

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

**Мазаєва Вікторія Сергіївна**



УДК 664.36

**ТЕХНОЛОГІЯ ЖИРОВИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ЗАДАНИМИ**  
**ВЛАСТИВОСТЯМИ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Спеціальність 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел і  
парфумерно-косметичних продуктів

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у відділі досліджень технологій переробки олій та жирів Українського науково-дослідного інституту олій та жирів Національної академії аграрних наук України, м. Харків та на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Міністерство освіти і науки України.

**Науковий керівник**

доктор технічних наук, професор  
**Демидов Ігор Миколайович**,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
професор кафедри технології жирів  
та продуктів бродіння.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, доцент  
**Носенко Тамара Тихонівна**,  
Національний університет харчових  
технологій, м. Київ,  
завідувач кафедри технології жирів та  
парфумерно-косметичних продуктів;

кандидат технічних наук, доцент  
**Луценко Марина Василівна**,  
Дніпровський державний  
аграрно-економічний університет,  
доцент кафедри технології зберігання  
та переробки сільськогосподарської продукції.

Захист відбудеться «14» лютого 2019 року, о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.05 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресом: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресом: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розіслано «27» грудня 2018 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



Арутюнян Т.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Однією з актуальних проблем олійножирової галузі є виробництво жирів та жирових основ, емульсійних продуктів із заданими властивостями, які призначено для широкого діапазону застосування. Використання таких жирів у маргариновій, кондитерській продукції та харчоконцентратній, хлібопекарській, молочній промисловості визначається такими характеристиками як температура плавлення, температура застигання, кількість твердих триацилгліцеролів за різних температур, до того ж з вузьким діапазоном значень цих показників.

Так як ринок жирової сировини весь час частково змінюється, то виникає необхідність у розробці нових рецептур жирових сумішей для різних галузей харчової промисловості. Розробка таких рецептур залежить від декількох факторів. Склад жирової сировини в рецептурах може бути різним залежно від сфери застосування, технологічного процесу, обладнання, що застосовується, та інших особливостей, а також в залежності від вимог замовника. У даний час, рецептури жирових продуктів підбираються емпіричним шляхом під певний продукт для забезпечення необхідних якісних характеристик готової продукції. Однак, розробка жирових сумішей загального призначення передбачає створення жирових сумішей з великим спектром фізико-хімічних показників. Це не завжди вдається тому, що жири через поліморфізм здатні існувати в різних кристалічних формах, з яких основними є  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\beta'$  в залежності від температур фазових переходів та виду початкової сировини. Профіль плавлення жирових кристалів грає ключову роль у визначенні структурних, органолептичних і фізико-хімічних властивостей.

У зв'язку з цим, розробка та корегування рецептур жирових продуктів з заданими властивостями (температурою плавлення і застигання та кількістю твердих триацилгліцеролів за різних температур) потребує принципово інших методологічних підходів. Таким пріоритетним для олійножирової галузі можуть бути розрахункові методи, що базуються на даних ацилгліцерольного складу жирової сировини як визначального фактору у формуванні фізико-хімічних властивостей готового продукту.

Таким чином, розробка і впровадження розрахункових методів у створення і корегування рецептур олійножирової продукції з заданими властивостями є актуальним науковим завданням, яке вирішує дисертаційна робота.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота пов'язана з науково-дослідною тематикою кафедри технології жирів і продуктів бродіння НТУ «ХП» та лабораторії досліджень хімії жирів олійножирових виробництв Українського науково-дослідного інституту олій та жирів Національної академії аграрних наук України. Здобувач був відповідальним виконавцем окремих етапів госпдоговірної НДР «Методичне забезпечення ідентифікації переетерифікованих олій» (ДР № 012U005479), виконаної в межах договору між Українським науково-дослідним інститутом олій та жирів НААН (м. Харків) та Державним науково-

дослідним інститутом митної справи (м. Хмельницький), а також НДР «Провести дослідження процесу кристалоутворення жирів і жирових композицій, їх структурно-механічних і фізико-хімічних властивостей з метою обґрунтування методів створення жирових продуктів з підвищеними споживчими властивостями» (ДР № 0111U005038).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування розрахункового методу створення рецептур жирових продуктів багатоцільового призначення, на підставі визначення ацилгліцерольного складу сировинних компонентів і відповідних фізико-хімічних показників.

Для досягнення зазначеної мети поставлено наступні задачі:

– на основі аналізу науково-технічної літератури і патентної інформації сформулювати робочу гіпотезу щодо можливості розробки олійножирових продуктів;

– експериментально визначити вплив співвідношення триацилгліцеролів компонентів модельних сумішей на положення характерних точок основних фазових перетворень на діаграмах диференційної скануючої калориметрії в процесі плавлення;

– виконати порівняльний аналіз фізико-хімічних показників (температур плавлення і застигання, кількість твердих триацилгліцеролів за різних температур) визначених стандартними методами та методом диференційної скануючої калориметрії;

– за результатами експериментальних досліджень встановити залежності фізико-хімічних властивостей жирів від триацилгліцерольного складу у вигляді математичних моделей;

– розробити методологію розрахунку складу жирової суміші із заданими властивостями в залежності від триацилгліцерольного складу початкової сировини;

– розробити практичні рекомендації щодо впровадження результатів досліджень та виконати техніко-економічну оцінку розробки.

*Об'єкт дослідження* – технологія жирових продуктів з наперед заданими властивостями та створення жирових основ продуктів багатоцільового призначення.

*Предмет дослідження* – триацилгліцерольний склад жирових сумішей, фазові перетворення, фізико-хімічні властивості, розрахунок рецептури.

**Методи дослідження.** В процесі виконання даної роботи використані теоретичні та експериментальні методи. Триацилгліцерольний склад рослинних олій визначено за допомогою газового хроматографу Hewlett Packard HP-6890. Характеристики плавлення та кристалізації визначено за допомогою диференційного скануючого калориметру Q20, вміст твердих та рідких триацилгліцеролів дослідних сумішей визначено також за допомогою диференційної скануючої калориметрії та методом ядерно-магнітного резонансу «The minispec mq 20»; обробку даних, одержаних з використанням диференційної скануючої калориметрії, виконано за допомогою програмного пакету TA Universal Analysis. Фізико-хімічні показники сумішей визначено за стандартними методиками. Для планування експериментів і обробки

експериментальних даних застосовано математичні методи з використанням програмного пакету Statistica. Розрахунок жирової основи з заданими фізико-хімічними показниками проводився за допомогою програмних пакетів MathCad та Microsoft Excel.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертаційній роботі запроваджено принципово новий методологічний підхід у створенні рецептур олієжирових продуктів із застосуванням розрахункового методу:

- вперше розроблено методологію розрахунку складу жирової суміші з наперед заданими властивостями в залежності від її триацилгліцерольного складу, що дозволило розрахунковим методом визначати масову частку компонентів у жировій суміші;

- вперше одержано нові наукові дані щодо координат характерних точок фазових переходів на діаграмах ДСК під час плавлення – кристалізації бінарних сумішей пальмового олеїну та пальмового стеарину, що дозволило визначити інтервали температур процесів плавлення та кристалізації;

- вперше встановлено кількісні залежності температур плавлення – застигання і вмісту твердих триацилгліцеролів від триацилгліцерольного складу модельних жирових сумішей, що дозволило спрогнозувати фізико-хімічні показники жирової суміші;

- отримано подальший розвиток теоретичного уявлення щодо процесів плавлення-кристалізації жирових сумішей, зокрема, вперше встановлено межі фазових перетворень бінарних сумішей пальмового олеїну та пальмового стеарину у широкому діапазоні температур, що дозволить виявити взаємодію жирів у сумішах.

**Практичне значення отриманих результатів** для олійножирової галузі полягає в удосконаленні технології одержання жирових продуктів з наперед заданими властивостями.

Використання на практиці нової методології розрахунку жирових сумішей з заданими властивостями за допомогою їх триацилгліцерольного складу дозволило розробити спосіб отримання жирів з розрахунковим підбором жирової сировини.

Проведено промислові випробування на підприємстві ООО «Комплекс ММК» розрахункового методу створення жирових сумішей і випущено дослідно-промислово партію жирової основи маргарину для «листочкового» тіста (акт про впровадження від 11.06.2018 р.).

