

Міністерство освіти і науки України
Харківський державний університет харчування та торгівлі

Н. В. Мурликіна, М. О. Янчева

**ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ
ЕМУЛЬГАТОРІВ АЦИЛГЛЦЕРИННОЇ ПРИРОДИ
У ТЕХНОЛОГІЯХ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ**

Монографія

Харків
ХДУХТ
2015

УДК 637.523.2:543.635.34(082)

ББК 36.92–1

М 91

Рецензенти:

В. о. генерального директора ДНУ НТК «Інститут монокристалів» НАН України, завідувач лабораторії фізико-хімічних процесів, д-р хім. наук, проф. В. А. Чебанов, завідувач лабораторії Українського НДІ олій та жирів НААН, д-р техн. наук, проф. І. М. Демидов

Рекомендовано до видання вченою радою Харківського державного університету харчування та торгівлі, протокол № 6 від 26.02.2015 р.

Мурликіна Н. В.

М 91 Теорія та практика використання емульгаторів ацилгліцеринної природи у технологіях м'ясних виробів : монографія / Н. В. Мурликіна, М. О. Янчева. – Х. : ХДУХТ, 2015. – 207 с.

ISBN 978-966-405-381-2

У монографії узагальнено результати багаторічних досліджень щодо теоретичного та практичного обґрунтування технологій м'ясних січених виробів стабільної якості з емульгаторами ацилгліцеринної природи.

Видання пропонується для викладачів, аспірантів, студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Харчові технології та інженерія» і за спеціальностями «Технології харчування», «Технології зберігання, консервування та переробки м'яса», а також для фахівців м'ясопереробної галузі та закладів ресторанного господарства.

УДК 637.523.2:543.635.34(082)

ББК 36.92–1

© Мурликіна Н. В., Янчева М. О., 2015

© Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2015

ISBN 978-966-405-381-2

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ.....	8
1.1. Технологічні та економічні аспекти виробництва м'ясних січених виробів.....	8
1.2. Фізико-хімічні основи одержання м'ясних емульсійних систем..	18
1.3. Перспективи використання емульгаторів у технологіях м'ясних січених виробів.....	28
РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕМУЛЬГАТОРІВ АЦИЛГЛІЦЕРИННОЇ ПРИРОДИ ДЛЯ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ..	43
2.1. Наукове обґрунтування передумов використання емульгаторів ацилгліцеринної природи у технології м'ясних січених виробів.....	43
2.2. Моделювання технології емульгаторів ацилгліцеринної природи....	51
2.3. Наукове обґрунтування технологічних параметрів одержання емульгаторів ацилгліцеринної природи.....	61
2.4. Комплексне дослідження складу, показників якості, визначення властивостей ЕАГП як емульгаторів м'ясних січених виробів.....	81
РОЗДІЛ 3. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ З ЕМУЛЬГАТОРАМИ АЦИЛГЛІЦЕРИННОЇ ПРИРОДИ.....	95
3.1. Моделювання технології і складу м'ясних січених виробів з ЕАГП.....	95
3.2. Визначення закономірностей формування функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів з ЕАГП.....	97
3.3. Наукове обґрунтування технологічних параметрів, розробка принципової технологічної схеми виробництва МСВ із використанням ЕАГП.....	121
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ З ЕМУЛЬГАТОРАМИ АЦИЛГЛІЦЕРИННОЇ ПРИРОДИ.....	126
4.1. Розробка рецептурного складу і технологічної схеми виробництва м'ясних січених виробів з використанням ЕАГП.....	126
4.2. Дослідження основних показників якості та безпечності м'ясних січених виробів з ЕАГП.....	133

4.3. Практична реалізація технології м'ясних січених виробів з емульгаторами ацилгліцеринної природи.....	151
РОЗДІЛ 5. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕМУЛЬГАТОРІВ.....	157
5.1. Моделювання технології і складу напівфабрикатів м'ясних січених заморожених із використанням емульгаторів.....	157
5.2. Визначення закономірностей формування функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів з емульгаторами під впливом низьких температур.....	159
5.3. Обґрунтування технологічних параметрів і технологічної схеми виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених із використанням емульгаторів.....	176
ВИСНОВКИ.....	187
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	190

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- МСВ – м'ясні січені вироби
НМСЗ – напівфабрикати м'ясні січені заморожені
NOR — м'ясо з ознаками якості «нормальне» (normal)
PSE — м'ясо з ознаками якості «бліде, м'яке, водянисте» (pale, soft, exudative)
DFD — м'ясо з ознаками якості «темне, жорстке, сухе» (dark, firm, dry)
МЕ – м'ясні емульсії
БЖЕ – білково-жирові емульсії
ВЖЕ – водно-жирові емульсії
ЕАГП – емульгатори ацилгліцеринної природи
МАГ, ДАГ, ТАГ – моно-, ді-, триацилгліцерини
МФ – масляна фаза
МФ_{МАГ-ДАГ} – масляна фаза з підвищеним вмістом МАГ, ДАГ
НПАР – неіоногенні поверхнево-активні речовини
ГЛБ – гідрофільно-ліпофільний баланс
НЖК – насичені жирні кислоти
МНЖК – мононенасичені жирні кислоти
ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти
W – масова частка
 φ – об'ємна частка
ФТВ – функціонально-технологічні властивості
ЕЗ – емульгувальна здатність
СЕ – стійкість емульсії
ВУЗ – вологоутримувальна здатність
ЖУЗ – жирутримувальна здатність
МАФАМ – мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми
МБВ – медико-біологічні вимоги
СН – санітарні норми

ВСТУП

На сучасному етапі соціально-економічного розвитку держави однією з найважливіших проблем, яка потребує вирішення, є продовольча. Порушення структури харчування більшості людей через недостатній рівень споживання основних поживних речовин, особливо білка, зростання споживання вуглеводо- і жиромісних продуктів зумовлюють особливе значення м'ясної продукції. З огляду на це розв'язання питань раціонального використання м'ясної сировини, створення ресурсозберігаючих технологій, розробка продукції масового споживання і розширення її асортименту є важливими загальнодержавними завданнями [1–3]. Це стосується і січених виробів, які становлять значну частку в існуючому асортименті м'ясної продукції, доступної всім квінтільним групам населення [4–7].

