

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ПЛАХОТНА ЮЛІЯ МИКОЛАЇВНА



УДК 664.346

ТЕХНОЛОГІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЖИРОВИХ ЕМУЛЬСІЙ НА ОСНОВІ
НЕПОВНИХ АЦИЛГЛЦЕРИНІВ ТА СТРУКТУРОВАНИХ ЛІПІДІВ

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

Автореферат дисертації на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Некрасов Павло Олександрович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
професор кафедри технології жирів та про-
дуктів бродіння

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Осейко Микола Іванович,
Національний університет харчових технологій
м. Київ,
професор кафедри технології жирів та парфумерно-
косметичних продуктів

кандидат технічних наук
Музика Людмила Арсенівна,
ВАТ «Вінницький олійножировий комбінат»,
м. Вінниця,
заступник голови правління з виробництва –
головний технолог

Захист відбудеться 15 березня 2012 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.05 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий 10 лютого 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 64.050.05



Тимченко В.К.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Світовий досвід доводить, що найбільш ефективним шляхом кардинального вирішення проблеми порушення в системі харчування населення є розробка та виробництво різноманітних функціональних продуктів, які мають змогу позитивно впливати на організм людини в цілому, а також сприяють покращенню метаболічних процесів.

В олійно-жировій галузі такими продуктами є олія, збагачена діацилгліцеридами, структуровані ліпіди та емульсії на їх основі. Перспективним шляхом виробництва функціональних жирових продуктів є ферментативні технології, які у порівнянні з традиційними мають як технологічні, так і практичні переваги – екологічність, маловідходність та невелику енергоємність.

Але до теперішнього часу недостатньо системної інформації щодо методології створення ферментативних технологій отримання жирів функціонального призначення та систем на їх основі. Тому постає необхідність у розширенні та поглибленні наявних теоретичних та практичних знань щодо поведінки ферментних препаратів, які лежать в основі біокаталітичних процесів модифікування сировини, отриманні даних стосовно впливу функціональних компонентів на фізико-хімічні та фізіологічні властивості жирових систем. Вирішення вказаних задач є актуальним для розвитку харчової промисловості та визначило напрямок досліджень дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП» за планами науково-дослідних робіт відповідно до завдань держбюджетних НДР МОН України: «Перетворення ацилгліцеринів за допомогою ферментів» (ДР № 0105U000582), «Дослідження ферментативного модифікування ацилгліцеринів за участю етилових ефірів жирних кислот» (ДР № 0108U001451), «Створення наукових основ нової біокаталітичної енергозберігаючої технології жирів функціонального призначення» (ДР № 0110U001240), в яких здобувач був відповідальним виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. *Мета дослідження* – розробка науково обґрунтованої технології функціональних жирових емульсій на основі жирових компонентів з високими фізіологічними властивостями.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні *задачі*:

– на підставі аналізу науково-технічної літератури та теоретичних узагальнень запропонувати нетрадиційні функціональні жирові інгредієнти та обґрунтувати необхідність застосування ферментативних технологій;

– вибрати ензими для прискорення процесу розщеплення жиру та визначити ефективні умови проведення біокаталітичних гідролізу та естерифікації для синтезу олії, збагаченої діацилгліцеридами, отримати математичні описи процесів;

– встановити раціональні умови процесу ферментативної переестерифікації для отримання структурованих ліпідів із заданим розташуванням ацилів;

- дослідити фізико-хімічні та структурно-механічні характеристики харчових емульсій функціонального призначення;
- дослідити медико-біологічні властивості функціональних жирів та емульсійних систем на їх основі;
- відпрацювати за результатами досліджень науково-обґрунтовану ферментативну технологію жирових систем функціонального призначення у дослідно-промислових умовах та розробити відповідну нормативну документацію.

Об'єкт дослідження – технологія функціональних жирових емульсій.

Предмет дослідження – технологічні параметри ферментативних процесів отримання структурованих ліпідів та діацилгліцеринової олії; фізико-хімічні та медико-біологічні властивості функціональних майонезних емульсій.

Методи дослідження. Ліпідний склад жирів встановлювався методом високотемпературної газорідинної та рідинної хроматографії; фізико-хімічні, органолептичні властивості жирів та стійкість емульсій визначались за стандартними методиками; реологічні властивості емульсій визначались методом ротаційної віскозиметрії, розподілення крапель за діаметром – мікроскопуванням. Для вивчення структури поверхні майонезу використовували метод скануючої електронної мікроскопії. Аналіз стійкості до окиснення олій виконано за методом Rancimat, майонезів – за пероксидним числом жирової основи емульсій. Медико-біологічні дослідження проводили на тваринах з подальшим аналізом біологічного матеріалу за стандартними методиками. Для планування експериментів і обробки даних застосовували математичні методи з використанням програмних пакетів Statistica та Excel. Експерименти проведено на базі Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків), Харківського національного медичного університету (м. Харків), Національного фармацевтичного університету (м. Харків) та ВАТ «Іллічівський олійножировий комбінат» (м. Іллічівськ, Одеська обл.).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці наукових засад технології функціональних жирових емульсій, які передбачають використання продуктів ферментативних реакцій гідролізу, етерифікації та переетерифікації:

- вперше визначено ефективні умови ферментативних процесів гідролізу та етерифікації, отримано залежності виходу цільових продуктів від основних параметрів процесів, що дозволить підвищити ефективність виробництва функціональних жирів;
- доведено відповідність дії ферменту Солізим кінетиці Міхаеліса-Ментен та знайдено відповідні кінетичні константи, які дозволяють кількісно оцінити швидкість реакції та ступінь спорідненості ферменту з субстратом;
- визначено раціональні умови процесу ензимної переетерифікації жирів за критерієм максимального виходу структурованих ліпідів, що дозволяє впровадити даний процес для виробництва дієтичних продуктів;

– вперше доведено, що структурні властивості високожирних функціональних майонезів підпорядковуються реологічній моделі Хершеля-Балклі та встановлено відповідні реологічні константи;

– вперше доведено підвищену стійкість до окиснення структурованих ліпідів і олії, збагаченої діацилгліцеридами, та емульсій на їх основі, що дозволяє подовжити термін зберігання продуктів;

– встановлено нетоксичність, гіпотриацилгліцеринемічні та гіпохолестеринемічні властивості структурованих ліпідів та функціональної майонезної емульсії, отриманих за розробленою ферментативною технологією, що дозволяє включати вказані жирові продукти в повсякденний раціон для профілактики та лікування аліментарно-залежних захворювань.

Практичне значення одержаних результатів для олійножирової галузі полягає у створенні перспективної технології функціональної жирової емульсії з використанням продуктів ферментативних реакцій – структурованих ліпідів та олії, збагаченої діацилгліцеридами. Розроблено рецептури майонезної емульсії на основі функціональних олій та запропоновано апаратно-технологічну схему виробництва. Створено проекти технічних умов та технічних описів на нові види жирових продуктів – олію дієтичну та майонез столовий «Слім» на її основі. Медико-біологічні дослідження виявили фізіологічний вплив структурованих ліпідів та функціональної емульсії на процеси жирового обміну в організмі, що дозволяє підвищити якість та корисність олійножирової продукції.

Розроблена технологія отримання структурованих ліпідів ферментативною переетерифікацією пройшла дослідно-промислові випробування на ВАТ «Іллічівський олійножировий комбінат» (м. Іллічівськ, Одеська обл.), де було вироблено 150 кг структурованих ліпідів (Патент України № 51297).

Результати дисертаційної роботи використано в навчальному процесі кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХПІ», в курсовому і дипломному проектуванні.

