні жирні кислоти та пігменти, допомагає дотримуватися стандартів якості та безпеки харчових продуктів. Рафінована олія, виготовлена на лініях ТОВ «ТАН», відповідає вимогам гігієни й може бути використана в різних продуктах.

Процес збагачення вітаміном А просто забезпечити, оскільки дана вітамінна добавка виготовлена на основі рослинної олії (пальмої, соєвої і т.д.). Вітамін доцільно вводити перед пакуванням (розливом). Враховуючи, що майже всі види рослинних олій мають майже однакову густину, для змішування олії із вітаміном А доцільно використовувати змішувач із лопатевою мішалкою.

3.2. Результати органолептичного аналізу рафінованої соняшникової олії

Органолептична оцінка показала, що олія збагачена вітаміном А за всіма показниками не відрізнялася від звичайної рафінованої олії (рис.5).

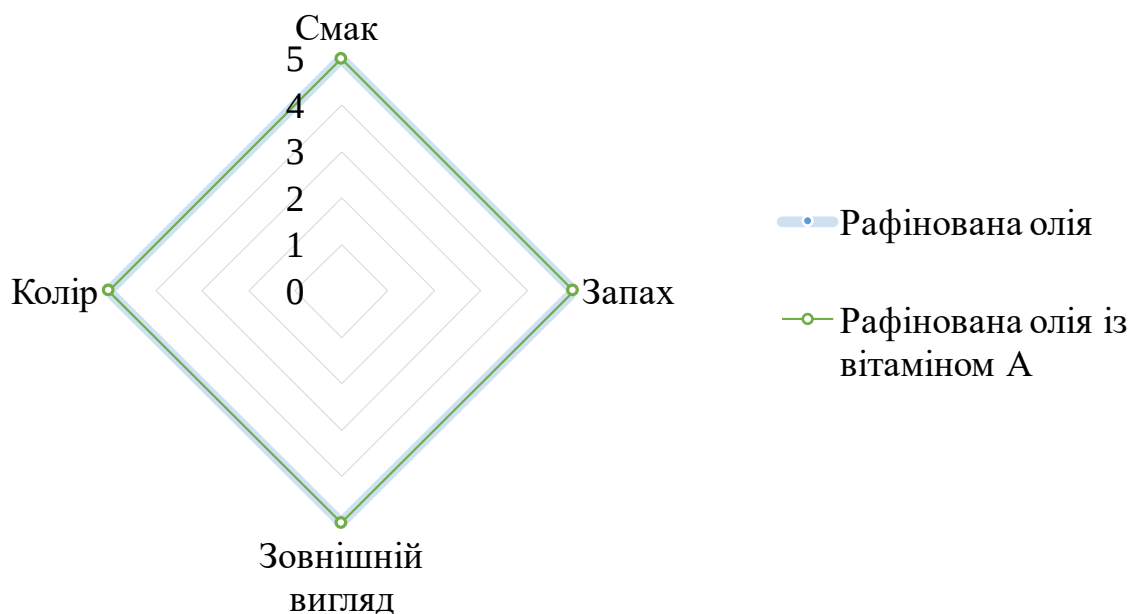


Рис.5. Органолептична оцінка рафінованої соняшникової олії

Результати органолептичної оцінки представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати органолептичної оцінки дослідних зразків рафінованої соняшникової олії

Показники якості	Рафінована олія промислового виробництва	Рафінована олія збагачена вітаміном А
Прозорість	Прозора без осаду	Прозора без осаду
Смак та запах	Притаманні олії соняшниковій рафінованій без стороннього присмаку, гіркоти та запаху	Притаманні олії соняшниковій рафінованій без стороннього присмаку, гіркоти та запаху

Аналіз органолептичної оцінки показав, що олія, збагачена вітаміном А – прозора. Вона має смак та запах, притаманні рафінованій олії соняшниковій. Вона не має стороннього присмаку, гіркоти та запаху.