Основа січених виробів, м'ясний фарш, є полідисперсною термодинамічно нестійкою емульсійною системою. Питання підвищення її стійкості відноситься до загальнонаукових проблем. Актуальність його вирішення посилюється низкою технологічних завдань, пов'язаних зі збільшенням обсягів м'ясної сировини з низькими функціонально-технологічними властивостями, підвищеним вмістом жиру і вологи.

Сьогодні завдання забезпечення сталості технологічного процесу розглядається взаємозв'язано з властивостями сировини, інгредієнтним складом продукції. Доцільність такого підходу доведена працями багатьох науковців (Й.О. Рогов, О.І. Жаринов, М.П. Воякін, М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, Г.В. Дейниченко), якими створено інноваційні технології м'ясної продукції емульсійної структури.

Один з ефективних шляхів забезпечення стабільності м'ясних емульсійних систем знаходиться у площині пошуку та запровадження технологічних рішень одержання продукції зі стабільними показниками якості за допомогою поверхнево-активних речовин (ПАР). Більшість із них не мають повного набору функціональних властивостей, необхідних для забезпечення бажаної стійкості емульсійної системи м'ясних січених виробів (МСВ). Це здатні зробити низькомолекулярні емульгатори ацилгліцеринної природи — моно-, діацилгліцерини жирних карбонових кислот (МАГ, ДАГ).

Таким чином, удосконалення технології м'ясних січених виробів шляхом використання емульгаторів ацилгліцеринної природи (ЕАГП) є актуальним і своєчасним завданням, вирішення якого дозволить залучити до технологічного циклу виробництва м'ясу сировину з низькими функціонально-технологічними властивостями, забезпечити високі споживні властивості нової продукції, задовольнити потреби підприємств галузі у вітчизняних МАГ, ДАГ, в яких збережено есенціальні біологічно активні компоненти, уповільнено процеси термоокиснення і термopolімеризації.

У першому розділі монографії проаналізовано економічні й технологічні аспекти виробництва, узагальнено літературні дані щодо сучасних технологій м'ясних січених виробів. Зосереджено увагу на узагальненні теоретичних і практичних досліджень, спрямованих на підвищення стабільності показників якості м'ясних січених виробів. Висвітлено фізико-хімічні основи утворення стабільних м'ясних емульсій (фаршів), які є основою січених виробів. Установлено, що ефективним напрямом вирішення проблеми їх стабільності є вдосконалення технологічної операції приготування фаршу шляхом використання емульгаторів. На підставі аналізу стану використання емульгаторів у технологіях м'ясних січених виробів з'ясовано, що за умов дефіциту і зниження якості м'ясної сировини одним із способів забезпечення населення України якісною конкурентоспроможною м'ясною продукцією є розробка січених виробів з емульгаторами ацилгліцеринної природи. Виявлені недоліки складу і властивостей існуючих емульгаторів цієї групи дозволили визначити передумови розробки технології нових емульгаторів ацилгліцеринної природи для м'ясних січених виробів.

У другому розділі визначено інноваційну стратегію реалізації єдиного технологічного циклу «Одержання ЕАГП — одержання МСВ», обґрунтовано передумови і доведено ефективність використання емульгаторів ацилгліцеринної природи в технології м'ясних січених виробів; науково обґрунтовано і розроблено технологію одержання ЕАГП за м'яких умов.

Третій розділ базується на результатах експериментальних досліджень з обґрунтування підвищення стабільності показників якості м'ясних січених виробів за рахунок поліпшення функціонально-технологічних властивостей емульгаторів. Розділ завершується розробкою принципової технологічної схеми виробництва м'ясних січених виробів з емульгаторами ацилгліцеринної природи.

У четвертому розділі наведено результати досліджень із розробки рецептурного складу і технологічної схеми виробництва м'ясних січених виробів з емульгаторами ацилгліцеринної природи на основі м'ясної сировини з дрібним і тонким подрібненням; досліджено функціонально-технологічні властивості, показники якості (органолептичні, фізико-хімічні, харчова цінність) і безпечності (мікробіологічні, токсикологічні) нової продукції.

У п'ятому розділі обґрунтовано технологію напівфабрикатів м'ясних січених заморожених, виготовлених із використанням емульгаторів.

В основу монографії покладено матеріали дисертаційної роботи Н.В. Мурликіної, виконаної на кафедрі загальної та харчової хімії, кафедрі технології м'яса Харківського державного університету харчування та торгівлі під керівництвом лауреата Державної премії в галузі науки і техніки к.т.н., професора М.О. Янчевої.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ

1.1. Технологічні та економічні аспекти виробництва м'ясних січених виробів

Проблеми порушення структури харчування більшості людей в Україні значною мірою пов'язані з недостатніми обсягами виробництва м'ясної сировини, які зменшились у п'ять разів ще впродовж 1990–2003 років [8]. Сьогодні показники виробництва м'яса загалом характеризуються нестабільністю і залежать від багатьох чинників. Кількість яловичини на переробних підприємствах поступово зменшується — від 105,0 тис. т у 2009 до 31,3 тис. т у 2012 р. (6 міс.), тоді як свинини спочатку зростає — від 102,6 тис. т у 2009 до 189,3 тис. т у 2011 р., а за шість місяців 2012 р. зменшується до 90,5 тис. т. Така динаміка зумовлена незначною часткою традиційних каналів збуту великої рогатої худоби (55,2% реалізації переробними підприємствами) і підвищеною закупівельною ціною на молодняк, яка за оперативними даними всіх областей України у 2011 р. становила 12949 грн/т і на 48% перевищувала ціну 2009 р. [9].

Загальний дефіцит м'ясних ресурсів посилюється втратами в них м'ясних білків, мінеральних речовин і вітамінів внаслідок порушення холодильного ланцюга, ходу розвитку автолізу і зростанням обсягів м'яса нестандартної якості з низькими функціонально-технологічними властивостями (заморожене з тривалим терміном зберігання, підвищеним вмістом жиркової і сполучної тканини, ознаками PSE і DFD) [10–14]. Це має значення для технологічного процесу і позначається на якості виробів, у тому числі за умов зберігання, особливо тих, у яких утворення відповідної структури безпосередньо пов'язане зі складом сировини і її властивостями [15–17]. До таких належать вироби, що мають емульсійну структуру.