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХПІ» під час викладання дисциплін «Технологія галузі. Технологічні розрахунки, облік та звітність у галузі» і «Сучасні напрями розвитку технології переробки жирів», в курсовому та дипломному проектуванні, а також науково-дослідній роботі студентів зі спеціальності 181 «Харчові технології» та спеціалізації 181.01 «Технологія жирів, жирозамінників та ефірних масел» (акт про впровадження від 06.06.2018 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Положення і результати, винесені на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них:

обґрунтування планів і програм експериментів, їх реалізація, особиста участь в обробці результатів. На основі аналізу науково-технічної літератури здобувачем систематизовано дані та виявлені переваги і недоліки щодо існуючих технологій одержання жирових продуктів з заданими властивостями; експериментальне підтвердження робочої гіпотези про вплив фазових перетворень на структуру жирової основи та можливість розрахунку жирових основ з заданими властивостями за триацилгліцерольним складом; аналіз і обґрунтування одержаних результатів, обробка за допомогою статистичного аналізу та узагальнення отриманих результатів, формулювання висновків. Внесок автора в роботу, опубліковані в співавторстві, полягає в реалізації досліджень, безпосередній участі в аналізі та інтерпретації даних, підготовці публікацій і проведенні дослідно-промислових випробувань. Постановка мети і задач досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів виконувалися здобувачем разом з науковим керівником.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати дисертаційної роботи представлено та обговорено на Міжнародних науково-практичних конференціях: магістрантів та аспірантів НТУ «ХПІ» (Харків, 2016); «Масложирова галузь: технології і ринок» (Київ, 2015-2018); «Науково-практичні розробки молодих вчених на сучасному етапі розвитку хімічних технологій» (Херсон, 2016); «Інноваційний розвиток харчової індустрії» (Київ, 2017).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 14 наукових роботах, з яких: 4 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті в закордонних виданнях, 1 стаття, яка додатково описує наукові результати, 7 – у матеріалах конференцій.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотації на двох мовах, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 243 сторінки серед них 51 рисунок за текстом, 1 рисунок на 1 окремій сторінці, 20 таблиць за текстом, список використаних джерел з 156 найменувань на 18 сторінках, 8 додатків на 69 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність та доцільність дисертаційної роботи, сформульовано її мету і задачі, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну та практичну значущість роботи. Наведено відомості щодо апробації роботи і публікацій, зазначено особистий внесок здобувача та кількість публікацій.

У **першому розділі** наведено аналітичний огляд науково-технічної інформації закордонних та вітчизняних авторів з питань існуючих методів визначення фізико-хімічних і структурно-реологічних властивостей жирових продуктів. Надано характеристики, переваги та недоліки стандартних методів визначення фізико-хімічних показників та методу диференційної скануючої калориметрії. Наведено принципи розробки жирових основ та складання

жирових рецептур. При складанні жирової основи велике значення має підбір оптимального співвідношення окремих компонентів. Зазвичай є набір жирових компонентів, що відрізняється між собою складом, температурою плавлення,



Рисунок 1 – Загальна схема дисертаційного дослідження

лів дослідних сумішей з використанням диференційної скануючої калориметрії та ядерно-магнітного резонансу; для планування експерименту обробки експе-

твердістю, пластичністю і деякими іншими фізико-хімічними показниками. Складання з цих компонентів оптимального жирового набору, що забезпечить якість продукції при економічному використанні сировини, є важливою функцією в процесі приготування жирових основ для різних продуктів. Тому сформульовано робочу гіпотезу щодо можливості розробки олійножирових продуктів із заданими властивостями розрахунковим методом.

На основі аналізу науково-технічних і патентних даних обрані основні напрямки дисертаційних досліджень.

У **другому розділі** представлено загальну схему проведення дисертаційного дослідження (рис. 1). Наведено характеристики сировини та допоміжних матеріалів, методики та обладнання, що використані в роботі; описано метод визначення температури плавлення і кристалізації за допомогою диференційної скануючої калориметрії, надано алгоритми обробки одержаних даних.

Методики визначення фізико-хімічних показників: кислотного числа, пероксидного числа, масової частки вологи та летких речовин, температури плавлення та застигання, вмісту твердого жиру визначено згідно ДСТУ 4350, ДСТУ 4570, ДСТУ ISO 662, ДСТУ 6321, ДСТУ 4463, ДСТУ ISO 8292 відповідно. Триацилгліцерольний склад рослинних олій та жирів визначено за допомогою газорідинної хроматографії; характеристики процесів плавлення та кристалізації, а також вмісту твердих триацилгліцеролів

риментальних даних застосовували математичні методи з використанням програмних пакетів. Таким чином, в дисертаційній роботі використано сучасні методи дослідження.

У **третьому розділі** викладено результати експериментальних досліджень щодо визначення триацилгліцерольного складу жирової сировини та порівняння фізико-хімічних показників жирових сумішей визначених стандартними методами та методом ДСК в зв'язку з тим, що цей метод не є стандартизованим.

Як правило, технологічні властивості жирових сумішей визначаються такими показниками як температура плавлення і застигання, співвідношення твердих і рідких триацилгліцеролів (ТАГ). До особливості властивостей триацилгліцеролів відноситься їх поліморфізм від характеру якого залежать показники плавлення – застигання і вміст твердих триацилгліцеролів. При цьому жири з однаковими температурами плавлення можуть в залежності від складу ТАГ мати різні твердість і вміст твердих триацилгліцеролів (ТТГ).

Проведено дослідження складу ТАГ для наступної жирової сировини: соняшникова олія (далі СО), соняшникова високоолеїнова олія (далі СВО), соєва олія (далі ОС), ріпакова олія (далі РО), саломас марки М 3-1 (далі саломас М3), пальмова олія (далі ОП), пальмовий олеїн (далі ПО) та пальмовий стеарин від двох різних виробників (далі ПС та ПС\*).

З результатів визначення ТАГ-складу видно, що у зразках жирової сировини число ТАГ в їх складі варіюється від 11 до 20, але при цьому кількісний розподіл їх не рівномірний.

Для проведення оцінки впливу співвідношення ТАГ на фізико-хімічні властивості олій та жирів, необхідно визначити основні ТАГ. Для цього отримані результати вмісту індивідуальних ТАГ впорядковані за величиною їх вмісту в суміші в порядку їх зменшення. Результати упорядкування представлено на рис. 2.

Із отриманих кривих (рис. 2) видно, що характер залежності для всіх зразків має однаковий вигляд, з якого видно, що визначальними в кожному жирі є 7 – 8 ТАГ.

На рис. 3 наведено розрахунок наростаючої суми починаючи з найбільшого ТАГ, в дослідній жировій сировині. За допомогою якого визначено, що сума основних ТАГ, складає від 80 % до 95 %. Отже вони мають основний вплив на фізико-хімічні властивості та при складанні рецептур жирових основ із заданими властивостями достатньо збігу тільки цих ТАГ.



Рисунок 2 – Розподіл ТАГ у жирах за вмістом

Для оцінки впливу співвідношення ТАГ на фізико-хімічні характеристики жирової суміші слід виділити компоненти з однотипними ТАГ, але з різним масовим співвідношенням окремих ТАГ. В такому випадку стає можливим оцінка впливу вмісту індивідуального ТАГ на фізико-хімічні характеристики жирових сумішей, що підтверджено дослідженнями бінарних модельних сумішей, які пройшли процес переетерифікування, до складу яких входили ПО та ПС.

У модельних сумішах визначено фізико-хімічні показники: температуру плавлення методом відкритого капіляра, температуру застигання за допомогою приладу Жукова, вміст ТТГ методом ЯМР.

Процес плавлення в сумішах досліджено методом ДСК у діапазоні температур від мінус 40°C до 60 °C, процес кристалізації – від 60°C до мінус 40°C. Темп нагрівання (охолодження) для всіх зразків склав 7,5 °C/хв; наважки не перевищують 10 мг.

При плавленні – кристалізації зразка жиру на діаграмі ДСК реєструється величина питомого теплового потоку в залежності від температури нагрівання – охолодження. Фазові перетворення процесу плавлення характеризуються відхиленням діаграми ДСК від лінійної залежності. Як правило, ці відхилення мають характерні точки, до яких відносяться екстремальні значення величини теплового потоку, точки перегину і різкі зміни кривизни. Наведено діаграму ДСК процесу плавлення (рис. 4,а) та кристалізації (рис. 4,б) ПС з позначенням основних характерних точок.