Особистий внесок здобувача полягає у постановці науково-дослідних задач та їх реалізації при розробці ферментативної технології функціональних жирових емульсій. Здобувачем здійснено планування та проведення експериментів щодо ферментативних процесів гідролізу, етерифікації та переетерифікації жирів. Виконано дослідження фізико-хімічних, органолептичних, структурно-механічних та реологічних показників функціональних емульсій. Проведено теоретичний аналіз та обґрунтування отриманих результатів. Обговорення загальної схеми досліджень та формулювання висновків проводилось спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на: 74-ій Науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 2008 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи» (м. Київ, 2010 р.), I, II, III, IV Міжнародній науково-практичній конференції «Хімія і

технологія жирів. Перспективи розвитку масло-жирової області» (м. Алушта, 2008 р., 2009 р., 2010 р., 2011 р.), XII міжнародній науково-практичній конференції «Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв» (м. Одеса, 2008 р.), V міжнародній науково-практичній конференції «Харчові технології» (м. Одеса, 2009 р.), XVI, XVII, XVIII, XIX Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2008 р., 2009 р., 2010 р., 2011 р.). XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «КАЗАНТИП-ЕКО-2010. Екологія, енерго- и ресурсосбереження, охорона окружающей среды и здоровье человека» (м. Щелкіно, 2010 р.), Всеукраїнській науковій конференції студентів і молодих вчених «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі» (м. Харків, 2011 р.), II науково-практичному семінарі «Новые достижения в развитии технологий и оборудования масложировых производств» (м. Харків, 2011 р.), XI науково-практичній міжнародній конференції «Масложировая индустрия-2011» (м. Санкт-Петербург, Росія, 2011 р.), II Міжнародній науково-практичній конференції «Наука і інновації – 2011» (м. Пшемисль, Польща, 2011 р.).

Публікації. Основний зміст дисертації відображено у 18 наукових працях, з них: 7 статей у фахових наукових виданнях України, 1 патент України на рисну модель.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків та 12 додатків. Повний обсяг дисертації становить 302 сторінки; з них 45 рисунків по тексту; 5 рисунків на 4 окремих сторінках; 16 таблиць по тексту; 12 додатків на 116 сторінках; списку використаних джерел із 244 найменувань на 27 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичну значущість роботи.

У першому розділі наведено аналітичний огляд науково-технічної інформації з питань ензимних технологій отримання функціональних жирів та емульсійних продуктів на їх основі. Розглянуто сучасний стан ринку функціональних жирів та продуктів. Визначено основні напрямки досліджень дисертаційної роботи.

У другому розділі наведено загальний план робіт щодо розробки ферментативної технології функціональних жирів та емульсій на основі неповних ацилгліцеринів та структурованих ліпідів, характеристику сировини та речовин, які використано в роботі. Описано методи дослідження жирів та емульсій на їх основі, що дозволяють оцінити якість, безпечність та властивості жирів та емульсійних систем.

Кислотне число жирів визначали згідно ДСТУ 4350. Ліпідний склад жирів встановлювали методом високотемпературної газорідної хроматогра-

фії на хроматографі Clarus 500 Gas Chromatography (Perkin-Elmer, США), триацилгліцериний склад – методом рідинної хроматографії на хроматографі Waters 2690 (США). Стійкість емульсій майонезу визначали згідно ДСТУ 4560, реологічні властивості емульсій – методом ротаційної віскозиметрії на віскозиметрі Brookfield DV-II+ (Brookfield Eng. Labs., Inc., США), розподілення крапель за діаметром – мікроскопуванням на поляризаційному мікроскопі МПД-1 (ОАО «ЛОМО», Росія), обладнаному цифровою фотокамерою Sony DSC-W30 (SONY Corp., Японія). Для вивчення структури поверхні майонезів використовували метод скануючої електронної мікроскопії за допомогою мікроскопа РЕММА-101 (Україна). Стійкість до окиснення досліджуваних жирів визначали методом Rancimat (прибор 743 Rancimat, Metrohm AG, Швейцарія), майонезу – за пероксидним числом вилученої жирової основи, згідно ДСТУ 4570 та ДСТУ ISO 3960. Функціональні властивості жирів та жирових емульсій оцінювали на основі доклінічних лабораторних досліджень з подальшим аналізом біологічного матеріалу згідно зі стандартними методиками. Для планування експериментів і обробки даних застосовували математичні методи моделювання та оптимізації з використанням програмних пакетів Statistica 9.0 (StatSoft, Inc.) і Excel (Microsoft Corp.).

У третьому розділі наведено результати досліджень щодо оптимізації технологічних параметрів ферментативних процесів виробництва жирів, збагачених діацилгліцеринами, та структурованих ліпідів.

Отримання жирів, збагачених діацилгліцеринами, проводили за двостадійною технологією, яка включала гідроліз жирів для отримання гліцерину і жирних кислот та їх подальшу позиційно специфічну етерифікацію. Проведеними дослідженнями встановлено, що найважливішими факторами, які впливають на перебіг вказаних процесів, є наступні: температура реакції (t , °C), вміст ферменту (f , %), тривалість процесу (τ , години) та співвідношення субстратів (w , моль/моль).

З'ясовано, що в реакції розщеплення жирів найбільшу каталітичну активність проявляють ферментні препарати Солізим та Lipozyme TL 100 L, а в процесі позиційно специфічної етерифікації жирних кислот гліцерином – препарат Lipozyme RM IM.

Для визначення оптимальних параметрів ферментативних процесів застосовано метод математичного планування експерименту з використанням методології поверхонь відклику.

За результатами проведених досліджень розщеплення жиру під дією ферменту Солізим отримано рівняння регресії, яке відображає залежність ступеня гідролізу (CG , %) від обраних параметрів

$$CG = -169,357 + 7,746 \cdot t - 0,150 \cdot t^2 - 1,268 \cdot f + 0,113 \cdot f^2 + 7,630 \cdot w - 0,157 \cdot w^2 + 6,405 \cdot \tau - 0,118 \cdot \tau^2 + 0,223 \cdot t \cdot f - 0,013 \cdot t \cdot w + 0,031 \cdot t \cdot \tau - 0,072 \cdot f \cdot w - 0,248 \cdot f \cdot \tau - 0,042 \cdot w \cdot \tau. \quad (1)$$

За допомогою програмного пакету Statistica 9.0 (StatSoft, Inc.) на основі рівняння регресії (1) розраховано оптимальні умови для найбільш глибокого розщеплення жиру: мольне співвідношення вода : олія 19 : 1, температура 31 °С, вміст ензиму 5,3 %, тривалість процесу 22 години. За цих умов досягається ступінь гідролізу жирів 92,3 %.

При використанні ензиму Lipozyme TL 100 L для опису процесу гідролізу отримано залежність (2)

$$CG2 = -256,317 + 9,640 \cdot t - 0,111 \cdot t^2 + 0,687 \cdot f - 0,306 \cdot f^2 + 4,240 \cdot w - 0,124 \cdot w^2 + 4,038 \cdot \tau - 0,113 \cdot \tau^2 + 0,151 \cdot t \cdot f + 0,033 \cdot t \cdot w + 0,046 \cdot t \cdot \tau - 0,083 \cdot f \cdot w - 0,139 \cdot f \cdot \tau - 0,046 \cdot w \cdot \tau. \quad (2)$$

Оптимальні параметри, розраховані для максимуму полінома (2), мають такі значення: температура 55 °С, вміст ферменту 7,6 %, мольне співвідношення вода : олія та час реакції відповідно 18 : 1 та 21 година. При вказаних параметрах ступінь гідролізу жирів досягає 94,7 %.