3.3. Результати аналізу фізико-хімічних показників дослідних зразків рафінованої олії

Результати дослідження фізико-хімічних показників олії соняшникової представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники досліджуваних зразків

Показники якості	Рафінована олія промислового виробництва	Рафінована олія збагачена вітаміном А
Колірне число, мг йоду, не більше ніж	10	10
Кислотне число, мг КОН/г, не більше ніж	0,35	0,28
Пероксидне число, $\frac{1}{2}\text{O}$ ммоль/кг, не більше ніж	5	4,7
Масова частка води та летких речовин, %, не більше ніж	0,1	0,1

Результати показали, що запропонований спосіб збагачення соняшникової рафінованої вітаміном А на основі рослинної олії не впливає на колірне число готового продукту. Воно залишається без змін та відповідає вимогам стандарту.

Вітамін А позитивно впливає на зберігання олії, кислотне число збагаченої рафінованої олії на 0,7 мг КОН/г менше ніж звичайної рафінованої олії.

Також знижується пероксидне число на 0,3 $\frac{1}{2}\text{O}$ ммоль/кг.

Додавання вітаміну А не впливає на масову частку води в рафінованій олії. Вона залишається сталою.

3.4. Результати дослідження мікробіологічних показників соняшникової олії

Досліджено вплив запропонованого способу очищення соняшникової олії із застосуванням адсорбції пивною дробиною та вінтеризацією на мікробіологічний склад олії. Результати представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Мікробіологічні показники соняшникових олій

Показники якості	Рафінована олія промислового виробництва	Рафінована олія збагачена вітаміном А
Кількість аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів КУО в 1 см ³ , не більше ніж	300	300
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), у 1 г	Не виявлено	
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , у 25 г	Не виявлено	
Дріжджі, КУО/г	Не виявлено	
Плісняві гриби, КУО/г, не більше ніж	50	50

Результати показали, що за всіма мікробіологічними показниками дослідні зразки відповідають вимогам стандарту.

Висновки до розділу 3

1. Рафінація дозволяє поліпшити якість олії шляхом видалення небажаних домішок. Це включає вільні жирні кислоти, пігменти, воски та інші речовини, які можуть негативно позначатися на смаку, кольорі та ароматі олії. Рафінована олія

стає більш стабільною і має кращу стійкість до окислення, що забезпечує її тривалий термін зберігання.

2. Результати показали, що запропонований спосіб збагачення соняшникової рафінованої вітаміном А на основі рослинної олії не впливає на колірне число готового продукту. Воно залишається без змін та відповідає вимогам стандарту.

3. Вітамін А позитивно впливає на зберігання олії, кислотне число збагаченої рафінованої олії на 0,7 мг КОН/г менше ніж звичайної рафінованої олії.

4. Також знижується пероксидне число на 0,3 $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг.

5. Додавання вітаміну А не впливає на масову частку вологи в рафінованій олії. Вона залишається сталою.

6. Результати показали, що за всіма мікробіологічними показниками дослідні зразки відповідають вимогам стандарту

РОЗДІЛ IV. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Якість рослинної олії контролюється згідно з вимогами нормативних документів за органолептичними, фізико-хімічними та показниками безпеки. Органолептична оцінка якості рослинної олії полягає в оцінюванні зовнішнього вигляду, смаку та запаху. Смак і запах рослинних олій залежать від якості і виду сировини, що переробляється (олія з дефектного насіння може мати неприємний, затхлий смак і запах), від способу виробництва (пресування, екстрагування) і технологічних режимів роботи обладнання. До основних показників безпеки рослинної олії відносять токсичні елементи, мікотоксини, пестициди, вміст ерукової кислоти.

Основними показниками контролю якості рослинних олій є фізико-хімічні показники, а саме: кислотне число, число омилення, йодне число.

Число омилення — кількість міліграмів їдкого калію (KOH), необхідна для нейтралізації вільних і зв'язаних з гліцерином жирних кислот, одержаних при омиленні 1 г жиру.

Кислотне число — кількість міліграмів їдкого калію KOH, необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в 1 г жиру. Це важливий показник властивостей і стану жиру, оскільки може легко збільшуватися при зберіганні як жиру, так і багатих на жир харчових продуктів.

Йодне число — кількість грамів йоду, що зв'язується із 100 г жиру. Воно дає змогу оцінити якість олії, придатність її до використання. Оскільки приєднання йоду відбувається у місці подвійних зв'язків у молекулах ненасичених жирних кислот, йодне число дає уявлення про вміст цих кислот у жирі. Чим вище йодне число, тим легше окислюється жир і є більш придатним для виготовлення лаків, фарб, оліфи, але менш придатним для вживання в їжу.