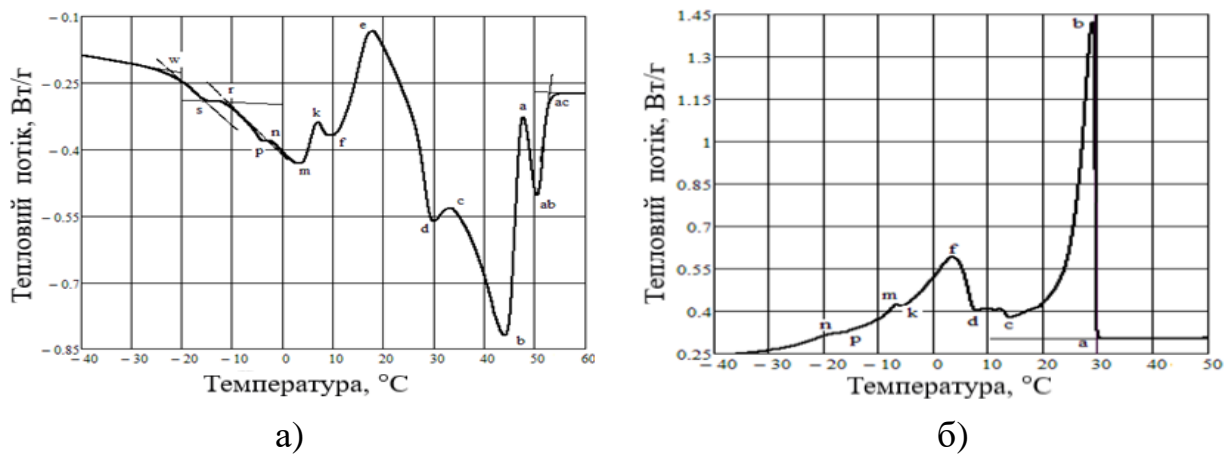


Рисунок 4 – Діаграма ДСК процесу плавлення (а) та кристалізації (б) ПС з позначенням основних характерних точок

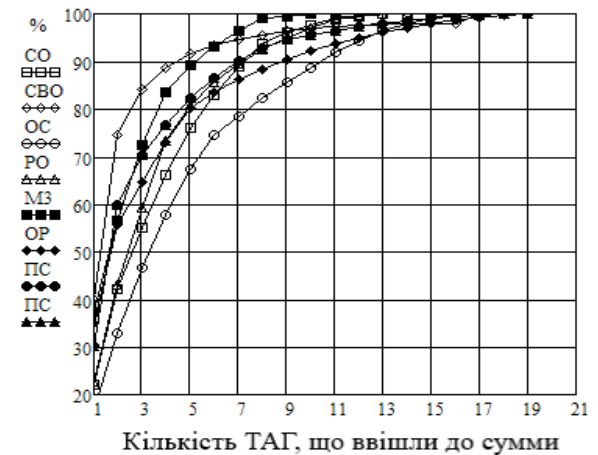


Рисунок 3 – Наростаюча сума ТАГ

На діаграмі ДСК (рис. 4) спостерігається певна кількість характерних точок, які позначені латинськими літерами від *a* до *w*, та характеризують екстремуми і зміни кривизни, а точки перегину розташовані між ними. Похибка визначення величини температури на діаграмах не перевищує  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Отримані діаграми ДСК процесів плавлення та кристалізації всіх бінарних сумішей наведено на рис. 5, 6.

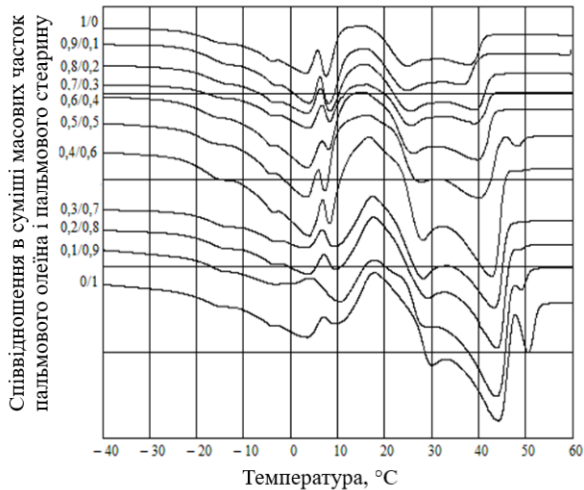


Рисунок 5 – Діаграми ДСК процесу плавлення бінарних сумішей

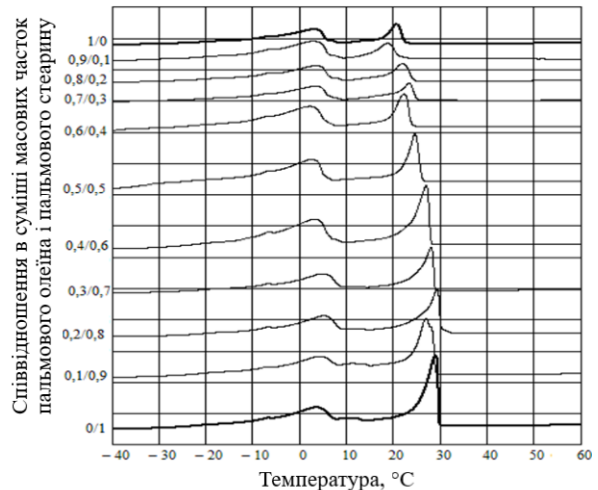


Рисунок 6 – Діаграми ДСК процесу кристалізації бінарних сумішей

На кожній діаграмі ДСК (рис. 5, 6) визначені температури в характерних точках. Для порівняння результатів отриманих двома способами (стандартний метод та метод ДСК) побудовані залежності температур в характерних точках для процесів плавлення та кристалізації та температури плавлення і застигання (криві *t*) від вмісту ПС в бінарних сумішах, що наведені на рис. 7, 8.

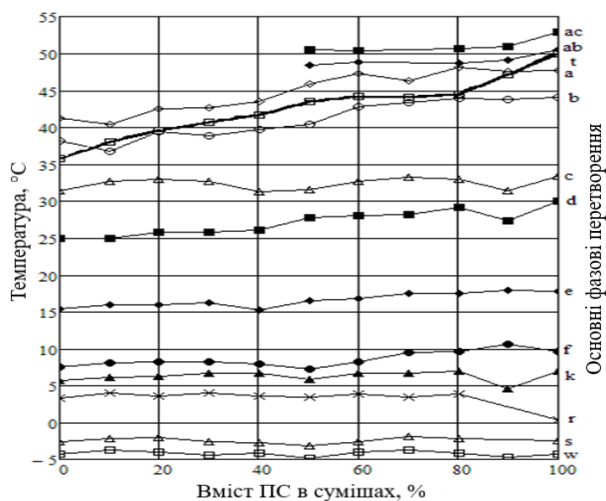


Рисунок 7 – Залежності температури плавлення від вмісту ПС в бінарних сумішах

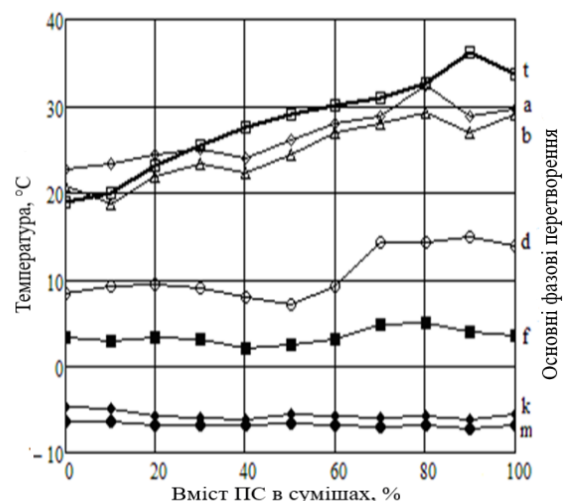


Рисунок 8 – Залежність температури застигання від вмісту ПС в бінарних сумішах

Із отриманих даних наведених на рис. 7 видно, що температура плавлення, отримана стандартним методом, знаходиться в межах останнього піку плавлення. При цьому вона не збігається зі значеннями температур в характерних точках отриманих згідно діаграм ДСК для процесу плавлення, але характер функціональної залежності зберігається. Таке неспівпадіння температури плавлення стандартним методом з методом ДСК пов'язане з суб'єктивністю процесу вимірювання температури плавлення стандартним методом. Температури в точках фазових переходів  $f$ ,  $k$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $p$ ,  $r$ ,  $s$ ,  $w$ , значення яких знаходяться нижче  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , під час дослідження в процесі плавлення, залишаються незмінними практично для всіх бінарних сумішей. Можна припустити, що в даному випадку відбуваються теплові процеси з індивідуальними ТАГ, вміст яких однаковий. Величини температури застигання бінарних сумішей за стандартним методом, як видно з рис. 8, практично не прив'язані до температури початку процесу кристалізації на діаграмах ДСК, це пов'язано з переохолодженням жиру і механічною обробкою в процесі дослідження та суб'єктивністю визначення цього показника стандартним методом.