Для вивчення закономірностей впливу факторів на протікання процесу гідролізу жирів під дією ферменту Солізім залежність (1) представлено в графічному вигляді (рис. 1). Наведені на рисунку поверхні відклику відображають залежність ступеня гідролізу від двох перемінних, при цьому інші два параметри зафіксовано в оптимальних значеннях.

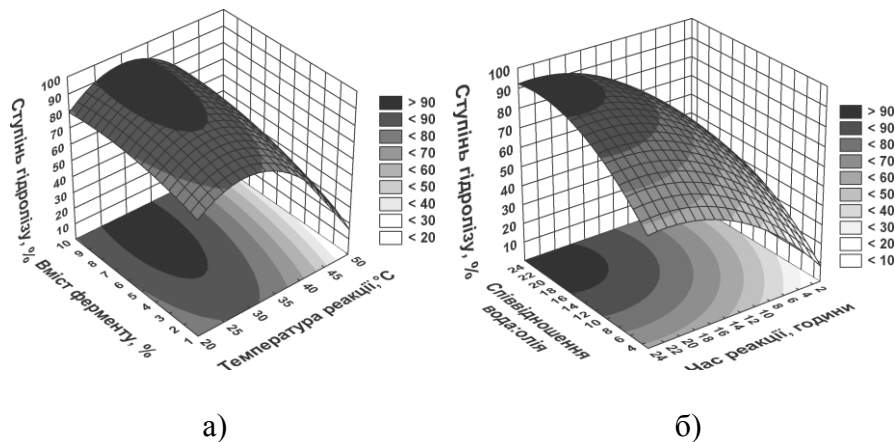


Рис. 1. Залежність ступеня гідролізу під дією ферменту Солізім від:
а) вмісту ферменту та температури реакції; б) співвідношення олія : вода та часу реакції

Згідно графічних даних, представлених на рис. 1 (а), збільшення вмісту ензиму вище оптимального до 10 % майже не впливає на ступінь гідролізу. Це пояснюється тим, що при певній концентрації біокатализатор насичує поверхню розділу фаз, і тому подальше збільшення його кількості не має значного впливу на вихід цільового продукту. Межі раціональної температури проведення реакції становлять 25 – 35 °С, а при подальшому її збільшенні ефективність процесу падає за рахунок поступової денатурації білкової структури ензиму. Як видно з рис. 1 (б), при зміні мольного співвідношення води до олії від 3 : 1 до 16 : 1 відбувається стрімке зростання ступеня гідролізу. Це пояснюється тим, що ензим має майже однакову спорідненість до продуктів гідролітичної реакції та до субстратів, тому підвищення концентрації води дозволяє зсу-

нути рівновагу в бік утворення продуктів прямої реакції. Межі ефективного мольного співвідношення вода : олія складають від 16 : 1 до 25 : 1.

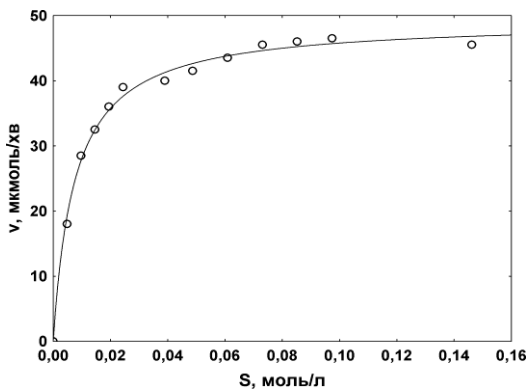


Рис. 2. Залежність швидкості реакції гідролізу від початкової концентрації субстрату

В подальшому визначались параметри ферментативної кінетики для ліполітичного препарату вітчизняного виробництва Солізим. Аналіз даних, відображених на рис. 2, дає змогу зробити висновок, що залежність швидкості реакції від початкової концентрації субстрату має вигляд гіперболи. Тобто дія ферментного препарату Солізим підпорядковується кінетиці Міхаеліса-Ментен і до каталізованої їм реакції може бути застосовано класичне рівняння Міхаеліса-Ментен

$$v = \frac{V_{\max} \cdot S}{K_m + S}, \quad (3)$$

де v – швидкість реакції, мкмоль/хв, V_{\max} – максимальна швидкість реакції, мкмоль/хв, K_m – константа Міхаеліса, моль/л, S – концентрація субстрату, моль/л.

Для визначення константи Міхаеліса та максимальної швидкості реакції за експериментальними даними була застосована комп'ютерна обробка інформації методом нелінійної регресії за допомогою програмного пакету Statistica 9 (StatSoft, Inc.). Обчислені значення були наступними: $V_{\max} = 49$ мкмоль/хв, $K_m = 7,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Обробка експериментальних даних щодо ферментативної естерифікації жирних кислот гліцерином методами математичної статистики дозволила отримати рівняння регресії, яке відображає залежність виходу діацилгліцеринів (ДАГ) від основних параметрів

$$\begin{aligned} \text{ДАГ} = & -150,896 + 4,105 \cdot t - 0,036 \cdot t^2 - 1,829 \cdot f + 0,203 \cdot f^2 + 24,814 \cdot w - 4,748 \cdot w^2 + 31,895 \times \\ & \times \tau - 3,056 \cdot \tau^2 + 0,020 \cdot t \cdot f - 0,027 \cdot t \cdot w + 0,04 \cdot t \cdot \tau + 0,010 \cdot f \cdot w - 0,197 \cdot f \cdot \tau + 0,298 \cdot w \cdot \tau. \end{aligned} \quad (4)$$

Для математичної залежності (4) встановлено оптимальні умови, за яких досягається максимальний вихід ДАГ (79,2 %): температура 57 °С, вміст ензиму Lipozyme RM IM 4,1 %, мольне співвідношення жирні кислоти : гліцерин 2,6 : 1, тривалість процесу 5,2 години.

За результатами подальших досліджень встановлено раціональні умови процесу отримання структурованих ліпідів методом ферментативної переестерифікації жирів: мольне співвідношення середньоланцюгових триацилгліцеринів до довголанцюгових триацилгліцеринів 2 : 1, температура процесу 60 °С, вміст біокатализатору 10 %, тривалість 24 години.

У четвертому розділі наведено результати дослідження реологічних та структурно-механічних властивостей майонезів на основі функціональних олій, що дає змогу оцінити стійкість емульсій, їх фізико-хімічні та технологічні властивості.

Встановлено здатність олії, збагаченої ДАГ, та структурованих ліпідів (СТЛ) утворювати стабільну протягом тривалого часу майонезну емульсію. Всі майонези на 90 добу зберігання мали стабільність не менше 98 % незруйнованої емульсії. Крім того показано, що майонез на основі діацилгліцеринової олії мав менший середній радіус крапель та менший ступінь коалесценції. Це свідчить про більш міцну структуру даного емульсійного продукту.

Аналіз даних, отриманих в ході вимірювання напруження зсуву в залежності від швидкості зсуву методом ротаційної віскозиметрії, дозволив встановити, що протягом 90 днів зберігання при 5 °С у діапазоні температур аналізу 5 – 35 °С реологічна поведінка досліджуваних емульсійних систем описується моделлю Хершеля-Балклі

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n, \quad (5)$$

де τ – напруження зсуву, Па; K – коефіцієнт консистенції, Па·сⁿ; n – індекс течії, безрозмірний; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву, с⁻¹; τ_0 – граничне напруження зсуву (ГНЗ) (межа текучості), Па.