Згідно з результатами аналізу наукових джерел [18–27] до категорії м'ясної продукції з емульсійною структурою спеціалісти зараховують вироби на основі подрібненої м'ясної сировини, що розрізняються за однорідністю і ступенем подрібнення, а саме:

- гомогенні (тонкоподрібнені, однорідні за складом і виглядом на розрізі) ковбасні вироби типу сосисок, сардельок, варених ковбас, ковбасок-гриль;
- гетерогенні вироби (переважно тонкоподрібнені з включеннями шматкової сировини) типу варених ковбас із шпиком, шротованим м'ясом, шматочками субпродуктів, овочів тощо;
- дрібноподрібнені вироби (із частково зруйнованими м'язовими волокнами) типу напівкопчених, варено-копчених, копчених і ферментованих ковбас, січених напівфабрикатів;

– середньоподрібнені вироби (що містять переважно шматкову сировину з включеннями гомогенізованого фаршу) типу шинковано-січених ковбас.

Зазначені м'ясні вироби незалежно від складу, ступеня подрібнення сировини, що використовується у їх виробництві, параметрів термообробки, органолептичних та інших показників мають спільні ознаки — структуру, подібну до емульсії, яка формується за обов'язкової наявності компонентів з високими емульгувальними властивостями [18; 20; 28; 29]. Технологія цієї продукції включає певну послідовність операцій, які визначають процес емульгування й утворення складної системи — м'ясної емульсії. Вона, як і всі колоїдні та мікрогетерогенні системи, є агрегативно нестійкою внаслідок надлишку вільної енергії на міжфазній поверхні. За механізмами одержання м'ясних емульсій технології можуть відрізнятися, але основний принцип емульгування — створення стабільної взаємодії часток у системі жир–вода–білок зберігає свою актуальність і значення.

Класично емульсії визначають як дисперсні системи з рідким дисперсійним середовищем і рідкою дисперсійною фазою, диспергованими в колоїдному стані. Ураховуючи багатоконпонентність м'ясної системи, до якої входять білкові, жирові та інші компоненти, їх складний характер взаємодії, складно сформулювати визначення, яке б повною мірою описувало м'ясні емульсії (МЕ) [23].

Загалом м'ясні емульсії за природою, складом компонентів, структурою, що утворюється в результаті колоїдно-хімічних процесів, належать до так званих полідисперсоїдів. Їх структура може налічувати щонайменше чотири рівноважні фазові системи: водний розчин солей; колоїдний розчин водо- і солерозчинних білків; білково-жирову емульсію; розчин як непереривчасту фазу трьох різних диспергованих систем одночасно — суспензії, емульсії і, ймовірно, піни.

М'ясна емульсійна система може бути структурована декількома способами. Достатньо висока концентрація білка в ній забезпечує фізико-хімічну стабілізацію жиру і зумовлює формування гелевих структур міжфазних шарів. Фарш м'ясних січених виробів — це комбінація дисперсних систем, структуру яких визначають м'ясні білки [18; 21–23].

Найважливіші функції в утворенні та стабілізації м'ясної емульсії виконує основна складова м'ясної сировини — м'язова тканина (табл. 1.1). Солерозчинні міофібрилярні білки (актин, міозин, актоміозин, тропоміозин, тропонін, альфа- і бета-актинін та ін.) є хорошими емульгаторами. Найбільшу масову частку (50...54%) у м'язовій тканині становить міозин. Ізоелектрична точка білків міозину й актину дорівнює 5,4 і 4,7, температура денатурації — 45...50° С і 50...55° С відповідно [18]. Саме від кількісного вмісту цих білків залежить стабільність якісних характеристик м'ясних виробів.

Таблиця 1.1 – Характеристика структурних компонентів білків м'язової тканини і їх роль у процесах утворення і стабілізації емульсії

Структурний компонент, об'ємна частка, % (у м'язовому волокні, %)	Особливості будови і властивостей	Технологічна функція в утворенні стабілізації емульсії	Вплив на якість готової продукції	Наслідки в разі надлишкової (недостатньої) кількості
<p>Міофібрили 60...65 (10...12), у тому числі:</p> <p>– соле- і водорозчинні білки (СВРБ) міозин, 50...54; актин, 12...15; тропоміозин; тропоніновий комплекс;</p> <p>– водорозчинні білки (ВРБ)</p>	<p>Соле- і водорозчинні; водорозчинні. Значна кількість гідрофобних і гідрофільних груп. Властивості ПАР</p> <p>Здатні утримувати 40...45 мл жиру на 100 г білка.</p> <p>Велика площа поверхні молекул (у 50 раз перевищує показник для ВРБ)</p> <p>Здатні утримувати 30 мл жиру на 100 г білка</p>	<p>Основна – утворення і стабілізація емульсій; вирішальна роль в емульгуванні жиру й утворенні білкових мембран навколо диспергованих часток. Міозин – основний емульгатор, стабілізатор, структуроутворювач</p>	<p>Підвищення харчової і біологічної цінності; збільшення виходу; поліпшення органолептичних характеристик (ніжність, текстура, консистенція)</p>	<p>Зниження стійкості системи: недостатність для стабілізації поверхні і коалесценція жиру; дестабілізація матриксу і відділення вологи за концентрацій, нижчих за критичну концентрацію гелеутворення</p>
<p>Саркоплазма 35...40 (5...7) у тому числі: міоген, 20; міоальбумін, 1...2; глобулін-Х, 10...20; міоглобін, 1</p>	<p>Водорозчинні. Можуть вступати у конкуруючі відносини з СРБ. За умов нагрівання здатні до коагуляції з утворенням м'якого гелю</p>	<p>Структуроутворювачі. Здатність до формування матриксу (частина білків)</p>	<p>Збільшення виходу; поліпшення органолептичних характеристик (текстура, консистенція)</p>	<p>Зниження стійкості системи. Поява рихлості в готовому продукті, низька ВУЗ</p> <p>Фарш: слабо виражена липкість, низька адгезія, низька здатність до формування, шаруватість</p>
<p>Сарколема (2...4), у тому числі: еластин, колаген</p>	<p>Нерозчинні. За умов нагрівання перетворюються на глютин, желатози і желатин – легко утворюють гелі, добре зв'язують вологу</p>	<p>Структуроутворювачі. Обмежена здатність до емульгування жиру</p>	<p>Збільшення виходу; формування органолептичних характеристик (текстура, консистенція)</p>	<p>Зниження стійкості системи. Відділення інкапсульованого жиру, утворення желеподібних набряків (під оболонкою), гумоподібна консистенція</p>

Дисперсійне середовище МЕ є складною колоїдною системою, частки якої зв'язані силами міжмолекулярної взаємодії в єдиний просторовий каркас, який

найчастіше називають матриксом. Матрикс сирого фаршу є тиксотропним гелем з коагуляційною структурою, який утворюється внаслідок взаємодії білків і диспергованих часток м'язових і сполучнотканинних волокон. Основна роль у формуванні сітки і гелю належить міозину, але актин та інші білки також можуть утворювати гель як індивідуально, так і за наявності інших білків. Роль саркоплазматичних білків у процесі утворення гелю міозину неістотна; навпаки, ферменти (протеази і фосфатази), що містяться в цій фракції та інактивовані за температур, вищих за 60° С, сприяють деградації структуроутворюючих білків і зниженню міцності гелю [18; 19].