Величина площ піків на діаграмах ДСК, що розташована між нульовою

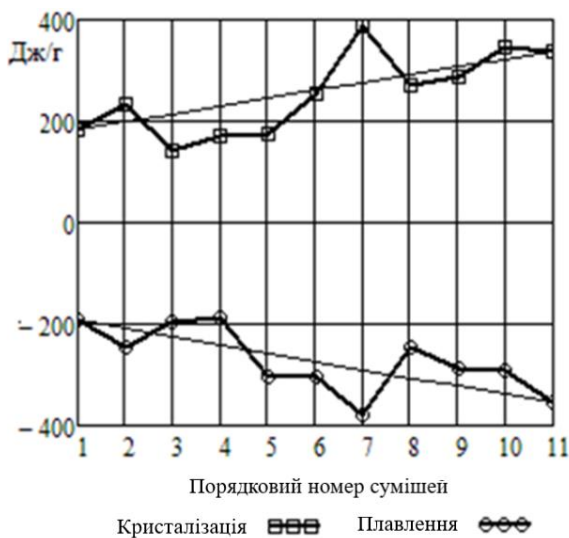


Рисунок 9 – Залежність теплоти плавлення і кристалізації від складу бінарних сумішей

лінією і лінією реєстрації питомого теплового потоку, відповідає сумарним енергетичним витратам (екзо- або ендо-) в процесах кристалізації або плавлення, тобто теплоті плавлення або кристалізації. Чисельною інтеграцією результатів вимірювання визначені значення теплоти плавлення і кристалізації для всіх сумішей. Результати обчислень наведені на рис. 9.

Із наведених результатів на рис. 9 видно, що при зміні співвідношення компонентів суміші теплота, що витрачається на фазові переходи нелінійно змінюється і залежність носить немонотонний характер, що, найімовірніше, зумовлено особливостями поліморфізму сумішей.

Для прогнозування технологічних властивостей промислових жирів визначальним показником є вміст твердих триацилгліцеролів (ТТГ, %). Цей показник визначають методом ЯМР або ДСК.

Відомо, що сумарна залежність процесів плавлення і кристалізації має петлю гістерезису, отже залежність вмісту твердих та рідких ацилгліцеролів отриманих методом ДСК також повторює цю петлю. Тому необхідно встановити співвідношення, які однозначно пов'язують між собою результати вимірювань методами ЯМР і ДСК.

На рис. 10 наведено залежності вмісту ТТГ від температури, які побудовані за діаграмами ДСК, для ПО і ПС і являють собою граничні значення для всіх сумішей. На кожному з графіків також нанесено значення вмісту ТТГ, визначених методом ЯМР.

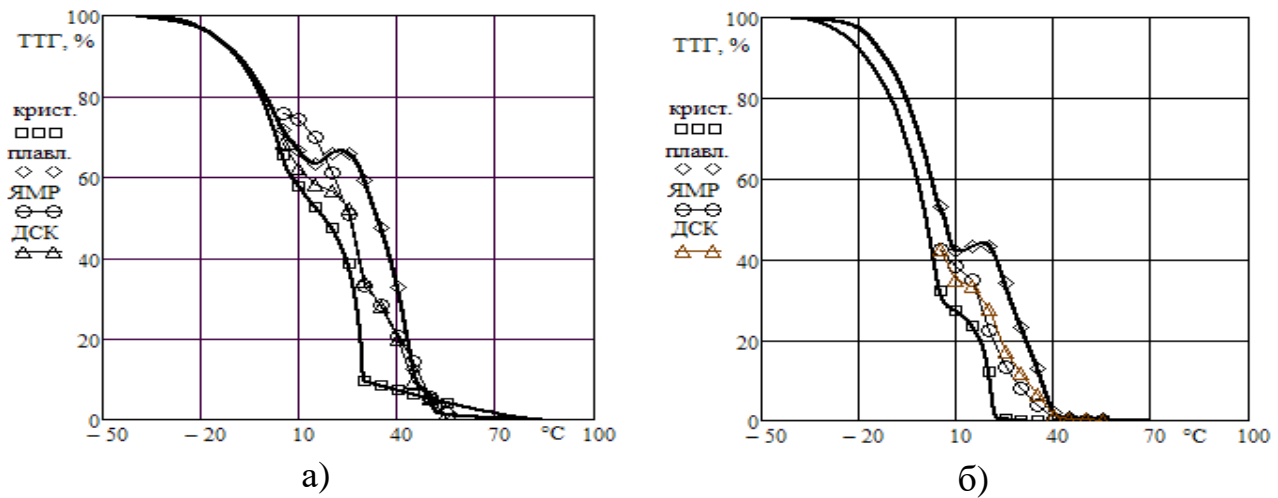


Рисунок 10 – Залежність вмісту ТТГ від температури:  
а) – для ПО, б) – для ПС

На графіку залежності вмісту ТТГ (рис. 10) видна петля гистерезиса процесів плавлення і кристалізації. Крім того, спостерігається кореляція між результатами вимірювань ТТГ методом ЯМР і середнім значенням вмісту ТТГ за методом ДСК в інтервалі температур від 10 °С до 45 °С. Однак, метод ДСК дозволяє визначити вміст ТТГ у більш широкому діапазоні температур досліджень та розрахувати цю величину окремо для процесів плавлення та кристалізації. Це дає можливість враховувати вплив фазових перетворень в характерних точках на значення вмісту ТТГ.

Проведеними дослідженнями бінарних модельних сумішей з визначення фізико-хімічних показників стандартними методами та за допомогою методу ДСК встановлено, що діаграми ДСК дають можливість побачити та чітко визначити межі фазових перетворень та визначити середні значення вмісту ТТГ, яке збігається із значеннями за методом ЯМР.

Найпоширенішими в складі промислових жирів та жирових основ маргарину є суміші трьох жирових компонентів: пальмового олеїну, пальмового стеарину та саломасу марки МЗ. Наступними дослідженнями показано, яким чином одержані результати можна використати під час розрахунку складу трьох компонентної суміші. Спочатку за даними діаграми ДСК одержано низку рівнянь регресії для трьох компонентної суміші, які відображають:

– залежність температури плавлення

$$Y_1 = 36,795 \cdot x_1 + 52,529 \cdot x_2 + 39,013 \cdot x_3; \quad (1)$$

– залежність температури застигання

$$Y_2 = 19,554 \cdot x_1 + 31,142 \cdot x_2 + 21,298 \cdot x_3; \quad (2)$$

– залежність масової частки ТТГ при температурі 25 °С від компонентного складу суміші

$$V_3 = 14,189 \cdot x_1 + 70,219 \cdot x_2 + 59,481 \cdot x_3. \quad (3)$$

В рівняннях (1) – (3) позначено:  $x_1$  – масова частка ПО;  $x_2$  – масова частка ПС;  $x_3$  – масова частка саломасу МЗ.