Отримані моделі реологічної поведінки функціональних та традиційних майонезів представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Моделі реологічної поведінки досліджуваних емульсійних систем за різних температур аналізу та термінів зберігання

Термін зберігання, доба	Температура, °С	ТАГ-майонез	СТЛ-майонез	ДАГ-майонез
1	5	$\tau = 17,50 + 10,50 \cdot \dot{\gamma}^{0,53}$	$\tau = 16,08 + 9,95 \cdot \dot{\gamma}^{0,53}$	$\tau = 19,05 + 12,79 \cdot \dot{\gamma}^{0,52}$
	25	$\tau = 13,30 + 8,44 \cdot \dot{\gamma}^{0,55}$	$\tau = 13,17 + 8,04 \cdot \dot{\gamma}^{0,54}$	$\tau = 15,12 + 10,32 \cdot \dot{\gamma}^{0,54}$
	35	$\tau = 11,21 + 5,83 \cdot \dot{\gamma}^{0,59}$	$\tau = 11,07 + 5,58 \cdot \dot{\gamma}^{0,58}$	$\tau = 11,75 + 7,33 \cdot \dot{\gamma}^{0,57}$
30	5	$\tau = 18,94 + 11,49 \cdot \dot{\gamma}^{0,52}$	$\tau = 16,62 + 10,59 \cdot \dot{\gamma}^{0,51}$	$\tau = 23,74 + 16,06 \cdot \dot{\gamma}^{0,49}$
	25	$\tau = 16,05 + 8,90 \cdot \dot{\gamma}^{0,55}$	$\tau = 15,02 + 8,61 \cdot \dot{\gamma}^{0,53}$	$\tau = 20,17 + 13,84 \cdot \dot{\gamma}^{0,51}$
	35	$\tau = 13,81 + 7,05 \cdot \dot{\gamma}^{0,56}$	$\tau = 12,91 + 6,84 \cdot \dot{\gamma}^{0,55}$	$\tau = 16,84 + 12,06 \cdot \dot{\gamma}^{0,53}$
90	5	$\tau = 22,19 + 12,78 \cdot \dot{\gamma}^{0,50}$	$\tau = 20,13 + 12,05 \cdot \dot{\gamma}^{0,51}$	$\tau = 29,72 + 21,02 \cdot \dot{\gamma}^{0,44}$
	25	$\tau = 18,04 + 11,04 \cdot \dot{\gamma}^{0,52}$	$\tau = 19,01 + 10,69 \cdot \dot{\gamma}^{0,54}$	$\tau = 25,10 + 16,93 \cdot \dot{\gamma}^{0,48}$
	35	$\tau = 16,15 + 9,08 \cdot \dot{\gamma}^{0,54}$	$\tau = 16,86 + 8,89 \cdot \dot{\gamma}^{0,55}$	$\tau = 22,03 + 13,82 \cdot \dot{\gamma}^{0,51}$

Аналіз даних таблиці 2 вказує на те, що граничне напруження зсуву (τ_0) для всіх зразків більше нуля, що свідчить про здатність майонезів не розтікатися та зберігати форму протягом деякого часу. З підвищенням температури система тече при меншому значенні ГНЗ, що може бути пояснено зменшенням

щільності трьохвимірної сітки, яка утворюється між молекулами яєчного білка та абсорбованими масляними краплями. Через нижчу температуру плавлення та в'язкість структурованих ліпідів при 5 °С продукт має менше значення досліджуваного параметру у порівнянні з іншими зразками. За 90 діб структура ДАГ-майонезу стає більш міцною у порівнянні з ТАГ-аналогом та майонезом на основі структурованих ліпідів. Це відбувається через процес набухання білків сухого молока та яєчного порошку та утворенням міцної та компактною трьохвимірної сітки агрегованих крапель за рахунок більшої сили взаємодії між полярною молекулою ДАГ та модифікованим яєчним порошком. Коефіцієнт консистенції є показником в'язкості при швидкості зсуву 1 c^{-1} , і збільшення цього параметру з часом дозволяє зробити висновок про зростання в'язкості та міцності емульсії, що добре узгоджується з даними динаміки зміни граничного напруження зсуву. Індекс течії трьох майонезів $n < 1$, тому досліджувані емульсії є псевдопластичними матеріалами. Слід відмітити, що з часом не відбувається значної розбіжності у відхиленні від ньютонівської течії, показник n майже однаковий при вибраних температурах і становить 0,52 (при 25 °С) для ТАГ-майонезу, 0,54 (при 25 °С) для СТЛ-майонезу та 0,48 (при 25 °С) для ДАГ-аналога на 90 добу зберігання. Індекс течії також є менш чутливим до зміни температури аналізу у порівнянні з ГНЗ та коефіцієнтом консистенції.

Залежність ефективної в'язкості від напруження або швидкості зсуву вважається основною характеристикою структурно-механічних властивостей дисперсних систем, до якої належить майонезна емульсія. Ефективна в'язкість є підсумковою характеристикою, яка описує рівноважний стан між процесами руйнування та відновлення структури. Залежності цього параметру від напруження зсуву для досліджуваних зразків майонезів представлено на рис. 3 та 4.

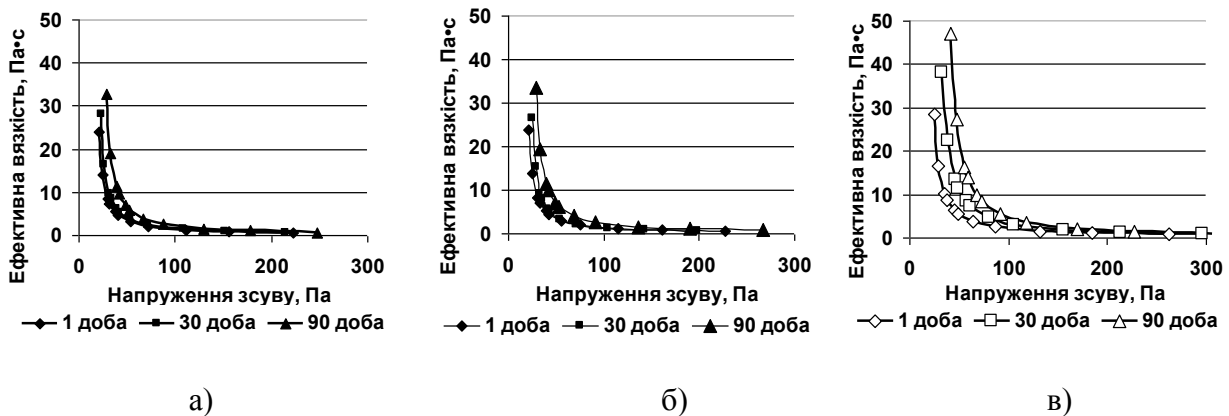


Рис. 3. Залежність ефективної в'язкості від напруження зсуву протягом зберігання (аналіз при 25 °С): а) ТАГ-майонез; б) СТЛ-майонез; в) ДАГ-майонез

Наростання міцності структури у ДАГ-майонезі є більш значною, про що свідчить аналіз рисунку 3. Ефективна в'язкість системи зросла в емульсії на основі ТАГ-олії на 34 %, на основі СТЛ – на 36 % через 90 днів, а на основі ДАГ-олії – на 56 %, що свідчить про утворення більш структурованої системи при використанні функціональної діацилгліцеринової олії.