За фізико-хімічними показниками рослинні олії повинні відповідати величинам, що зазначені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Якість олії в насінні олійних культур

Олійна культура	Число омилення, мг КОН на 1 г жиру	Йодне число, г йоду на 100 г жиру	Кислотне число, мг КОН на 1 г жиру
Рицина	182-187	81-86	0,98-6,80
Арахіс	182-207	90-103	0,03-2,24
Гірчиця	182-183	92-119	0,00-3,04
Ріпак	167-185	94-112	0,13-11,0
Соняшник	183-196	119-144	0,10-2,40
Кунжут	187-197	103-112	0,20-2,30
Сафлор	194-203	115-155	0,8-5,8
Льон олійний	186-195	165-192	0,55-3,50
Рижій	181-188	132-153	0,25-13,20

За можливістю ненасичених жирних кислот швидко окислюватися визначають здатність олій до висихання. За цією ознакою олії поділяють на: швидковисихаючі, напіввисихаючі та невисихаючі.

Швидковисихаючі олії (ляна, конопляна), йодне число яких складає 130-295. До складу таких олій входять гліцерин, ліолева (50-60 %) та ліоленова (17-45 %) кислоти.

Напіввисихаючими і слабковисихаючими є соняшникова, соєва, кукурудзяна олії. Їх йодне число коливається в межах від 85 до 130. Вони містять гліцериди ліолевої (40 - 57 %) та олеїнової (28 - 50 %) кислот.

Арахісова та рицинова олії з йодним числом до 85 відносяться до невисихаючих. У їх складі переважає олеїнова кислота (до 83 %).

Перелік нормативних документів, якими регулюється процедура визначення якісних показників рослинних олій, представлено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Нормативні документи, якими регулюється процедура визначення якісних показників рослинних олій

Показник	Міжнародний стандарт	Національний стандарт
Номенклатура	ISO 5507:2002 Oilseeds, vegetable oils and fats - Nomenclature	ДСТУ ГОСТ ISO 5507:2003 «Насіння олійних культур»
Кислотне число, кислотність	ISO 660:2009 Animal and vegetable fats and oils — Determination of acid value and acidity	ДСТУ ISO 660:2009 «Жири тваринні та рослинні й олії. Метод визначення кислотного числа та кислотності»
Перекисне число	ISO 3960:2007 Animal and vegetable fats and oils – Determination of peroxide value - Iodometric (visual) endpoint determination	ДСТУ ISO 3960:2001 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення перекисного числа»
Йодне число	ISO 3961:2009 Animal and vegetable fats and oils - Determination of iodine value	ДСТУ ISO 3961:2004 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення йодного числа»
Число омилення	ISO 3657:2013 Animal and vegetable fats and oils - Determination of saponification value	ДСТУ ISO 3657:2004 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення числа омилення»

Закінчення таблиці 4.2

Показник	Міжнародний стандарт	Національний стандарт
Вміст жирних кислот	ISO 5508:1990 Animal and vegetable fats and oils - Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids	ДСТУ ISO 5508:2001 «Жири та олії тваринні й рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот»

Рослинна олія займає важливе місце в харчуванні людини і є одним з основних джерел забезпечення споживчого ринку продовольством.

Підприємства з виробництва рослинної олії стратегічно важливі для національного господарства як країни в цілому, так і окремих регіонів. Такі підприємства входять у першу п'ятірку галузей харчової промисловості за обсягами виробництва та становлять важливу переробну ланку.

Схема виробничого контролю представлена на рис.6.

При виготовленні соняшникової олії можна виділити одну кон, фільтрування олії. В разі порушення технологічного режиму процесу очищення рафінованої олії, значно знижується термін придатності олії. За рахунок швидкого окиснення та псування.

Поточний контроль проводиться шляхом перевірки дотримання технологічних режимів на всіх етапах виробництва та аналізу показників якості, безпечності готового продукту.