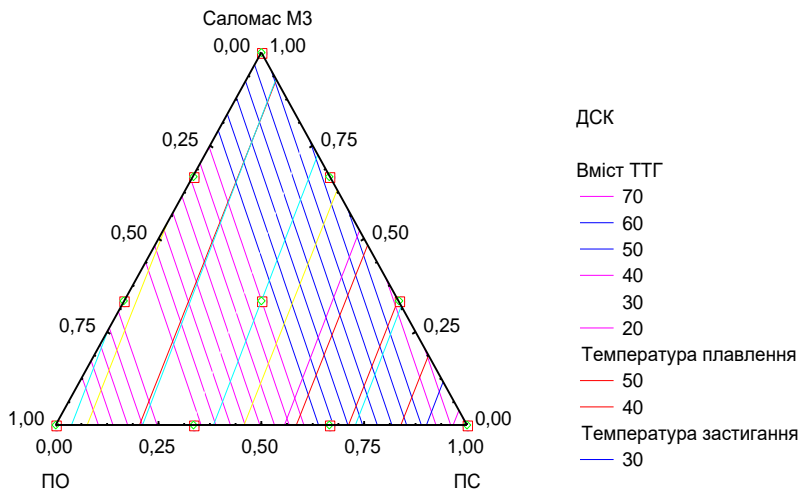


Рисунок 11 – Об'єднана діаграма залежностей вмісту ТТГ, температури плавлення та температури застигання від вмісту компонентів в суміші

Для визначення раціональних значень вмісту компонентів необхідно накласти всі поверхні відгуків один на одну, що показано на рис. 11.

У факторному просторі об'єднаної діаграми (рис. 11) знайдено раціональну концентрацію компонентів: пальмового олеїну – 15 %, пальмового стеарину – 8 %, саломасу МЗ – 77 % для створення жирової суміші з заданими властивостями.

При складанні рецептур жирових продуктів необхідно брати до уваги не тільки стандартні показники сировини, а й враховувати більш тонкі особливості параметрів процесів їх кристалізації і плавлення. Отримані експериментальні дані досліджень довели, що існуючі стандартні методи визначення температур плавлення і застигання жирів не відображають всіх процесів, на відміну від цього метод ДСК дозволяє побачити та визначити фазові перетворення, що відбуваються під час процесів плавлення та кристалізації.

У **четвертому розділі** викладено результати теоретичних та експериментальних досліджень, щодо розробки методології розрахунку складу жирової суміші із заданими фізико-хімічними властивостями.

Методологія створення жирових сумішей складається з наступних етапів.

Перший етап – традиційний для дослідження зв'язку властивостей жирів від компонентного складу за допомогою симплекс-гратчастого плану Шеффе.

Наступні етапи методики призначені для подальшого розширення можливостей створення жирових сумішей на підставі проведених експериментів та розрахунків.

Оскільки між співвідношенням компонентів і вмістом ТАГ в жировій суміші виявлено лінійний зв'язок, то перехід від співвідношення компонентів жирової суміші до вмісту ТАГ виконується лінійним афінним перетворенням. Якщо замість вмісту компонентів в рівняннях регресії перейти до їх ТАГ складу з урахуванням нормування для вмісту ТАГ в компоненті  $\sum_{q=1}^m t_{q,k} = 1$ , де  $m$  – кількість ТАГ в компоненті, та провести лінеаризацію співвідношень, то можна записати рівняння

$$y = \sum_{q=1}^m A_q \cdot T_q + \sum_{q=1}^m B_q \cdot T_q, \quad (4)$$

$$\text{де } A_q = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_i \cdot t_{q,i}}{\sum_{i=1}^n x_i \cdot t_{q,i}}, \quad B_q = \frac{\sum_{j=1}^n x_j \cdot \sum_{i=1}^n \beta_{ij} \cdot x_i \cdot t_{q,i}}{\sum_{i=1}^n x_i \cdot t_{q,i}}, \quad T_q = \sum_{i=1}^n x_i \cdot t_{q,i}.$$

Перехід від змінних «вміст компонент» в суміші до змінних «вміст ТАГ» призводить до того, що число незалежних змінних в рівняннях апроксимації для характеристик жирової суміші збільшується більш ніж в три рази. Це обумовлено тим, що число компонентів, з яких складається суміш, на практиці не буває більш 4-5, оскільки при цьому вичерпується весь можливий набір ТАГ в складі суміші. Разом з тим кількість ТАГ в складі компоненту, так і в суміші становить не менше 14 -15.

У цьому випадку число рівнянь, для оцінки складу суміші, виявляється менше кількості незалежних змінних (ТАГ), що перешкоджає проведенню розрахунку складу жирової суміші. Вирішення цієї проблеми здійснюється двома шляхами.

По-перше, на підставі досліджень і результатів наведених в розділі 3, рис. 3 графік вмісту суми ТАГ, як незалежні змінні, прийняті тільки основні ТАГ, які в сумі складають понад 90% вмісту ТАГ в суміші, і кількісно дорівнюють 7-10 триацилгліцеролам.

По-друге, збільшено кількість рівнянь для оцінки складу суміші, використовуючи додаткові фізико-хімічні показники. Як відомо, величини вмісту ТТГ і твердості жирів, які досить добре між собою корелюються, залежать від співвідношення фаз і відповідно температури, при якій вони визначаються. Оскільки при дослідженні жирів методом ДСК на діаграмах відображено фазові перетворення, то використання результатів ДСК вимірювань дозволяє доповнити до повноти систему рівнянь для оцінки складу суміші. Як параметри на діаграмах ДСК, пропонується використовувати характерні точки, такі як: екстремуми, точки перегину і різкої зміни крутизни графіка.

Ефективність запропонованого алгоритму показана, на прикладі трикомпонентної жирової суміші ПО, ПС і саломасу МЗ з однаковим вмістом

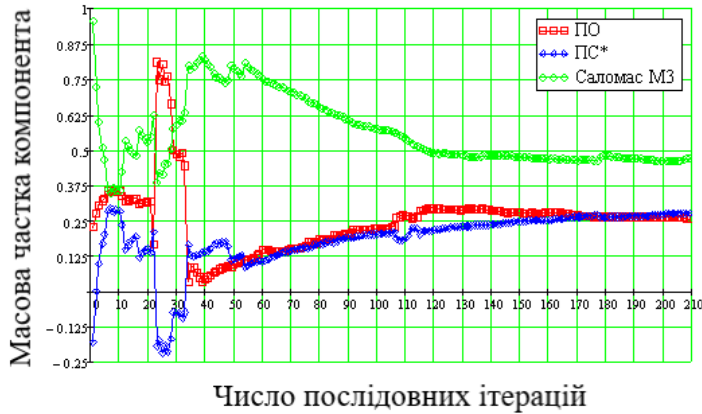


Рисунок 12 – Ітераційний процес розрахунку модельного ТАГ складу

складом контрольної суміші. Оскільки система рівнянь для розрахунку складається з трьох рівнянь по числу компонентів, а ТАГ склад цих компонентів містить в сумі 25 найменувань ТАГ, то в підсумку система перевизначена і в сумі складається з 210 рівнянь. Рішення такої системи виконується методом ітерацій, виходячи з трикомпонентної суміші. Для розрахунку вмісту компонентів в суміші на рис. 12, наведено залежність масової частки компонентів від числа послідовних ітерацій для ітераційного процесу. На основі розрахованих ітерацій визначено співвідношення компонентів модельної суміші: пальмовий олеїн (ПО)  $x_1 = 46,9\%$ , пальмовий стеарин (ПС \*)  $x_2 = 25,5\%$ , саломас М3 (С)  $x_3 = 27,6\%$ .

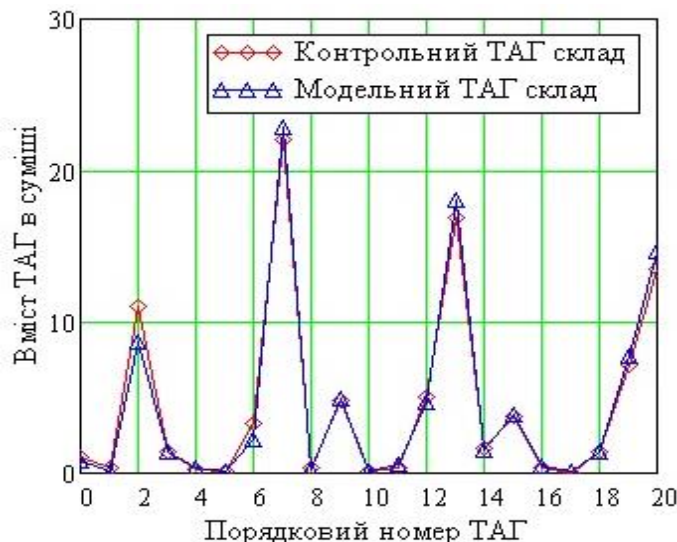


Рисунок 13 – Залежність ТАГ від їх вмісту в сумішах

кожного з компонентів (контрольна суміш), при заміні одного з компонентів в експериментальній суміші на модельний. Як модельний компонент – використано пальмовий стеарин (далі ПС\*) з іншим ТАГ складом. Така суміш створюється як жирова основа маргарину для «листяного тіста».