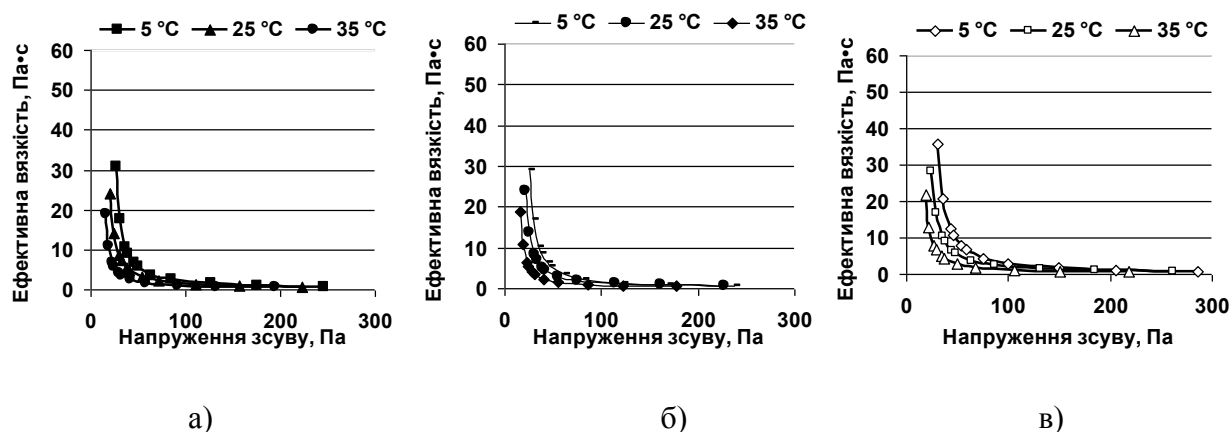


Рис.4. Залежність ефективної в'язкості від напруження зсуву (1 доба зберігання): а) ТАГ-майонез; б) СТЛ-майонез; в) ДАГ-майонез

Результати, представлені на рис. 4, свідчать, що для досліджуваних продуктів при збільшенні температури та напруженні зсуву ефективна в'язкість системи зменшується, що пояснюється руйнуванням молекулярної структури за рахунок збільшення дії гідродинамічних сил. Незначні гідродинамічні сили при невисокому значенні напруження зсуву не здатні руйнувати агрегати з жирових крапель, однак при збільшенні зусиль система становиться слабкою та руйнується, що призводить до зменшення в'язкості та течії. Структура майонезу зі зростанням температури стає більш уразливою через послаблення сил зчеплення між краплями. Вплив температури на в'язкість ДАГ- та ТАГ-майонезів приблизно однаковий: зменшення показника відбувається в середньому на 1 % при зміні температури на 1 °С. При цьому обидві системи найбільш чутливі до впливу температури у першу добу зберігання: різниця у в'язкості між аналізом при 5 °С та 35 °С становить 39 %, на 30 та 90 добу зберігання зменшення відбувалось на 28 % в обох продуктах. У випадку майонезу на основі структурованих ліпідів збільшення в'язкості під впливом температури менш значне та становить в середньому 25 %. У першу добу показник зменшується на 36 %, а через 3 місяці лише на 20 %. Це пояснюється меншою в'язкістю олії з меншим числом атомів вуглецю та нижчою температурою плавлення.

Актуальним для харчових жиромістивних продуктів є подовження терміну зберігання. У зв'язку з цим досліджено окиснювальну стабільність ДАГ-олії та СТЛ і емульсій на їх основі. В якості зразка зіставлення було використано соняшникову олію (СО). Результати відображено на рис. 5.

Як свідчать дані рис. 5 введення до складу олії діацилгліцеринів збільшує час індукції на 10 %. Цей факт може пояснюватись наявністю вільної гідроксильної групи у складі діацилгліцеринів, яка діє як антиоксидант аналогічно зі спиртовою групою цукрів або поліолів. Структуровані ліпіди на 50 % більш стійкі до дії кисню у порівнянні з соняшниковою олією, що забезпечується зменшенням ступеня ненасиченості молекул структуро-

ваних ліпідів. Аналогічний порядок у стійкості олій до окиснення зберігався і при їх введенні у якості жирового компоненту 55 % майонезної емульсії.

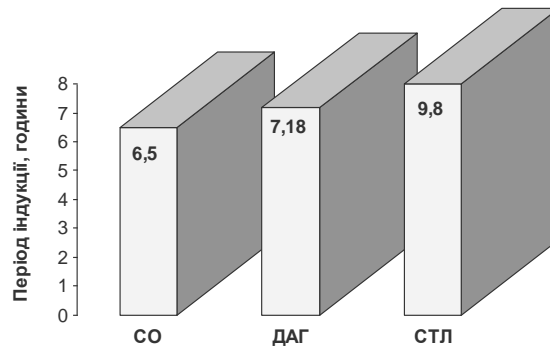


Рис. 5. Результати дослідження окиснювальної стійкості олій

В п'ятому розділі викладено результати досліджень медико-біологічних властивостей структурованих ліпідів та функціональних майонезних емульсій, які є необхідними для оцінки безпеки та фізіологічної цінності харчового продукту. В результаті експериментів доведено відсутність токсичної дії функціональних продуктів, відмічено покращення показників ліпідного обміну у порівнянні із показниками при вживанні традиційних продуктів, що позитивно відображається на зниженні маси тіла, питомої ваги вісцерального жиру та відсутності жирової інфільтрації печінки. Особлива будова функціональних жирів дозволяє організму повністю їх розщеплювати, оминаючи процес ресинтезу в нейтральний жир.

В шостому розділі представлено технологію отримання функціонального емульсійного продукту та результати дослідно-промислових випробувань синтезу структурованих ліпідів, які створюють передумови для застосування запропонованої технології на підприємствах олійножирового комплексу України.

Розроблено технологічну схему отримання ДАГ-олії та функціональної майонезної емульсії (рис. 6), яка включає такі стадії: гідроліз соняшникової олії, очищення жирних кислот; етерифікація ЖК гліцерином; молекулярна дистиляція продуктів реакції; виготовлення майонезної емульсії з використанням ДАГ-олії.

На основі отриманих в роботі наукових даних створено проекти технічних умов на нові види продуктів – олію дієтичну та майонез столовий «Слім» на її основі, а також проекти технічних описів на майонез столовий висококалорійний «Слім 55» та низькокалорійний «Слім 35».

В результаті дослідно-промислових випробувань на підприємстві «Іллічівський олійножировий комбінат» відпрацьовано технологічні режими процесу отримання структурованих ліпідів, виготовлено партію функціональних жирів у кількості 150 кг і показано перспективу виробництва у великих обсягах олійно-жирових продуктів дієтичного та лікувально-профілактичного призначення за ферментативною технологією.