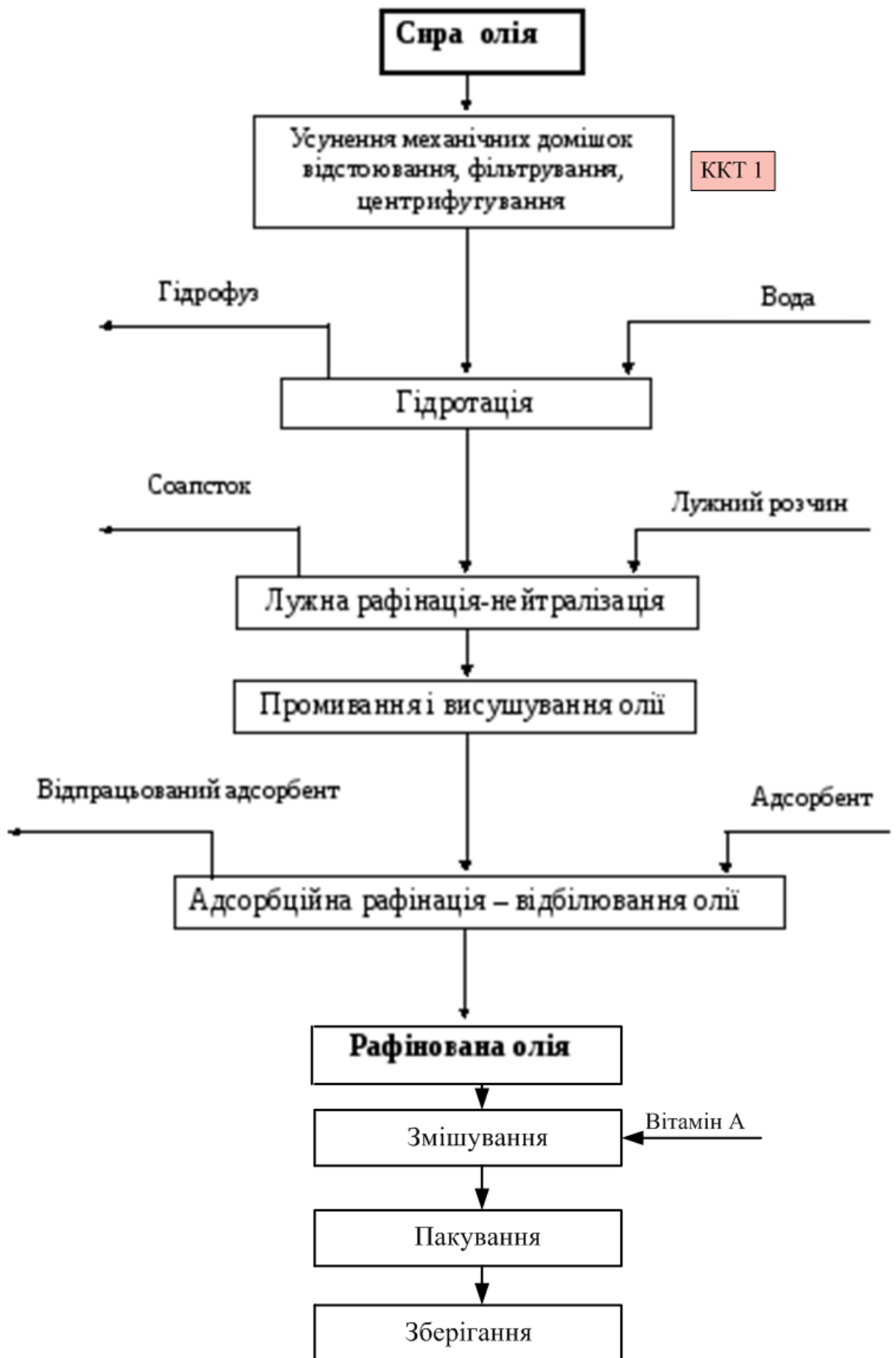


Рис.6. Схема виробничого контролю

Дозволено вводити в соняшникову олію антиоксиданти, біологічно активні та смакоароматичні харчові добавки, вітаміни за технологічної необхідності згідно з чинною нормативною документацією за наявності дозволу центрального органу виконавчої влади з питань охорони здоров'я та згідно з рецептурою.

Частина строку зберігання, що минула від дати виготовлення, для вищезазначеної сировини та інгредієнтів, які надходять на виробництво, не повинна перевищувати $1/3$ частки їх загального строку придатності. Соняшникову олію нерафіновану невиморожену пресову, призначену для виробництва соняшnikової олії рафінованої дезодорованої вимороженої марки Д, та нерафіновану холодного пресування виробляють з насіння соняшника лише вищого класу.