Співвідношення компонентів модельної суміші розраховано за умови, що її ТАГ склад повинен збігатися з ТАГ

Для цієї суміші розраховано новий ТАГ склад. На рис. 13 представлена залежність ТАГ складу від вмісту в контрольній та модельній суміші.

Із наведених результатів на рис. 13 видно, що модельний та контрольний ТАГ склад сумішей співпадають, та абсолютне розходження вмісту ТАГ не перевищує  $\pm 2\%$ .

Отримані розрахункові концентрації модельної суміші перевірено дослідним шляхом. Для модельної суміші визначено наступні показники: температура плавлення яка дорівнює  $40,3\text{ }^\circ\text{C}$  та температура застигання, яка склала  $28,7\text{ }^\circ\text{C}$ .

Для більш детального підтвердження збіжності між модельною та контрольною сумішшю отримана діаграма ДСК для процесів плавлення та

кристалізації. Для кривої плавлення температурний інтервал складає від мінус 40 °С до 65 °С.

Підтвердженням збіжності результатів з контрольною сумішшю є необхідним, щоб збіг відбувся за контрольними піками. На рис. 14 наведено діаграми ДСК процесу плавлення для модельної та контрольної суміші.

Як видно з рис. 14, візуально основний ендотермічний пік модельної суміші відрізняється від контрольного на двох ділянках кривої. Перша ділянка знаходиться на початку плавлення основного піку, де в контрольній суміші спостерігається невеликий вигин кривої, друга ділянка – це глибина максимуму в модельній суміші. Також візуальні відмінності знаходяться і на першому ендотермічному піку, однак основний вигляд залишається незмінним, що підтверджує однакові фізико-хімічні властивості модельної та контрольної сумішей.

Проведені дослідження підтвердили можливість отримання жирових основ за допомогою розрахунку ТАГ складу. На підставі розробленої методології розрахований ТАГ склад нової жирової основи маргарину для листового тіста, який наближений до контрольної суміші.

В п'ятому розділі представлено техніко-економічну оцінку запропонованої технології одержання жирових продуктів з прогнозованими властивостями.

За допомогою запропонованої методології, що спирається на триацилгліцерольний склад початкових компонентів сировини стало можливим, з достатньою точністю, розраховувати склад жирової суміші. Вирішення цієї задачі дозволило отримувати жирові основи із заданими фізико-хімічними показниками, незалежно від коливань триацилгліцерольного складу початкових сировинних компонентів та заміни їх на інші. Структурна схема виробництва жирових продуктів представлена на рис. 15.

Для визначення ефективності запропонованого методу підбору складу жирової суміші із заданими властивостями застосовано метод порівняння. Порівнювали витрати на виробництво 1 тонни готової продукції при традиційному процесі підбору рецептурної жирової суміші (варіант 1) та витрати з використанням запропонованого методу за допомогою програмного забезпечення (варіант 2).

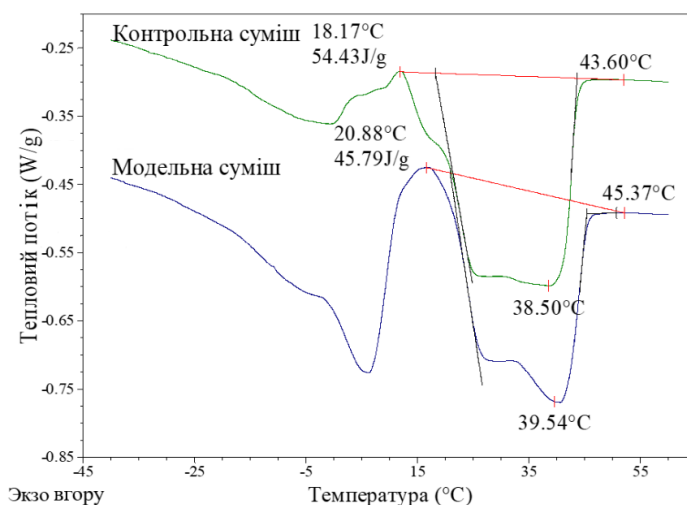


Рисунок 14 – Діаграма ДСК процесу плавлення для модельної та контрольної сумішей

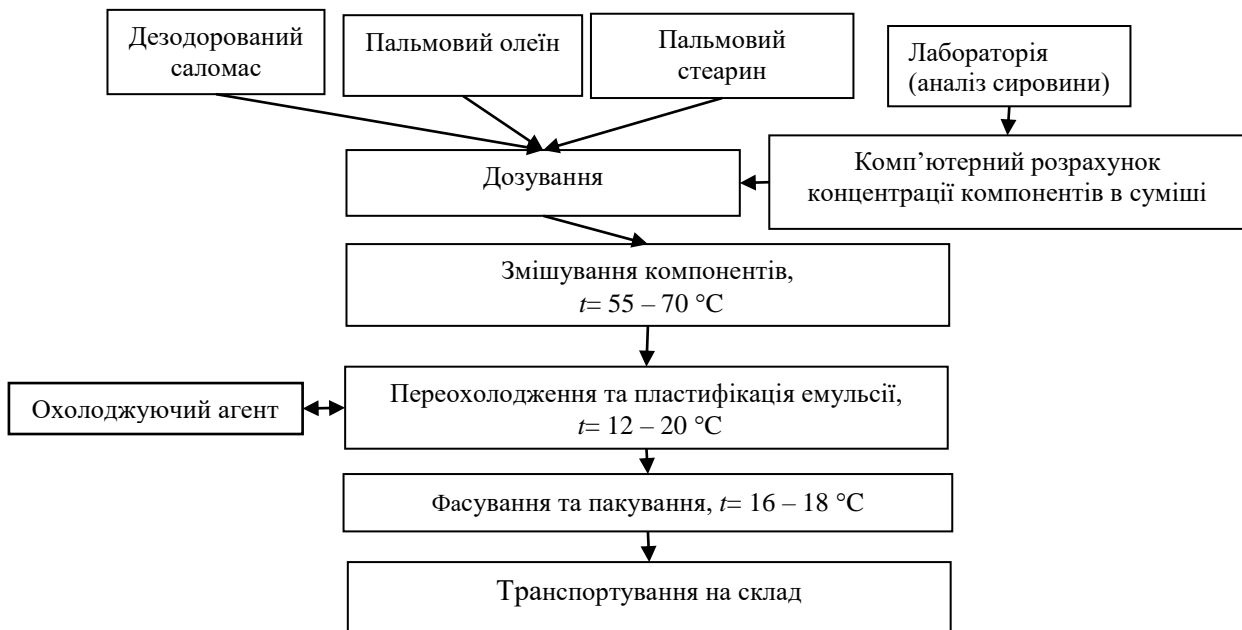


Рисунок 15 – Структурна схема виробництва жирових продуктів

Таким чином, ефективність використання запропонованого методу за рахунок мінімізації роботи обладнання та лабораторії становить 31,27 грн./т., або 1500,96 грн. за добу. При вартості програмного забезпечення 30 000 грн., строк окупаємості витрат складає 25 днів роботи виробництва.

У додатках наведено хроматограми триацилгліцерольного складу жирів та олій, діаграми ДСК для процесів плавлення та кристалізації, зображення діаграм Парета, поверхонь відгуків та проєкції поверхонь відгуків одержаних в результаті математичного планування експериментів, акт дослідно-промислових випробувань і акт впровадження результатів дисертаційної роботи в навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП», список публікації здобувача за темою дисертаційної роботи.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено розв'язання конкретного наукового завдання – розробка і впровадження розрахункового методу створення і коригування рецептур жирових продуктів багатоцільового призначення. В результаті проведених досліджень та аналізу одержаних результатів сформульовано наступні висновки:

1. На основі проаналізованих джерел науково-технічної літератури і патентної інформації сформульовано та експериментально підтверджено робочу гіпотезу щодо можливості створення жирових рецептур із заданими властивостями розрахунковим методом.