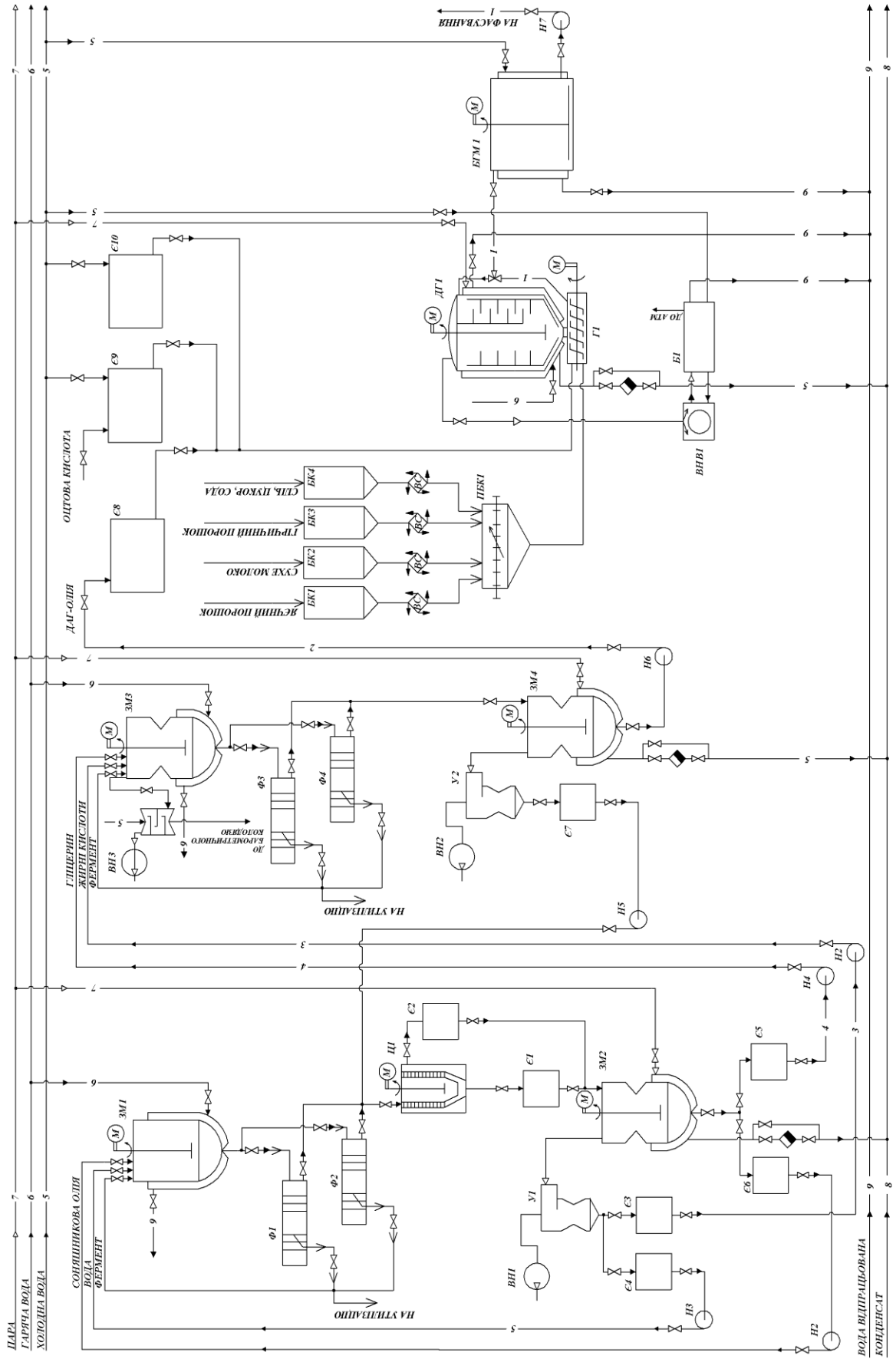


Рис. 6. Технологічна схема дослідно-експериментального виробництва ДАГ-олії та функціонального майонезу

ВИСНОВКИ

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню науково-практичної задачі розробки науково обґрунтованої технології жирових емульсій багатоцільового призначення з використанням нетрадиційних функціональних інгредієнтів – неповних ацилгліцеринів та структурованих ліпідів.

За результатами досліджень зроблено такі висновки.

1. Аналіз даних науково-технічної літератури довів необхідність та перспективність створення функціональних жирових продуктів за ефективними ферментативними технологіями.

2. В результаті експериментальних досліджень показано, що найбільш ефективними каталізаторами гідролізу жирів є ферментні препарати Солізим та Lipozyme TL 100 L. Експериментально доведено, що Солізим має високу каталітичну активність, але є досить термолабільним, інактивація відбувається вже при 45 – 50 °С, що унеможливує його використання для гідролізу високоплавких жирів. У таких випадках ефективною альтернативою є ліпаза препарату Lipozyme TL 100 L, температура денатурації білкової структури якої відбувається при 70 – 75 °С, що дозволяє підвищити ефективність використання біокатализаторів.

3. Отримано математичні залежності ступеня гідролізу від температури, часу реакції, мольного співвідношення субстратів та вмісту ензиму. На основі розрахунків оптимальними умовами для отримання найбільш глибокого ступеня розщеплення жиру при використанні Солізиму є наступні: мольне співвідношення вода : олія 19 : 1, температура 31 °С, вміст ензиму 5,3 %, тривалість процесу 22 години. При використанні ліпази Lipozyme TL 100L оптимальні параметри такі: температура 55 °С, вміст ферменту 7,6 %, мольне співвідношення та час реакції відповідно 18 : 1 та 21 година, що дає змогу отримати високий ступінь розщеплення та зберегти якість жирних кислот.

4. Встановлено відповідність дії ферменту Солізим кінетиці Міхаеліса-Ментен і визначено константу Міхаеліса – $7,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л та максимальну швидкість реакції – 49 мкмоль/хв, що показує високу каталітичну активність ферменту.

5. Отримано математичний опис залежності виходу діацилгліцеринів від температури, часу реакції, мольного співвідношення субстратів та вмісту ензиму Lipozyme RM IM. При цьому на основі розрахунків отримано оптимальні параметри, які забезпечують вихід ДАГ у кількості 79,2 %: мольне співвідношення ЖК : Гл 2,6 : 1, температура 57 °С, вміст ензиму 4,1 %, тривалість процесу 5,2 години, що дозволяє отримати олію з високим вмістом функціонального компоненту.

6. Доведена можливість синтезу структурованих ліпідів шляхом ензимної переестерифікації жирів. Встановлено раціональні параметри процесу: температура 60 °С, тривалість 24 години, вміст біокатализатору (Lipozyme RM IM) 10 % від маси суміші, мольне співвідношення середньоланцюгових триацилгліцеринів до довголанцюгових триацилгліцеринів 2 : 1.

7. Показано, що введення в склад майонезу олії, збагаченої ДАГ, сприяє утворенню більш монодисперсної емульсії з меншим розміром крапель: еквівалентний радіус крапель жиру у ДАГ-емульсії 1,8 мкм, більше 60 % крапель мають розмір до 3 мкм; та більшою ефективною в'язкістю: 30 Па·с (температура аналізу 25 °С у перший день зберігання), що покращує стабільність емульсії при зберіганні.

8. Доведено підвищену окиснювальну стійкість функціональних олії та майонезів на їх основі у порівнянні з традиційною соняшниковою олією та емульсією на її основі, що дозволить подовжити термін зберігання продуктів у 1,1 – 1,5 рази без додавання антиоксидантів.

9. Доведено нетоксичність, гіпохолестеринемічні, гіпотриацилгліцеринемічні, антиатерогенні та антиоксидантні властивості функціонального майонезу та структурованих ліпідів, що дозволяє рекомендувати вказані продукти як для повсякденного вживання, так і з лікувально-профілактичною метою.

10. Розроблено рецептури, проекти технічних умов та технічних описів на нові види функціональних жирових продуктів – олію дієтичну та майонез столовий «Слім».

11. Запропонована ферментативна технологія структурованих ліпідів пройшла дослідно-промислово апробацію в умовах Іллічівського олійножирового комбінату (м. Іллічівськ, Одеська обл.). Результати роботи впроваджено в навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Плахотна Ю. М. Ферментативна енергозберігаюча технологія жирів функціонального призначення / П. О. Некрасов, О. В. Подлісна, Ю. М. Плахотна // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2008. – №32. – С. 311–317.

Здобувачем виготовлено майонезні емульсії на основі діацилгліцеринової олії, досліджено їх структурно-механічні та бактерицидні властивості.

2. Плахотна Ю. М. Окиснювальна стійкість жирів, збагачених діацилгліцерином / П. О. Некрасов, О. В. Подлісна, Ю. М. Плахотна // Вісник Національного технічного університету «ХП». – Харків: НТУ «ХП», 2009. – №24. – С. 22–26.

Здобувачем підготовлено зразки олії, збагаченої діацилгліцерином, проведено аналіз результатів досліджень впливу функціонального компонента на окиснювальні процеси в жировому продукті.