Сирий фарш є емульсією жиру у воді, тобто прямою емульсією (I роду) за типом масло–вода. Водно-солерозчинні білки є стабілізаторами такої емульсії. За подальшого термічного впливу внаслідок денатурації й агрегації білків м'яса утворюється термотропний гель із конденсаційно-кристалізаційною структурою, яка утримує частки дисперсної фази (жир), воду та інше і міцність якої визначається кількістю та ступенем взаємодії міофібрилярних білків.

Дані світлової та електронної мікроскопії підтверджують правильність викладених теоретичних підходів до механізму одержання м'ясних емульсій [18; 21; 22; 30]. Результати вивчення макро- і мікроструктури м'ясного фаршу [16; 30] свідчать, що його основою є емульсія, яка містить жирові частки розмірами 1...50 мкм в оточенні білкових капсул, що рівномірно розподілені у структурованому матриксі, у якому також знаходяться морфологічні елементи м'ясної сировини.

Отже, термін «м'ясна емульсія» стосується полідисперсної структурованої системи, яка складається з дисперсної фази — емульгованого жиру (гідратованих білкових міцел і жирових часток різних розмірів) і дисперсійного середовища — колоїдного розчину саркоплазматичних, міофібрилярних білків, низькомолекулярних речовин, у якому рівномірно розподілені набухлі частки подрібнених м'язових і сполучнотканинних волокон, фрагменти міофібрил, оболонки жирових клітин, агрегати актоміозинового комплексу тощо.

Слід відзначити, що термін «м'ясна емульсійна структура» відображає багатоплановість, багатофункціональність різноманітних взаємодій в організації і ступенях ускладнення структури МЕ. Підсумовуючи, слід відзначити доцільність застосування терміна «емульсійна структура» як характеристики структури м'ясної емульсії, зокрема структури м'ясних січених виробів (МСВ), технологія виробництва яких включає одержання МЕ.

Вироби з емульсійною структурою є найбільш споживаними і складають значну масову частку широкого асортименту м'ясної продукції, що виробляється м'ясопереробними підприємствами і закладами ресторанного господарства [6; 7; 19; 31]. За останні 5–10 років спостерігається тенденція до значного збільшення попиту на нові види м'ясної продукції з емульсійною структурою, у тому числі січені вироби, які характеризуються певними перевагами і мають достатньо

низьку вартість, високу харчову і біологічну цінність, поліпшені органолептичні характеристики [6; 8; 31; 32]. Упродовж декількох останніх років в Україні на 41% зріс обсяг виробництва м'ясних січених напівфабрикатів, половину з яких складають напівфабрикати у тістовій оболонці [6; 7].

Теорія і практика вітчизняного виробництва стандартизованої м'ясної продукції масового споживання є розвиненішою для м'ясопереробної галузі, ніж для системи закладів ресторанного господарства (ЗРГ). В умовах існуючої кооперації ЗРГ із м'ясопереробними підприємствами набувають важливого значення питання законодавчого, матеріально-технічного, ресурсного, технологічного та ін. забезпечення підприємств галузі [8; 19; 28; 31]. Виконанню цих завдань повинний сприяти розвиток теоретичних уявлень щодо формування якісних характеристик м'ясної сировини і вивчення процесів, що відбуваються у ній упродовж зберігання та технологічної обробки [18; 28; 33; 34].

Дослідження з вирішення завдань раціонального використання м'ясної сировини шляхом часткової заміни її на вторинні харчові продукти, рослинні компоненти тривають донині [35–39]. Широкі можливості сучасної харчової технології дозволяють переробляти сировину на харчову продукцію із заданими хімічним складом і властивостями, а також розширяти сировинну базу за рахунок використання нетрадиційних джерел, що має суттєве економічне, технологічне і технічне значення. Найбільшого розповсюдження у вітчизняній практиці набули вторинні білковмісні ресурси тваринного, рослинного і мікробіологічного походження: дисперговані суміші та гідролізати з свинячої шкурки, субпродуктів другої категорії, м'ясо механічного дообвалювання, харчова кров і її фракції, вторинна молочно-білково-вуглеводна сировина, соєві білкові концентрати та ін. [33; 40–48].

Досвід застосування [18; 35] у рецептурі фаршу свинячої шкурки масовою часткою 2 і 5% (масова частка вологи 75%), подрібненої на колоїдному млині, свідчить про підвищення в'язкості ($0,099 \cdot 10^5$ і $0,123 \cdot 10^5$ Па·с), модуля зсуву ($1,68 \cdot 10^2$ і $2,08 \cdot 10^2$ Па) і зниження липкості (350 і 310 кг/м²) зразків фаршу залежно від вмісту свинячої шкурки, а також підвищення пластичності готового продукту (42 і 45%) унаслідок термообробки і перетворення колагену добре подрібненої сполучної тканини на глютин. Зменшення липкості фаршу з додаванням шкурки знижує зв'язність фаршу в готовому продукті (4200 і 3600 кг/м²), що особливо позначається на втратах вологи під час термообробки (24,9 і 26,0%) і виході. За таких обставин виникає необхідність підвищувати вологоутримувальну здатність (ВУЗ) фаршу зі шкуркою уведенням спеціальних добавок, вирішуючи паралельно завдання збереження біологічної цінності продукції.

Показано [36] можливість одержання нових видів варених низькокалорійних м'ясних виробів підвищеної біологічної цінності на основі комбінації колагенового напівфабрикату допустимої кількості, що не перевищує 30%,

зі свинячою шкуркою — слойки ліверної, м'ясного продукту студентського, м'ясного продукту зернистого. Ураховуючи низьку біологічну цінність свинячої шкурки та іншої вторинної харчової сировини тваринного походження, раціональне їх використання має полягати в розробці багатокomпонентних рецептур м'ясної продукції на основі білків з аналогами харчових волокон із досяганням ефекту їх взаємного збагачення [36–39; 44].