2. Визначено триацилгліцерольний склад найбільш поширеної жирової сировини: соняшникової (в тому числі високоолеїнової), соєвої та ріпакової олії; пальмової олії та її фракцій – пальмового олеїну та пальмового стеарину, а також саломасу марки МЗ. Показано, що при загальній кількості триацилгліцеролів (ТАГ) від 11 до 20 у кожному компоненті визначальними (за

вмістом) є 8 – 10 ТАГ, від яких і залежать фізико-хімічні властивості жирових сумішей. Експериментальними дослідженнями модельних сумішей пальмового олеїну та пальмового стеарину методом диференційної скануючої калориметрії (ДСК) виявлено основні закономірності процесів плавлення – кристалізації в діапазоні температур від 60 °С до мінус 40 °С, зокрема встановлено координати характерних точок фазових перетворень (всього 15).

3. Виконано порівняльний аналіз експериментальних даних щодо температур плавлення і застигання, а також вмісту твердих триацилгліцеролів, одержаних стандартними методами і методом ДСК. Показано, яким чином визначені температури співвідносяться з інтервалами плавлення – кристалізації на термограмах. Виявлено, що результати визначення ТТГ методом ЯМР та ДСК добре співпадають в інтервалі температур від 10 °С до 45 °С.

4. Дослідженнями трьох компонентних сумішей (ПО, ПС та МЗ) виявлено кількісні залежності температури плавлення, температури застигання та вмісту ТТГ за температури 25 °С від співвідношення компонентів. Шляхом суміщення одержаних для кожного показника діаграм «склад-властивість» у факторному просторі об'єднаної діаграми знайдено ефективний склад суміші: ПО – 15%, ПС – 8%, саломас МЗ – 77%, яка має задані властивості: температуру плавлення 36,5 °С і температуру застигання 27,4 °С.

5. Розроблено методологію розрахунку складу жирової суміші з заданими властивостями в залежності від триацилгліцерольного складу початкових сировинних компонентів. Ефективність запропонованого алгоритму приведено на прикладі розрахунку рецептури жирової основи маргарину для листкового тіста, яка має потрібні технологічні властивості: температуру плавлення 40,3 °С і температуру застигання 29,7 °С.

6. Наукові здобутки дисертаційної роботи є економічно доцільними. Запропонована технологія перевірена в промислових умовах на підприємстві ТОВ «КомплексММК». У ході випробувань отримано дві партії жирових основ маргарину для листкового тіста по 50 кг кожна.

7. Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП» за спеціальністю 181 «Харчові технології».

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мазаева В. С. Исследование физико-химических свойств переэтерифицированных бинарных жировых композиций / И. Н. Демидов, В. А. Голодняк, В. С. Мазаева // Масложировой комплекс. – Днепропетровск : Эксперт Агро, 2015. – № 3 (50). – С. 44–45.

*Здобувачем встановлено залежність питомого теплового потоку від температури проведення аналізу та визначено температури фазових перетворень під час нагрівання та охолодження для модельних переетерифікованих бінарних сумішей.*

2. Мазаева В. С. Исследование температур плавления и кристаллизации жиров методом дифференциальной сканирующей калориметрии /

В. С. Мазаева, В. О. Голодняк, И. Н. Демидов, И. В. Левчук, О. В. Голубец // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 42 (1214). – С. 179–187.

*Здобувачем досліджено термічну поведінку бінарних переестерифікованих сумішей пальмового олеїну та пальмового стеарину, на підставі моніторингу пікової температури фазових перетворень для процесів плавлення та кристалізації.*

3. Mazaeva V. Study of fat interesterification parameters' effect on the catalytic reaction activity of potassium glycerate / N. Sytnik, I. Demidov, E. Kunitsa, V. Mazaeva, O. Chumak // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр, 2016. – №3/6 (81). – С. 33–38.

*Здобувачем проведено порівняння процесу плавлення різних зразків пальмового олеїну, виявлено відмінності між температурою плавлення, отриманою методом диференційної скануючої калориметрії, та точкою плину.*

4. Мазаева В. С. О некоторых особенностях триацилглицерольного и жирнокислотного составов растительных масел / В. С. Мазаева, И. Н. Демидов, Н. С. Сытник, В. А. Голодняк, В. А. Кищенко, О. В. Голубец // Nauka i Studia, 2017. – № 4(165). – С. 102–108.

*Здобувачем досліджено жирнокислотний та триацилглицерольний склад різних жирів, розраховано кількість основних триацилглицеролів, які переважно впливають на фізико-хімічні властивості жирів.*

5. Мазаева В. С. Изучение свойств трёхкомпонентной жировой смеси методом ДСК с использованием прикладных программ «STATISTICA» / В. С. Мазаева, И. Н. Демидов, В. О. Голодняк // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 41 (1263). – С. 98–103.

*Здобувачем обґрунтовано вибір методу обробки експериментальних даних для аналізування та порівняння температур фазових переходів багатокомпонентних сумішей, які визначено за допомогою різних методів.*

6. Mazaeva V. Calculation of physical properties of fats on their triacylglycerole composition / V. Mazaeva, I. Demidov, V. Golodnyak, T. Onopriyenko // Technology audit and production reserves – Харків : Технологічний центр, 2017. – № 6/3 (38). – С. 56–63.

*Здобувачем розраховано співвідношення компонентів модельної суміші на підставі ітераційного процесу розрахунку триацилглицерольного складу, порівняно триацилглицерольний склад модельної та контрольної сумішей.*

7. Мазаева В. С. Соотношение результатов определения содержания твердых триацилглицеролов в жирах методами ядерного магнитного резонанса и дифференциальной сканирующей калориметрии / В. С. Мазаева, В. О. Голодняк, И. Н. Демидов, З. И. Коваленко, Т. А. Оноприенко // Norwegian Journal of development of the International Science, 2018. – № 19. – С. 33–38.

*Здобувачем проведено порівняння вмісту ТТГ, визначеного методами ДСК і ЯМР; в результаті розрахунків знайдені коефіцієнти апроксимації для*

*обчислення вмісту ТТГ в характерних точках на діаграмі ДСК і отриманих за допомогою ЯМР.*

8. Мазаєва В. С. Определение содержания твердых компонентов в жирах с использованием различных методов / В. С. Мазаєва, В. А. Голодняк, И. Н. Демидов // Материали VIII Международной научно-технической конференции («Масложировая отрасль: технологии и рынок»), Киев. – Днепропетровск : ИА «Эксперт-Агро», 2015. – С. 37.

*Здобувачем досліджено двокомпонентні суміші в яких досліджено вміст твердих триацилгліцеролів в широкому інтервалі температур методом диференційної скануючої калориметрії.*

9. Мазаєва В. С. Визначення фазових переходів в жирах за допомогою метода диференційно скануючої калориметрії / В. С. Мазаєва, І. М. Демидов // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів («Науково-практичні розробки молодих учених на сучасному етапі розвитку хімічних технологій»), Херсон. – Херсон : ХНТУ, 2016. – С. 33–35.

*Здобувачем визначено фазові переходи під час процесів плавлення та кристалізації дослідної жирової суміші та обґрунтовано доцільність використання одержаних даних у виробничій практиці олійно-жирової галузі.*

10. Мазаєва В. С. Корреляция между физическими показателями жиров, определённых традиционными методами и методом ДСК. / В. С. Мазаєва, И. Н. Демидов // Материали IX Международной конференции («Масложировая отрасль: технологии и рынок»), Киев. – Днепропетровск : «Эксперт Агро», 2016. – С. 28.

*Здобувачем експериментально обґрунтовано використання методу диференційної скануючої калориметрії в аналізуванні теплової поведінки жирів, що має важливе значення під час вибору жирової сировини або компонентів жирових основ.*

11. Мазаєва В. С. Изучение зависимости между ацилглицерольным составом жиров и их физическими свойствами / В. С. Мазаєва, В. А. Голодняк, И. Н. Демидов // Материали X Международной конференции («Масложировая отрасль: технологии и рынок»), Киев. – Днепропетровск : «Эксперт Агро», 2017. – С. 34–36.