Соняшникову олію нерафіновану, призначену для постачання в торговельну мережу та на підприємства ресторанного господарства, виробляють із насіння соняшника лише вищого та першого класів.

Вміст токсичних елементів, пестицидів і мікотоксинів у сировині, яку призначено для промислового перероблення на харчові продукти, має відповідати ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000 та вимогам чинної нормативної документації. Вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у сировині для виробництва олії соняшnikової не повинен перевищувати встановлених допустимих рівнів вмісту радіонуклідів згідно з ГН 6.6.1.1-130.

Під час виробництва олії соняшnikової дотримуються вимог щодо безпеки, які встановлені ДСП 4.4.4.090 [35]. Під час виробництва та перероблення олії соняшnikової дотримуються вимог НПАОП 15.4-1.06 [36] та НПАОП 15.4-1.10 [37]. Технологічне устаткування виробництва та перероблення — згідно з ГОСТ 12.2.003. Експлуатацію технологічного устаткування та ведення технологічного процесу виробництва і перероблення олії соняшnikової здійснюють відповідно до ДСТУ EN 1672-1, ДСТУ EN 1672-2 і ГОСТ 12.3.002. Процеси виробництва та перероблення олії соняшnikової за санітарними характеристиками відносять до групи «2а» ДБН В. 2.2-28 [38].

Висновки до розділу 4

1. Для спрощення плану НАССР, програми передумов, такі як розташування, обладнання, водопостачання тощо, були забезпечені для мінімізації небезпек на початку виробництва.
2. У цьому дослідженні використали опис продукту для попередження покупця та постачальника про потенційну небезпеку в готовій продукції.
3. Встановлено ККТ, які можуть з'явитися в сировині та готовому продукті, у врахуванням всіх компонентів та принципів НАССР.

РОЗДІЛ V. РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО ПРОДУКТУ

Визначаємо склад компонентів рафінованої соняшникової олії. В таблиці 5.1 представлено розрахунок витрат на сировину для виробництва розробленого харчового продукту.

Таблиця 5.1 - Витрати на сировину та основні матеріали

Сировина	Рафінована олія промислового виробництва			Рафінована олія збагачена вітаміном А		
	Норма на 1000, г	Ціна, грн/кг/ мл	Вартість, грн	Норма на 1000, г	Ціна, грн/кг	Вартість, грн
Олія соняшникова	1000	35	35000	1000	35	35000
Вітамін А	-	-	-	1	10	10
Разом:			25000			35010

У статтю «Допоміжні матеріали» включаються затрати на придбання пакувального матеріалу та тари (табл. 5.2). Планується упаковувати олію у пластикові пляшки.

Таблиця 5.2 - Витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали

Сировина	Рафінована олія промислового виробництва			Рафінована олія збагачена вітаміном А		
	Норма на 1000 л	Ціна, шт	Вартість, грн	Норма на 1000 г	Ціна, грн/м	Вартість, грн
Пластикові пляшка	1000	1	1000	1000	1	1000
	Разом:		1000			1000

Для розрахунку статті «Енерговитрати» (табл. 5.3) використовуємо норми витрат електро- та енергоресурсів на випуск одиниці продукції (пара, електроенергія, вода, холод).

Таблиця 5.3 - Енерговитрати на технологічні цілі

Сировина	Рафінована олія промислового виробництва			Рафінована олія збагачена вітаміном А		
	Норма на кг/1000кг	Ціна, грн/т (м³)	Вартість, грн	Норма на кг/1000кг	Ціна, грн/т (м³)	Вартіс ть, грн
Вода, м³	10	11,40	114,0	10	11,40	114,0
Електроенергія, кВт/год	2	1,9302	3,86	2	1,9302	3,86
Разом:			117,86			117,86

В таблиці 5.4 представлено розрахунок відпускної ціни рафінованої соняшникової олії.

Таблиця 5.4 - Розрахунок відпускних цін

Денний обсяг виробництва, кг.	Відпускна ціна, грн/кг	Вартість реалізованої продукції, тис. грн. (денна)	Вартість реалізованої продукції (валового доходу), тис. грн. (річна)
1000	60	60000	6000000

На основі розрахунку вартості реалізованої продукції, розраховано виробничу програму щодо даного продукту.