Цілеспрямоване використання у виробництві м'ясних січених виробів препаратів білків, зокрема натрій казеїнату [42; 48–51], упродовж багатьох років дозволяло оптимізувати їх білковий склад, виробляти продукцію дитячого і спеціалізованого харчування, регулювати структурно-механічні властивості фаршу і готових виробів, знижувати втрати під час термообробки, ризик утворення бульйонно-жирових набряків, економити м'ясну сировину, розширяти можливості раціонального використання субпродуктів і жиру-сирцю. Препарати натрій казеїнату мають високу розчинність і емульгувальні властивості в умовах, характерних для більшості м'ясних емульсій ($\text{pH} > 6,0$; масова частка натрій хлориду дорівнює 2...2,5%). Як емульгатор натрій казеїнат здатен адсорбуватися на поверхні частинок жиру й утворювати міцний адсорбційний шар. Це сприяє запобіганню часткової коалесценції часток жиру під час кутерування і злиття розплавлених крапель жиру на стадії термообробки продукції, що зменшує ризик утворення жирових набряків. Оскільки натрій казеїнат виконує роль емульгатора, то більша частина міофібрилярних білків залишається в дисперсійному середовищі фаршу, що підвищує його в'язкість і ВУЗ, а після термообробки призводить до утворення міцного матриксу. У роботі [48] показано, що натрій казеїнат підвищує ВУЗ м'ясних емульсій, а також позитивно впливає на їх текстуру.

Як описується в наукових публікаціях [42; 48–50], натрій казеїнат до м'ясних виробів вводять у вигляді сухого порошку і білково-жирової емульсії (БЖЕ). Спосіб, який не передбачає зміни технологічного процесу і за якого харчова цінність готових виробів залишається незмінною [50], полягає в заміні 10% м'яса на 2% натрій казеїнату і 8% води. За іншого способу введення [48] частину його (20...50% від кількості за рецептурою) додають у вигляді сухого порошку безпосередньо до м'ясної сировини перед кутеруванням, а залишок використовують для емульгування жиру, після чого обидві суміші з'єднують. Ще один спосіб [42] передбачає попереднє емульгування 9% натрій казеїнату, 45,5% жиру-сирцю, 45,5% води, 2,2% кухонної солі (до маси емульсії) у кутері. Білково-жирові емульсії з натрій казеїнатом можна виготовляти з буряковим пектином, моно- і діацилгліцеридами жирних кислот або за умов підвищення температури емульгування до 35...60° С [49; 52].

Використання БЖЕ як одного з інструментів управління якістю і рентабельністю МСВ забезпечує стабільність емульсії жиру з водою на стадії її одержання, а також за умов її подальшого використання в технологічному процесі сприяє

зниженню витрат найдорожчої сировини — м'яса і має певне соціальне значення. Широко відомі наукові розробки щодо використання БЖЕ у виробництві варених ковбасних виробів і практично відсутні — у технологіях кулінарної продукції з січеного м'яса [20; 53–58].

Підвищити стійкість емульсії жиру у воді під час приготування фаршу на кутері за недостатнього ступеня емульгування жиру можна введенням замість жирової тканини або топленого жиру підготовленої водно-жирової емульсії (ВЖЕ). У водно-жирових емульсіях, виготовлених із використанням емульгаторів, наприклад 0,75% желатини або відповідної кількості кров'яної плазми, і стабілізаторів, частка води міцно зв'язується структурованими сольватними оболонками жирових міцел, що збільшує частку хімічно зв'язаної вологи у фарші і призводить до зростання твердоподібних властивостей [35; 59]. Переваги використання ВЖЕ демонструють [35] дані функціонально-технологічних властивостей фаршу свинячих і яловичих сосисок із топленим жиром та у складі емульсії: помітне зростання в'язкості фаршу зі свинини (підвищений на 2,2% вміст вологи) від $0,608 \cdot 10^5$ до $0,749 \cdot 10^5$ Па·с, із яловичини (підвищений на 1,8% вміст вологи) — від $0,822 \cdot 10^5$ до $0,889 \cdot 10^5$ Па·с відповідно; підвищення загальної вологи фаршу від 66,33 до 70,15% та від 68,85 до 70,50% відповідно.

Заміна жирової тканини або топленого жиру жировими емульсіями зумовлює значні економічні переваги і дає можливість одержувати фарш і продукцію з високими структурно-механічними показниками навіть за відсутності такої операції, як попередній засіл. Так, у роботі [35] відзначено суттєве зростання величин в'язкості фаршу сосисок і сардельок (з охолодженого і дефростованого м'яса) і модуля пружності готової продукції, виготовленої за технологією, що включає операцію витримування в засоленому стані дві доби (фарш сосисок із охолодженого м'яса — $0,673 \cdot 10^5$ Па·с і 202 кг/м^2 відповідно), і за технологією з використанням емульсії свинячого жиру, але за відсутності операції попереднього засолу ($0,748 \cdot 10^5$ Па·с і 303 кг/м^2).

Розглянутий технологічний прийом використання жирів саме в емульгованому стані, які більш повно засвоюються організмом людини, також розкриває можливості для виробництва дієтичних виробів, у тому числі з використанням олії [60; 61].

У науковій праці [37] теоретично обґрунтовано доцільність комплексного використання харчових білковмісних препаратів, полісахаридів та інших компонентів, які дають можливість регулювати якісні характеристики м'ясопродукції за допомогою штучного інтелекту із застосуванням методології «Нейронні мережі» до технологічних об'єктів харчових виробництв. Розроблено рецептурні композиції м'ясопродуктів із білковими продуктами кісткового залишку, дріжджової біомаси, вторинною молочно-білково-вуглеводною сировиною (соевим збагачувачем, лактулозою і природними полісахаридами — натрій

альгінатом, пектином), гідроколоїдами, харчовими волокнами, композиційного складу пребіотичносорбційної спрямованості [37; 47]. Використання біологічно активних речовин на основі продуктів життєдіяльності мікроорганізмів є одним з перспективних напрямів розвитку технологій м'ясної продукції [62].