*Здобувачем досліджено зв'язок між триацилгліцерольним складом жирів, та температурами фазових перетворень для процесів плавлення і кристалізації визначеними методом диференційної скануючої калориметрії.*

12. Мазаєва В. С. Исследование влияния основных триацилглицеролов растительных масел на их физические свойства / В. С. Мазаєва, И. Н. Демидов, В. А. Голодняк // Тези доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції магістрантів та аспірантів, Харків. – Харків : НТУ «ХП», 2017. – Ч. 2. – С. 221.

*Здобувачем досліджено вплив основних триацилгліцеролів на вид діаграми диференційної скануючої калориметрії для процесу плавлення.*

13. Мазаєва В. С. Одержання рецептур жирових продуктів розрахунковим методом / В. С. Мазаєва, И. Н. Демидов, В. А. Голодняк // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції («Інноваційний розвиток

харчової індустрії»), Київ. – Інститут продовольчих ресурсів НААН, 2017. – С. 83–86.

*Здобувачем розраховано нову суміш на підставі триацилгліцерольного складу, а також досліджено температури фазових перетворень на діаграмах диференційної скануючої калориметрії.*

14 Мазаева В. С. Возможность расчета определенных физико-химических показателей жиров по их триацилглицерольному составу / В. С. Мазаева, В. А. Голодняк, И. Н. Демидов / Материалы XI Международной научно-технической конференции («Масложировая отрасль: технологии и рынок»), Киев. – Днепропетровск : ИА «Эксперт-Агро» 2018. – С. 30–31.

*Здобувачем отримані математичні моделі, що характеризують залежність фізико-хімічних показників від концентрації компонентів в суміші, а також отримані рівняння залежності триацилгліцерольного складу від фізико-хімічних показників жирової суміші.*

## АНОТАЦІЇ

**Мазаєва В.С. Технологія жирових продуктів із заданими властивостями багатоцільового призначення.** На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2018.

Дисертаційну роботу присвячено науковому обґрунтуванню перспективної технології одержання жирових продуктів з наперед заданими властивостями.

Визначено триацилгліцерольний склад найбільш поширеної жирової сировини. Показано, що при загальній кількості триацилгліцеролів від 11 до 20 у кожному компоненті визначальними (за вмістом) є 7 – 10 триацилгліцеролів, від яких і залежать фізико-хімічні властивості жирових сумішей. На діаграмах диференційної скануючої калориметрії проаналізовані фазові перетворення для процесів плавлення та кристалізації в широкому діапазоні температур для одинадцяти сумішей. Виконано порівняльний аналіз температури в характерних точках з температурами плавлення і застигання. В результаті проведених обчислень знайдені коефіцієнти апроксимації для обчислення вмісту твердих триацилгліцеролів в характерних точках на діаграмі диференційної скануючої калориметрії і отриманих за допомогою ядерного магнітного резонансу, що дозволяє зіставляти і перераховувати результати обох аналізів, а це, в свою чергу, дозволяє досягати більш достовірних результатів. За допомогою плану Шеффе отримані рівняння регресії на базі яких розраховано рівняння залежності фізико-хімічних властивостей від триацилгліцерольного складу, що підтверджує можливість створення жирових основ жировмісних продуктів за допомогою відомого триацилгліцерольного складу. Розроблена методологія дозволяє скорегувати рецептуру жирових сумішей згідно із заданими фізико-хімічними властивостями або відтворювати

вже існуючі рецептури за допомогою іншої сировини, на стадії лабораторних досліджень, ще до початку технологічного процесу і мінімізувати втрати енергоресурсів та час роботи лабораторії.

*Ключові слова:* жирові основи, триацилгліцерольний склад, температура плавлення, температура застигання, вміст твердих триацилгліцеролів, фазові перетворення.

**Мазаева В.С. Технология жировых продуктов с заданными свойствами многоцелевого назначения.** На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.06 – технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2018.

Диссертационная работа посвящена научному обоснованию перспективной технологии получения жировых продуктов с заданными свойствами.

Определен триацилглицерольный состав наиболее распространенного жирового сырья: подсолнечного (в том числе высокоолеинового), соевого и рапсового масла; пальмового масла и его фракций – пальмового олеина и пальмового стеарина, а также саломаса марки МЗ. Показано, что при общем количестве триацилглицеролов от 11 до 20 в каждом компоненте определяющими (по содержанию) является 7 – 10 триацилглицеролов, от которых и зависят физико-химические свойства жировых смесей. На диаграммах дифференциальной сканирующей калориметрии проанализированы фазовые превращения для процессов плавления и кристаллизации в диапазоне температур от минус 40 °С до 60 °С для одиннадцати смесей. Выполнен сравнительный анализ температуры в характерных точках с температурами плавления и застывания. В результате проведенных вычислений найдены коэффициенты аппроксимации для вычисления содержания твердых триацилглицеролов в характерных точках на диаграмме дифференциальной сканирующей калориметрии и полученных с помощью ядерного магнитного резонанса, позволяет достигать достоверных результатов. С помощью плана Шеффе получены уравнения регрессии, на базе которых рассчитаны уравнения зависимости физико-химических свойств и триацилглицерольного состава, что подтверждает возможность создания жировых основ с помощью триацилглицерольного состава. Разработанная методология позволяет скорректировать рецептуру жировых смесей согласно заданным физико-химическим свойствам или воспроизводить уже существующие рецептуры с помощью другого сырья еще с технологическим процессом и минимизировать потери энергоресурсов и работы лаборатории. Результаты диссертационной работы по разработке жировых основ с заданными свойствами проверены в промышленных условиях на предприятии ООО «КомплексММК». В ходе испытаний по предложенной технологии получена партия жировой основы маргарина для слоеного теста весом 50 кг из пальмового стеарина, пальмового

олеина и саломаса марки М 3-1. Физико-химические показатели полученной жировой основы составили: температура плавления 40,3 °С, массовая доля твердых триацилглицеролов при температуре 20 % – 50 %.

*Ключевые слова:* жировые основы, триацилглицерольный состав, температура плавления, температура застывания, содержание твердых триацилглицеролов, фазовые превращения.

**Mazaieva V. S. Technology of fat products with desired multi-purpose properties.** Manuscript.

Thesis for a candidate Degree in Technical sciences, specialty 05.18.06 – technology of fats, essential oils and perfumery and cosmetic products. - National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», of Ministry of Education and Science of Ukraine Kharkiv, 2018.

The triacylglycerol composition of the most common fatty material is determined. It is shown that in the total number of triacylglycerols from 11 to 20 in each component, the determinant (in content) is 7-10 triacylglycerols, on which the physical and chemical properties of fatty mixtures depend. In the diagrams of differential scanning calorimetry, phase transformations for melting and crystallization processes in a wide temperature range for eleven mixtures are analyzed. A comparative analysis of temperature at characteristic points with melting and freezing temperatures has been performed. As a result of the calculations, the coefficients of approximation were calculated for the calculation of the content of solid triacylglycerols in the characteristic points on the differential scanning calorimetry diagram and obtained with the help of a nuclear magnetic resonance, which allows to compose and recalculate the results of both analyzes, which in turn allows us to achieve more reliable results. Using the Scheffe plan, regression equations were derived on the basis of which the equation of the dependence of physical and chemical properties on the triacylglycerol composition was calculated, which confirms the possibility of creating fatty bases of fat-containing products with the help of knowledge of the triacylglycerol composition. The developed methodology allows to adjust the formula of fat mixtures according to the given physical and chemical properties or to reproduce already existing recipes with the help of other raw materials, at the stage of laboratory research, before the beginning of the technological process and to minimize energy losses and the time of the laboratory.

*Key words:* fatty bases, triacylglycerol composition, melting point, temperature of hardening, solid triacylglycerol content, phase transformations.



Відповідальний за випуск д.т.н., проф. Заковоротний О.Ю.

Підп. до друку 19.12.2018. Формат 60x90/16.  
Папір офсетний. Друк – ризографія. Ум. друк. арк. – 0,9.  
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Зам. № 18122001

---

Надруковано у копі-центрі «МОДЕЛІСТ»  
(ФО-П Миронов М.В. Свідоцтво №В04№22953)  
61002, м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1  
т.: 7-170-354  
[www.modelist.in.ua](http://www.modelist.in.ua)

---