Розрахунок виробничої програми представлено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Обсяг виробництва продукції в вартісному виразі

Найменування продукції	Випуск продукції в рік, од.	Діюча оптова ціна за 1 кг	Вартість товарної продукції, тис. грн.
Рафінована олія промислового виробництва	100000	50	5000000
Рафінована олія збагачена вітаміном А	100000	60	6000000

Основні техніко-економічні показники з виробництва інноваційного продукту представлено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Основні техніко-економічні показники проекту

№	Показники	Одиниці виміру	Рафінована олія промислового виробництва	Рафінована олія збагачена вітаміном А
1	Виробнича потужність підприємства за основними видами продукції	т	1	1
2	Виручка від реалізації	грн.	5000000,0	6000000,0
3	Повна собівартість виробленої продукції	грн.	50117,86	60117,86
4	Витрати на 1 грн. виробленої продукції	грн.	20,5	22,5

Закінчення таблиці 5.6

№	Показники	Одиниці виміру	Рафінована олія промислового виробництва	Рафінована олія збагачена вітаміном А
5	Валовий прибуток	грн.	2955285,6	1115000
6	Рентабельність	%	12	20

Таким чином, виробництво рафінованої соняшникової олії, збагаченої вітаміном А, є рентабельним. Рентабельність проєкту становить 20%.

Висновки до розділу 5

1. Рентабельність виробництва за розробленою схемою становитиме 20%.
2. Рекомендована вартість вітамінізованої олії становить 60 грн за літр.

ВИСНОВКИ

1. В рафіновану соняшникову олію додавали вітамін А у кількості 1 мл на 100 г олії. Така кількість вітаміну обумовлена добовою потребою організму у вітаміні А. таким чином, Вживаючи 50 г збагаченої олії на день можна забезпечити 50% добової потреби організму у даному вітаміні.
2. Рафінація дозволяє поліпшити якість олії шляхом видалення небажаних домішок. Це включає вільні жирні кислоти, пігменти, воски та інші речовини, які можуть негативно позначатися на смаку, кольорі та ароматі олії. Рафінована олія стає більш стабільною і має кращу стійкість до окислення, що забезпечує її тривалий термін зберігання.
3. Результати показали, що запропонований спосіб збагачення соняшникової рафінованої вітаміном А на основі рослинної олії не впливає на колірне число готового продукту. Воно залишається без змін та авідповідає вимогам стандарту.
4. Вітамін А позитивно впливає на зберігання олії, кислотне число збагаченої рафінованої олії на 0,7 мг КОН/г менше ніж звичайної рафінованої олії.
5. Також знижується пероксидне число на 0,3 $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг.
6. Додавання вітаміну А не впливає на масову частку вологи в рафінованій олії. Вона залишається сталою.
7. Результати показали, що за всіма мікробіологічними показниками дослідні зразки відповідають вимогам стандарту.
8. Рентабельність запропонованого проєкту становить 20%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Szabó É, Csölle I, Felső R, Kuellenberg de Gaudry D, Nyakundi PN, Ibrahim K, Metzendorf MI, Ferenci T, Lohner S. Benefits and Harms of Edible Vegetable Oils and Fats Fortified with Vitamins A and D as a Public Health Intervention in the General Population: A Systematic Review of Interventions. *Nutrients*. 2023 Dec 18;15(24):5135. doi: 10.3390/nu15245135.
2. FAO World Food and Agriculture: Statistical Yearbook 2021. Rome. 2021. FIGURE 23: World Production of Vegetable Oils, Main Commodities. [(accessed on 21 November 2023)]. Available online: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4477en>.
3. Yara-Varón E, Li Y, Balcells M, Canela-Garayoa R, Fabiano-Tixier A-S, Chemat F. Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products. *Molecules*. (2017) 22:1474. doi: 10.3390/molecules22091474.
4. Gharby S. Refining vegetable oils: Chemical and physical refining. *Sci World J*. (2022) 2022:6627013. doi: 10.1155/2022/6627013.
5. Siroma TK, Machate DJ, Zorretto-Pinheiro VA, Figueiredo PS, Marcelino G, Hiane PA, et al. Polyphenols and ω -3 PUFAs: Beneficial outcomes to obesity and its related metabolic diseases. *Front Nutr*. (2022) 8:781622. doi: 10.3389/fnut.2021.781622.
6. Carocho M, Ferreira ICFR, A. review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food Chem Toxicol*. (2012) 51:15–25. doi: 10.1016/j.fct.2012.09.021.
7. Guo S, Ge Y, Jom KN. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus* L). *Chem Central J*. (2017) 11:95. doi: 10.1186/s13065-017-0328-7