Розвиток технологій шляхом залучення в процес виробництва м'ясопродукції ізольованих білків дає можливість підвищити ступінь переробки і використання ресурсів білка в цілому, перевести частину білка з кормової до харчової категорії [13; 30; 64; 63]. Автором досліджень [13] показано, що запропонована двостадійна гідротермічна обробка насіння сої сприяє одержанню продукції з високою ВУЗ і ЖУЗ завдяки розвиненій капілярно-пористій структурі, яка виникає внаслідок денатурації білків. Установлено, що соєва паста надає можливість цілеспрямовано впливати на консистенцію готових виробів, підвищуючи в'язкість і щільність фаршу, збільшуючи ефективну в'язкість комбінованих м'ясних фаршів з нею [65; 66].

Надзвичайної актуальності набуває підбір інгредієнтів, які одночасно з регулюванням функціонально-технологічних властивостей виконують завдання забезпечення організму біологічно активними речовинами. Завдяки можливості використання у складі комбінованих м'ясних виробів зернових культур із модифікованими властивостями значно розширився асортимент виробів емульсійної структури поліпшеної харчової та біологічної цінності, стабільної якості, що доводять численні дослідження вітчизняних і зарубіжних спеціалістів [62; 67; 68].

Застосування крохмалевмісної сировини передбачене окремими технологіями з метою сприяння підвищенню ВУЗ і ЖУЗ м'ясних фаршів. Традиційно у виробництві застосовують пшеничне борошно, крохмаль і крупи в невеликій кількості (2...3%). Заміна яловичини в рецептурі модифікованим рисовим борошном кількістю, що перевищує 6%, стабілізує водневий показник і суттєво підвищує ВУЗ, в'язкість м'ясних фаршів, пружність виробів, що дозволяє вводити додаткову кількість води зі збереженням органолептичних показників готової продукції [69].

У технологіях МСВ разом із завданнями поліпшення функціонально-технологічних властивостей м'ясної сировини вирішуються питання підвищення їх біологічної цінності шляхом використання рослинних добавок, сполучених із білковими, ліпідними і мінеральними компонентами (нут, сухі порошки і пасерований гарбуз, морква, буряк, баклажани, яблука, томати та ін.) [47; 68; 70–72]. Усе більшу зацікавленість науковців і спеціалістів харчової індустрії викликає використання екологічно безпечної місцевої рослинної сировини [62]. Харчові продукти, добавки, лікувально-профілактичні препарати, виготовлені з місцевої сировини, мають найкращий терапевтичний ефект для людей, що проживають на відповідній території, підвищуючи стійкість організму до перенесення стресових, екстремальних ситуацій, нормалізуючи розумову і фізичну працездатність.

На сьогодні докладно вивчено питання поліпшення вітамінного комплексу м'ясних січених виробів [73], до складу рецептур яких пропонується вводити столову моркву, що містить значну кількість водо- і жиророзчинних вітамінів. Розв'язуються також питання збереження структурно-механічних властивостей, для чого, наприклад, до складу рецептур у сирому подрібненому або пасерованому вигляді вводяться й інші овочеві інгредієнти: буряк, гарбуз, картопля, капуста, корені петрушки й селери [74].

Зростає кількість досліджень із розробки технологій продукції функціонального призначення і тієї, що посилює лікувально-профілактичний ефект. У цьому напрямі працює багато науковців як в Україні, так і за кордоном, уводячи до її складу фосфатидні концентрати, соняшникову олію, соєві білки, харчові волокна, мікроелементи та ін. [75–83].

У роботі [75] показано, що в зразках готової продукції з концентратами топінамбура, збагачених на мікро- і макроелементи, із підвищеною харчовою і біологічною цінністю відбувалося зниження вмісту вологи після термообробки на 11,4...12,3% порівняно з контрольними (на 12,8%). За 5% частки заміни м'яса спостерігалось підвищення виходу готових виробів на 4,9%.

У технологіях м'ясної продукції останнім часом широко використовуються препарати карагінану, економічна ефективність застосування яких пов'язана з їх високими функціонально-технологічними властивостями, зокрема ВУЗ, і роллю харчових волокон [66; 76; 77; 84].

Набувають розвитку технології [78; 82; 85; 86], що передбачають можливість йодування білкових і жирових компонентів м'ясної емульсії. Найбільш перспективним способом профілактики йодної недостатності визнано біологічний спосіб, коли йод знаходиться в органічно зв'язаному стані, а оптимальним для йодування є продукт, що містить у необхідній кількості амінокислоти тирозин, фенілаланін, пролін і ненасичені жирні кислоти, які в достатній кількості можуть зв'язувати й утримувати йод. Тому, м'ясні емульсії є перспективними об'єктами для йодування.

Останнім часом існуючу проблему стабільності м'ясних емульсій посилюють істотні відмінності якісних показників м'ясної сировини, що залежать від умов утримання, фізичних навантажень, стресових чинників під час транспортування і передзабійного утримання тварин тощо [10; 14; 16; 18].

Значною мірою впливає на збільшення частки неоднорідної м'ясної сировини зміна екологічного стану, а також селекційна робота, спрямована на виведення нових генотипів тварин з більш низькою стресостійкістю і поліпшеними показниками росту, що характеризуються накопиченням більшої кількості м'язової тканини. Водночас виявлено [16], що підвищення її виходу може призводити до зниження ВУЗ на 4...12% та збільшення втрат під час термообробки на 4,0...9,13%.

За даними дисертаційної роботи [14] в Україні у 2009 р. серед туш великої рогатої худоби з ознаками якості NOR (52,1%) зареєстровано масову частку випадків яловичини PSE, DFD — 12,9; 35% відповідно. Згідно з [18] частка м'яса з ознаками PSE, що надходить на переробні підприємства Росії, становить 40...47%, з ознаками DFD — 35...38%.

Близько 40% яловичини з аномальним розвитком автолізу, що надходить на переробні підприємства, має певні відхилення від загального вмісту вологи (для PSE — на 75,24...82,05%; DFD — 59,78...65,18%), ВУЗ (для PSE — зниження на 9,7...20,0%; DFD — підвищення на 5,7...9,8%), відносної біологічної цінності, середнього вмісту пігментів, мікробіологічних показників, оптимальних умов холодильного зберігання та ін. [14]. Наявність дефектів у м'ясі негативно впливає на склад білків м'язової тканини — поєднання низької величини $pH < 6,0$ і температури, вищої за $35^{\circ}C$, викликає значні конформаційні зміни і денатурацію саркоплазматичних і міофібрилярних білків, що зумовлює зниження ВУЗ м'яса. Нормальне м'ясо NOR має переваги за кількістю у м'язах саркоплазматичних і міофібрилярних білків, їх біологічною повноцінністю. Нестандартне м'ясо містить набір усіх необхідних незамінних і замінних амінокислот, проте їх кількість менша, порівняно з яловичиною II та особливо I категорій [14].