3. Плахотна Ю. М. Ферментативний метод отримання дієтичних структурованих ліпідів / П. О. Некрасов, О. В. Подлісна, Ю. М. Плахотна, Г. Є. Поліщук // Наукові праці НУХТ. – Київ: НУХТ, 2009. – №29. – С. 26–29.

Здобувачем запропоновано технологію синтезу структурованих ліпідів із заданим розташуванням ацилів та виготовлено вказаний жировий продукт.

4. Плахотна Ю. М. Дослідження впливу структурованих ліпідів на перебіг процесів обміну в організмі / П. О. Некрасов, Т. В. Горбач, Ю. М. Плахотна //

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – №13. – С. 163–173.

Здобувачем розроблено дієту для піддослідних тварин, синтезовано структуровані ліпіди, проведено декапітацію, здійснено забір біоматеріалу та його підготовку до аналізу, проведено статистичну обробку отриманих даних.

5. Плахотна Ю. М. Дослідження фізіологічного впливу майонезу, виготовленого на основі діацилгліцеринової олії / П. О. Некрасов, В. Г. Гопкалов, Ю. М. Плахотна // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: Технологічний центр, 2010. – №3/8 (45). – С. 59–63.

Здобувачем розроблено дієту для піддослідних тварин, виготовлено емульсію на основі олії, збагаченої діацилгліцеридами, проведено декапітацію, здійснено забір біологічного матеріалу та його підготовку до аналізу, виконано статистичну обробку отриманих даних.

6. Плахотна Ю. М. Дослідження ефективності ферментів щодо гідролітичного розщеплення жирів / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна, О. П. Некрасов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – №31. – С. 3–10.

Здобувачем проведено експерименти та проаналізовано наукові результати стосовно ефективності дії низки ензимів в процесі гідролітичного розщеплення жирів, визначено раціональні температуру та рН роботи кожного з ферментів.

7. Плахотна Ю. М. Удосконалення технології ферментативного гідролізу жирів / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна, О. П. Некрасов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: Технологічний центр, 2011. – №4/6 (52). – С. 18–23.

Здобувачем проведено планування експериментів з гідролізу жиру, проведено обробку даних, отримано математичну модель процесу, визначено оптимальні параметри за критерієм максимального виходу жирних кислот.

8. Пат. № 51297 Україна, МПК (2009) A23C 11/00 Спосіб виробництва структурованих ліпідів / Плахотна Ю. М., Некрасов П. О., Гладкий Ф. Ф., Українець А. І., Поліщук Г. Є., Рибак О. М. – № u 201000527; заявл. 20.01.2010; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13.

Здобувачем здійснено патентний пошук за темою винаходу, систематизовано результати досліджень щодо розробки способу виробництва структурованих ліпідів.

9. Плахотна Ю. М. Реологічні властивості майонезів, збагачених діацилгліцеридами / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна, О. В. Подлісна, О. І. Ільїнська // Матеріали 74 наукової конференції молодих вчених «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». – Київ. – 2008. – С. 224–225.

Здобувачем підготовлено зразки майонезу з використанням у якості жирового компоненту олії, збагаченої діацилгліцеридами, та проведено аналіз результатів досліджень реологічних властивостей емульсійної системи.

10. Плахотна Ю. М. Діацилгліцерини: ефективний синтез та реологічні властивості / П. О. Некрасов, О. В. Подлісна, Ю. М. Плахотна, Н. Г. Катасоно-

ва // Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків. – 2008. – С. 26.

Здобувачем запропоновано шляхи синтезу олії, збагаченої діацилгліцеридами, методами ферментативної етерифікації та гліцеролізу, встановлено вплив функціональної олії на стабільність та реологічні властивості майонезу.

11. Плахотна Ю. М. Ферментативна технологія переробки жирів / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна // Тези доповідей учасників міжнародної науково-технічної конференції «Хімія і технологія жирів». – Алушта. – 2008. – С. 59.

Здобувачем проведено експерименти з дослідження процесу етерифікації для синтезу діацилгліцеринової олії за участю ензимних препаратів, порівняно стабільність майонезу на основі функціональної та традиційної олії.

12. Плахотна Ю. М. Технологія емульсій функціонального призначення / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна, Г. С. Марущенко, Н. С. Трегубова // Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків, 2009. – С. 643.

Здобувачем синтезовано олію з підвищеним вмістом діацилгліцеринів та виготовлено на її основі зразки майонезної емульсії для аналізу реологічних та структурно-механічних властивостей системи.

13. Плахотна Ю. М. Математичне моделювання кінетики ферментативної етерифікації / П. О. Некрасов, Ф. Ф. Гладкий, Ю. М. Плахотна // Тези доповідей учасників II міжнародної науково-технічної конференції «Хімія і технологія жирів. Перспективи розвитку олійно-жирової галузі». – Алушта. – 2009. – С. 48.

Здобувачем проведено планування експериментів з ензимної етерифікації жирних кислот та гліцерину для отримання функціонального жирового продукту, проведено обробку отриманих даних.

14. Плахотна Ю. М. Медико-біологічні дослідження дієтичних структурованих ліпідів / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна // Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків, 2010. – С. 308.

Здобувачем розроблено дієту для піддослідних тварин, синтезовано структуровані ліпіди, проведено декапітацію, здійснено забір біологічного матеріалу та його підготовку до аналізу, виконано статистичну обробку отриманих даних та їх аналіз.

15. Плахотна Ю. М. Дослідження медико-біологічних аспектів вживання олії, збагаченої діацилгліцеридами, та майонезу на її основі / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна, О. В. Подлісна // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи». – Тези доповідей, Ч. 2. – Київ, НУХТ, 2010. – С. 41.

Здобувачем розроблено дієту для піддослідних тварин, виготовлено зразки жирових продуктів, проведено декапітацію, здійснено забір біологічного мате-

ріалу та його підготовку до аналізу, виконано статистичну обробку отриманих даних.

16. Плахотна Ю. М. Наукові основи технології функціональних жиркових продуктів / П. О. Некрасов, Ф. Ф. Гладкий, Ю. М. Плахотна, О. В. Подлісна // Матеріали III міжнародної науково-технічної конференції «Хімія і технологія жирів. Перспективи розвитку олійно-жирової галузі». – Алушта. – 2010. – С. 31–32.

Здобувачем проведено експерименти з модифікування жирової сировини під каталітичною дією ензимних препаратів, узагальнено отримані дані, сформульовано висновки.

17. Плахотна Ю. М. Двостадійна ферментативна технологія отримання жирів, збагачених діацилгліцеридами / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна // Тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі». – Харків. – 2011. – С. 133.

Здобувачем запропоновано двостадійну технологія синтезу олії, збагаченої діацилгліцеридами, проведено планування експериментів з ензимного гідролізу та етерифікації, проведено обробку отриманих даних, проаналізовано результати.

18. Плахотна Ю. М. Оптимизация ферментативной этерификации по критерию максимального выхода 1,3-диацилглицеринов / Ф. Ф. Гладкий, П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна // *Materialy VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka i inowacja – 2011»*, Vol. 14 – Przemysł, Poland, 2011. – P. 74–77.

Здобувачем проведено планування експериментів з дослідження процесу етерифікації, виконано математичну обробку даних, отримано математичну модель процесу, визначено оптимальні параметри для максимізації виходу діацилгліцеринів.

АНОТАЦІЇ

Плахотна Ю.М. Технологія функціональних жиркових емульсій на основі неповних ацилгліцеринів та структурованих ліпідів. – 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» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Харків, 2012.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню та розробці технології функціональних жиркових емульсій на основі неповних ацилгліцеринів та структурованих ліпідів.