8. Adeleke BS, Babalola OO. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food Nutritional and health benefits. *Food Sci Nutr.* (2020) 8:4666–84. doi: 10.1002/fsn3.1783.
9. Zeb A. A comprehensive review on different classes of polyphenolic compounds present in edible oils. *Food Res Int.* (2021) 143:110312. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110312.
10. Adeniji, A. A. , Loots, D. T. , & Babalola, O. O. (2019). *Bacillus velezensis*: Phylogeny, useful applications, and avenues for exploitation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(9), 3669–3682. 10.1007/s00253-019-09710-5.
11. Amiri, Z. , Asgharipour, M. R. , Campbell, D. E. , & Armin, M. (2019). A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on emergy and economic analyses. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1051–1066. 10.1016/j.jclepro.2019.04.091.
12. Aremu, B. R. , Omotayo, A. O. , & Babalola, O. O. (2016). Biotechnology in agriculture: Risks and opportunities for the rural poor in semi-arid-tropics. *Journal of Human Ecology*, 56(1–2), 55–59. 10.1080/09709274.2016.11907037
13. Arruda, H. S. , Pereira, G. A. , de Moraes, D. R. , Eberlin, M. N. , & Pastore, G. M. (2018). Determination of free, esterified, glycosylated and insoluble-bound phenolics composition in the edible part of araticum fruit (*Annona crassiflora* Mart.) and its by-products by HPLC-ESI-MS/MS. *Food Chemistry*, 245, 738–749. 10.1016/j.foodchem.2017.11.120
14. Blanco-Vaca, F. , Cedó, L. , & Julve, J. (2019). Phytosterols in cancer: From molecular mechanisms to preventive and therapeutic potentials. *Current Medicinal Chemistry*, 26(37), 6735–6749. 10.2174/0929867325666180607093111
15. Blasi, F. , Rocchetti, G. , Montesano, D. , Lucini, L. , Chiodelli, G. , Ghisoni, S. Cossignani, L. (2018). Changes in extra-virgin olive oil added with *Lycium barbarum* L. carotenoids during frying: Chemical analyses and metabolomic

- approach. *Food Research International*, 105, 507–516. 10.1016/j.foodres.2017.11.061.
16. Cao, Y. , & Mezzenga, R. (2019). Food protein amyloid fibrils: Origin, structure, formation, characterization, applications and health implications. *Advances in Colloid and Interface Science*, 269, 334–356. 10.1016/j.cis.2019.05.002.
17. Cardoso, B. R. , Duarte, G. B. S. , Reis, B. Z. , & Cozzolino, S. M. (2017). Brazil nuts: Nutritional composition, health benefits and safety aspects. *Food Research International*, 100, 9–18. 10.1016/j.foodres.2017.08.036.
18. Cedó, L. , Farràs, M. , Lee-Rueckert, M. , & Escolà-Gil, J. C. (2019). Molecular insights into the mechanisms underlying the cholesterol-lowering effects of phytosterols. *Current Medicinal Chemistry*, 26(37), 6704–6723. 10.2174/0929867326666190822154701.
19. Ebrahimian, E. , Seyyedi, S. M. , Bybordi, A. , & Damalas, C. A. (2019). Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management*, 218, 149–157. 10.1016/j.agwat.2019.03.031.
20. Elemike, E. E. , Uzoh, I. M. , Onwudiwe, D. C. , & Babalola, O. O. (2019). The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences*, 9(3), 499 10.3390/app9030499.
21. El-Hamidi, M. , & Zaher, F. A. (2018). Production of vegetable oils in the world and in Egypt: An overview. *Bulletin of the National Research Centre*, 42(1), 19 10.1186/s42269-018-0019-0
22. Stephensen C.B. Vitamin A, infection, and immune function. *Annu. Rev. Nutr.* 2001;21:167–192. doi: 10.1146/annurev.nutr.21.1.167.
23. Carazo A., Macakova K., Matousova K., Krcmova L.K., Protti M., Mladenka P. Vitamin A Update: Forms, Sources, Kinetics, Detection, Function, Deficiency, Therapeutic Use and Toxicity. *Nutrients*. 2021;13:1703. doi: 10.3390/nu13051703.