На підставі результатів комплексних досліджень у науковій праці [16] сформульовано теоретичні й науково-практичні уявлення про прижиттєве формування якісних характеристик м'ясної сировини і структуроутворення м'ясопродукції, виготовленої з неї в умовах спрямованого біотехнологічного впливу. Для м'ясних січених виробів основними морфологічними показниками структуроутворення, що впливають на функціонально-технологічні властивості, визначено ступінь подрібнення і взаємозв'язаність структурних елементів фаршу.

Для виробництва м'ясних січених виробів використовують парну, охолоджену, підморожену, заморожену, розморожену м'ясну сировину; як жирову складову рецептури найчастіше беруть жир-сирець, сало шпик (охолоджений або підморожений) [87–90]. Із технологічної й економічної точки зору найкращою сировиною для виробництва МСВ є яловичина II категорії з вмістом білка і жиру 20 і 7% відповідно.

Необхідно відзначити, що використання замороженої м'ясної сировини має бути направленим і навіть обмеженим через її низькі ФТВ, що зумовлюють значні технологічні втрати під час термообробки, погіршення органолептичних, структурно-механічних властивостей продукції, необхідність додаткового застосування гелеутворювачів, переважно термотропних, та ін. [11].

У виробництві м'ясної продукції масового споживання, виробленої із сировини з низькими ФТВ, для підвищення, збереження і стабілізації показників якості застосовуються технологічні прийоми, що дозволяють коригувати нестандартні властивості м'ясної сировини [10–13; 15; 16] (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Технологічні прийоми одержання м'ясної емульсії на основі м'ясної сировини, що перебуває в різному термічному стані або має відхилення розвитку автолізу

Сировина	Технологічні прийоми
Заморожене блочне м'ясо	– Проведення попереднього подрібнення на стругальній машині чи блокорізці або збільшення тривалості тонкого подрібнення; – контроль ступеня подрібнення; – уведення кухонної солі й натрій нітриту
М'ясо з ознаками PSE, DFD	– Використання фосфатів, додавання крові, соєвого ізоляту, низькомолекулярних емульгаторів (E471), комбінування сировини з ознаками DFD
М'ясо підвищеної жирності	– Використання фосфатів, низькомолекулярних емульгаторів (E471), соєвого ізоляту тощо; – уведення всієї води, передбаченої рецептурою, на першій фазі тонкого подрібнення

Отже, завдання виробництва стандартизованої м'ясної продукції складно розв'язати в рамках традиційної технології МСВ з регламентованими параметрами, оскільки якість м'ясної сировини залежить від багатьох чинників і не піддається стандартизації повною мірою. Стандартизовані харчові інгредієнти, такі як дисперговані суміші й гідролізати із субпродуктів II категорії, сухі бульйони з кісток, молочно-білкові препарати (харчові казеїни, казеїнати, копреципітати, сироваткові білкові концентрати), продукти переробки сої, модифіковані крохмалі, гідроколоїди тощо, дозволяють компенсувати ці недоліки, але вони не завжди лабільні до технологічних параметрів переробки м'ясної сировини нестандартної якості. Розв'язання завдань заміни м'ясної сировини також може ускладнюватися через жорсткий контроль за вмістом білкових препаратів згідно з регламентами і необхідність додаткового збагачення, модифікації більшості видів низькофункціональної сировини [17; 18; 20; 62; 91–94].

Таким чином, актуальною є розробка і впровадження нових, досконаліших добавок для виробництва м'ясних січених виробів із поліпшеними показниками якості, стабільними впродовж технологічного процесу і зберігання.

1.2. Фізико-хімічні основи одержання м'ясних емульсійних систем

До найважливіших операцій технології м'ясних січених виробів належить приготування м'ясного фаршу. У фаховій літературі найбільш детально висвітлені теоретичні та практичні аспекти технології приготування фаршу на основі тонкоподрібненої сировини. Згідно з джерелами [18; 19; 28; 64; 95–97] утворення

стабільних м'ясних емульсій визначається природою, складом (кількість солерозчинних білків і ступінь їх участі в процесі емульгування), функціонально-технологічними властивостями рецептурних компонентів, послідовністю їх уведення під час емульгування; співвідношенням компонентів основної сировини, їх станом (ступінь подрібнення і гомогенізації м'ясної сировини, дисперсність жиру), співвідношенням жир:білок:вода в емульсії; додержанням температурно-часових параметрів процесу; видом обладнання, що застосовується. У табл. 1.3 наведено узагальнені дані щодо рекомендованих раціональних параметрів одержання стабільних м'ясних емульсій (фаршу).

Таблиця 1.3 – Технологічні параметри одержання стабільної м'ясної емульсії

Найменування параметра	Раціональні значення	
1	2	
Вміст, природа, склад і ФТВ рецептурних компонентів: солерозчинні білки кухонна сіль, % фосфати, % емульгатори (стабілізатори), %	Збільшення кількості м'язових білків $\leq 2,0$ $\leq 0,3$ $\leq 1,5$	
Співвідношення основних компонентів водо-білково-жирової емульсії: білок:жир:волога	1,0:(0,8...1,5):(3,0...5,0)	
Ступінь подрібнення сировини, $\cdot 10^3$ м: дрібноподрібнена (дрібне) тонкоподрібнена (тонке)	До подрібнення	Після подрібнення
	200...100 10,0...2,0	10,0...2,0 2,0...0,4
Ступінь диспергування жиру, $\cdot 10^6$ м: грубий тонкий	50,0...75,0 0,1...10,0	
Інтервал ізоелектричного стану, рН: міофібрилярні білки саркоплазматичні білки	6,0...6,5 5,2	
Температура фаршу, °С: перед кутеруванням наприкінці кутерування	0...2 10...15	
Тривалість кутерування, /60 с	7...9	
Послідовність уведення компонентів під час приготування емульсії	Подрібнення нежирного м'яса з сіллю, спеціями, водою; уведення жирної м'ясної сировини, жиру з наступним емульгуванням	

1	2		
Параметри термообробки:	Смаження	Варіння	Запікання
температура, °С	150...160	98...100	150...160
тривалість, ·60 ⁻¹ , с	5...7	10...15	15...20
температура в центрі виробу, °С	85...87	85...87	85...87

Хімічний склад м'ясних емульсій залежно від природи та якості використаної сировини і виду готової продукції може варіюватись у широкому діапазоні: вміст вологи — від 50 до 76%, жиру — від 12 до 35%, білка — від 10 до 22% [18; 19]. Очевидно, що можливість спрямованого регулювання якісних характеристик готової харчової продукції пов'язана з дослідженням функціональних властивостей її компонентів.