В результаті аналізу науково-технічної літератури показано актуальність використання функціональних жирів в технології продуктів харчування, зокрема в майонезних емульсіях.

Представлено перспективні функціональні інгредієнти – олію, збагачену діацилгліцеридами, та структуровані ліпіди. Запропоновано двостадійну ферментативну технологію синтезу діацилгліцеринової олії, яка складається з процесів гідролізу жиру для отримання жирних кислот і гліцерину та їх подальшої позиційно специфічної етерифікації. Отримано математичні залежності ступеня гідролізу в процесі розщеплення жиру та виходу діацилгліцеринів при етерифікації жирних кислот і гліцерину від температури, терміну реакції, мольного співвідношення субстратів та вмісту ензиму. На основі рівнянь визначено оптимальні умови проведення процесів. Доведено підпорядкованість дії ферменту Солізим кінетиці Міхаеліса-Ментен та знайдено відповідні кінетичні константи. Встановлено раціональні параметри переетерифікації для отримання структурованих ліпідів. Оцінено реологічні та структурно-механічні властивості функціональних майонезів. Вивчено стабільність до окиснення діацилгліцеринів, структурованих ліпідів та емульсій на їх основі. Досліджено медико-біологічні властивості функціонального майонезу та структурованих ліпідів.

У результаті дослідно-промислових випробувань встановлено можливість одержання структурованих ліпідів шляхом ферментативної переетерифікації. Розроблено рецептури та технологію функціонального майонезу. Створено проекти нормативної документації на нові види функціональних жирових продуктів – олію дієтичну та майонез столовий «Слім» на її основі.

Ключові слова: ферментативні технології, гідроліз, етерифікація, переетерифікація, діацилгліцеринова олія, структуровані ліпіди, майонезна емульсія, реологічні та функціональні властивості.

Плахотная Ю.Н. Технология функциональных жировых эмульсий на основе неполных ацилглицеринов и структурированных липидов. – 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, молодежи и спорта Украины, Харьков, 2012.

Диссертация посвящена научному обоснованию и разработке технологии функциональной жировой эмульсии на основе неполных ацилглицеринов и структурированных липидов.

В результате анализа научно-технической литературы показана актуальность использования функциональных жиров в технологии продуктов питания, в частности эмульсий. Впервые предложены новые функциональные ингредиенты майонезов – масло, обогащенное диацилглицеринами, и структурированные липиды. Обоснована перспективность использования ферментных катализаторов в процессах переработки масложирового сырья.

Предложена двухстадийная технология получения диацилглицеринов, которая состоит из гидролиза жира для получения жирных кислот и глицерина и их позиционно специфической этерификации.

В результате исследований установлено, что в реакции расщепления жира наибольшей каталитической активностью обладают энзимы Солизим и Lipozyme TL 100 L, а в процессе позиционно специфической этерификации жирных кислот глицерином – Lipozyme RM IM.

С помощью методов планирования и обработки экспериментальных данных получены математические зависимости выхода целевых продуктов от основных параметров для каждой из стадий технологического процесса. На основе полученных уравнений регрессии рассчитаны оптимальные условия, максимизирующие степень гидролиза и выход диацилглицеринов.

Установлено соответствие действия фермента Солизим кинетике Михаэлиса-Ментен. На основе современных методов обработки экспериментальных данных определены константа Михаэлиса и максимальная скорость реакции для указанного биокатализатора.

Найдены рациональные условия для получения структурированных липидов с заданным расположением ацилов в процессе переэтерификации между среднецепочечными и длинноцепочечными триацилглицеринами под каталитическим действием фермента Lipozyme RM IM.

Оценены реологические и структурно-механические свойства функциональных майонезных эмульсий в течение 90 дней хранения. Показано, что замена триацилглицеринового масла на диацилглицериновое в рецептуре майонеза способствует образованию более стабильной и прочной структуры. Изучена стойкость к окислению функциональных жиров и эмульсий на их основе. Установлено, что масло, обогащенное диацилглицеринами, и структурированные липиды более устойчивы к действию кислорода по сравнению с подсолнечным маслом, и их введение в майонезные эмульсии в качестве жирового компонента способствует увеличению срока хранения продукта в 1,1 – 1,5 раз.

Проведены медико-биологические исследования майонеза и структурированных липидов. Доказано, что указанные продукты нетоксичны, и в условиях высокожировой диеты способны нормализовать показатели липидного обмена, проявляя гипотриаилглицеринемические, гипохолестеринемические, антиатерогенные и антиоксидантные свойства. Это подтверждает целесообразность применения указанных продуктов в лечебно-профилактическом питании.

В результате комплекса проведенных исследований предложена технология функционального майонеза на основе масла, обогащенного диацилглицеринами, которая включает следующие стадии: гидролиз масла, очистка полученных жирных кислот методом высоковакуумной дистилляции; этерификация жирных кислот глицерином; молекулярная дистилляция продуктов реакции; приготовление майонезной эмульсии.

Разработаны рецептуры и проекты нормативной документации на новые виды функциональных жировых продуктов – масло диетическое и майонез столовый «Слим» на его основе. В результате опытно-промышленных испытаний показана возможность получения структурированных липидов путем ферментативной переэтерификации.

Ключевые слова: ферментативные технологии, гидролиз, этерификация, переэтерификация, диацилглицериновое масло, структурированные липиды, майонезная эмульсия, реологические и функциональные свойства.

Plakhotna Y.M. The technology of functional fat emulsions on the basic of partial acylglycerols and structured lipids. – In the capacity of the manuscript.

Thesis for a candidate degree of technical sciences by specialty 05.18.06 – fats, essential oils and perfume-cosmetic products technology. – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute» Ministry of education and science, youth and sports of Ukraine, Kharkiv, 2012.

The thesis is dedicated to scientifically grounding and development of fat emulsions technology on the basic of the partial acylglycerols and structured lipids.

Analysis of scientific and technical literature showed the actuality of functional fats using in food technology, especially in technology of mayonnaise emulsions.

The perspective functional ingredients – diacylglycerol oil and structured lipids were offered. Two-step enzymatic technology of diacylglycerol synthesis was introduced. It consists of the fat splitting process for getting fatty acids and glycerol and their specific positional esterification. The mathematical depending for the hydrolysis degree in fat splitting process and the yield of diacylglycerol in esterification on the temperature, time of the reaction, substrate molar ratio and enzyme content were received. On the basic of the equations optimal conditions of hydrolysis and esterification were determined. It was proved that the action of enzyme Solizium obeys Michaelis-Menten kinetics. The appropriate kinetic constants were found. Rational parameters of interesterification for structured lipids synthesis were estimated. Rheological and structural-mechanical properties of the functional mayonnaise emulsion were estimated. Oxidative stability of diacylglycerol, structured lipids and emulsion on their basic were investigated. Medical-biological analysis of functional mayonnaise and structured lipids were conducted.

Experimental-industrial test ascertained the possibility of structured lipids production by enzymatic interesterification. The formulations and technology of functional mayonnaise were developed. The projects of technical regulations and documentation for new type of functional fat products – «Oliya dietichna» and mayonnaise «Slim» on its basic were worked out.

Key words: enzyme technology, hydrolysis, esterification, interesterification, diacylglycerol oil, structured lipids, mayonnaise emulsion, rheological and functional properties.



Відповідальний за випуск д.т.н., професор Гладкий Ф.Ф.

Підписано до друку 7.02.2012 р. Формат 60x84 ¹/₁₆. Папір офсетний.
Друк ризографічний. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,16.
Тираж 100 прим. Зам. № 2/02-2012

Видавець і виготівник
Харківський університет Повітряних Сил
61023 Харків-23, вул. Сумська, 77/79
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2535 від 22.06.2006