24. Vijayaraghavan K. National control programme against nutritional blindness due to vitamin A deficiency: Current status & future strategy. *Indian J. Med. Res.* 2018;148:496–502. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_1781_18.
25. Wirth J.P., Petry N., Tanumihardjo S.A., Rogers L.M., McLean E., Greig A., Garrett G.S., Klemm R.D., Rohner F. Vitamin A Supplementation Programs and Country-Level Evidence of Vitamin A Deficiency. *Nutrients.* 2017;9:190. doi: 10.3390/nu9030190. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
26. Sherwin J.C., Reacher M.H., Dean W.H., Ngondi J. Epidemiology of vitamin A deficiency and xerophthalmia in at-risk populations. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 2012;106:205–214. doi: 10.1016/j.trstmh.2012.01.004.
27. WHO Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005: WHO global database on vitamin A deficiency. [(accessed on 2 September 2023)]. Available online: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241598019>.
28. Candelaria L.V., Magsadia C.R., Velasco R.E., Pedro M.R., Barba C.V., Tanchoco C.C. The effect of vitamin A-fortified coconut cooking oil on the serum retinol concentration of Filipino children 4–7 years old. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 2005;14:43–53.
29. Marliyati S.A., Martianto D., Andarwulan N., Fauzi S. Efficacy of non-branded cooking oil fortified with carotene from RPO on blood retinol and IgG of children aged 7–9 years. *Pak. J. Nutr.* 2016;15:419–426. doi: 10.3923/pjn.2016.419.426.
30. Atalhi N., El Hamdouchi A., Barkat A., Elkari K., Hamrani A., El Mzibri M., Haskell M.J., Mokhtar N., Aguenau H. Combined consumption of a single high-dose vitamin A supplement with provision of vitamin A fortified oil to households maintains adequate milk retinol concentrations for 6 months in lactating Moroccan women. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2020;45:275–282. doi: 10.1139/apnm-2019-0116.

31. Black, RE, Victora, CG, Walker, SP et al. (2013) Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *Lancet* 382, 427–451.
32. Sandjaja, S, Budiman, B, Harahap, H et al. (2013) Food consumption and nutritional and biochemical status of 0.5–12-year-old Indonesian children: the SEANUTS study. *Br J Nutr* 110, Suppl. 3, S11–S20.
33. Sandjaja, Jus'at I, Jahari AB, et al. Vitamin A-fortified cooking oil reduces vitamin A deficiency in infants, young children and women: results from a programme evaluation in Indonesia. *Public Health Nutrition*. 2015;18(14):2511-2522. doi:10.1017/S136898001400322X.
34. Clef, E., Kemper. T. (2015).8 - Sunflower Seed Preparation and Oil Extraction. *Sunflower. Chemistry, Production, Processing, and Utilization*, P. 187-226. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50014-3>.
35. ДСП 4.4.4.090–2002 Державні санітарні правила для підприємств, які виробляють рослинні олії, затверджені постановою Міністерства охорони здоров'я України від 31.05.2002 № 21.
36. НПАОП 15.4-1.06–97 Правила безпеки для олійно-жирового виробництва, затверджені наказом Держнаглядохоронпраці України 22.04.1997 № 99
37. НПАОП 15.4-1.10–92 Правила безпеки у виробництві олій методом пресування та екстракції, затверджені наказом Держгіртехнагляду України 25.11.1992.
38. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки адміністративного та побутового призначення, затверджені наказом Міністерства регіонального будівництва України від 30.12.2010 № 570.
39. ДБН В.2.5-28–2006 Природне і штучне освітлення, затверджені наказом Міністерства будівництва України 15.05.06 № 168.
40. ДСН 3.3.6.037–99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, затверджені постановою Міністерства охорони здоров'я України від 01.12.1999 № 37.

41. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, затверджені постановою Міністерства охорони здоров'я України від 01.12.1999 № 42