Функціонально-технологічні властивості білків м'язової тканини визначаються їх здатністю взаємодіяти між собою та іншими компонентами тканини, зв'язувати вологу, емульгувати жири. Емульгувальні властивості білків м'яса визначаються їх роллю в утворенні м'ясної емульсії. Наявність гідрофільних і гідрофобних груп у молекулах білків зумовлює орієнтацію полярних груп до води, а неполярних — до жиру, завдяки чому в білковій емульсії утворюється міжфазний адсорбційний шар, який розглядають як адсорбційну плівку. Еластичні властивості й механічна міцність такої міжфазної плівки визначають стабільність емульсії і, як наслідок, якість готових виробів. На емульгувальні властивості білків впливають як структура білкових молекул, їх конформація, ступінь денатурації, так і концентрація, розчинність і гідрофобність, водневий показник, іонна сила розчину, температура середовища тощо. Максимальна емульгувальна ємність саркоплазматичних білків проявляється за рН=5,2; міозину й актоміозину — в інтервалі 6–6,5, характерному для більшості м'ясних виробів. Збільшення іонної сили за рахунок кухонної солі сприяє зростанню емульгувальної ємності саркоплазматичних білків за вказаного рН, міофібрилярних — в інтервалі 5–6 [18; 19].

Жирова тканина становить у м'ясній сировині до 30% і є різновидом рихлої сполучної тканини, у якій знаходяться жирові клітини, основним компонентом яких є триацилгліцерини вищих карбонових кислот (ТАГ). У структурі ТАГ переважають неполярні гідрофобні вуглеводневі радикали, які зумовлюють низьку полярність жирів і їх нерозчинність у воді. У незначних кількостях вода з жиром утворює стійку колоїдну систему — від 0,15 до 0,45% води може приєднувати жир за температури 40...100° С, але за певних умов вони можуть утворювати достатньо стабільні емульсії, що відіграє істотну роль у виробництві продукції емульсійної структури [18; 19]. Здатність жиру взаємодіяти з водою залежить від його природи, температури плавлення, ступеня диспергування, наявності емульгаторів, температури середовища, дії інших фізичних чинників, зокрема ультразвуку.

Так, свинячий жир емульгується краще яловичого, кістковий (легкоплавкий) — краще свинячого, гомогенізований — краще дрібноподрібненого [19].

У технологічній практиці має значення вміст у м'ясних виробках природних емульгаторів, які вводять до рецептури фаршу і до яких належать лецитин, холестерин, моноацилгліцерини (МАГ), фосфоліпіди; продукти, що утворюються у процесі денатурації білків; солерозчинні білки м'язової тканини, білкові препарати (соєвий ізолят, натрій казеїнат) [18; 19; 52; 64; 95]. Підвищення температури до рівня, що викликає достатнє зниження величини поверхневого натягу на межі поділу фаз жир–вода, забезпечує взаємне змішування рідин і утворення емульсії.

Умовою одержання стабільних м'ясних емульсій є контроль за вмістом у ній м'язового білка. Наслідками зменшення вмісту солерозчинних білків і надлишкового введення жиру (за відсутності стабілізаторів і емульгаторів) може бути одержання м'ясного фаршу з нестабільними властивостями. Це зумовлено дефіцитом на поверхні білкової молекули бічних гідрофобних відгалужень, здатних взаємодіяти з молекулами триацилгліцеринів жирових крапель. Надмірне підвищення вмісту м'язових білків у системі з одночасним зниженням масової частки жиру, з одного боку, супроводжується утворенням достатньо стійких емульсій, а з іншого — призводить до погіршення органолептичних показників після термообробки (поява сухості, жорсткості, зниження пластичних властивостей). Уведення кухонної солі і низькомолекулярних фосфатів поліпшує функціонально-технологічні властивості солерозчинних білків і підвищує стабільність емульсій. Синергістичний ефект із фосфатами мають емульгатори Е 471. Ступінь подрібнення сировини зумовлює і забезпечує рівень стабільності м'ясних емульсій [18; 19].

Важливим чинником ефективного емульгування є температура м'ясної сировини. Екстракція білків найбільш повно відбувається за температури м'ясної сировини близько точки замерзання, яка дорівнює -2°C , у зв'язку з чим температура перед подрібненням не повинна перевищувати $1\pm 1^{\circ}\text{C}$. Зокрема, щоб уникнути під час тонкого подрібнення локального нагрівання фаршу, унаслідок якого білки можуть денатурувати раніше, ніж почнеться емульгування, слід використовувати підморожене м'ясо, а під час подрібнення додавати лід або льодяну воду [18; 19; 95–97].

Термообробка на завершальному етапі виробництва фіксує властивості м'ясної емульсії, а кінцевий технологічний результат, тобто якість готової продукції, залежить від її параметрів. Чим вище відносна вологість і температура нагрівального середовища, тим більша ймовірність одержання нестабільної емульсії. Зокрема, під час варіння відбуваються денатураційно-коагуляційні зміни водо- і солерозчинних білків, плавлення жиру, гідроліз колагену сполучної тканини, трансформація структурно-механічних властивостей м'ясної емульсії.

Утворення м'ясної емульсійної структури пов'язане, головним чином, з операціями подрібнення і перемішування, які необхідно розглянути детальніше. У науковій літературі [18; 19; 64; 95–97] описуються три фази подрібнення сировини та утворення м'ясної емульсії. На першій фазі (протягом перших (2...3)·60 с) переважає механічне руйнування клітинної структури тканин, м'язових волокон із витіканням їх складових компонентів — екстракцією білків до водної фази.

На другій фазі м'язові білки починають інтенсивно набухати, зв'язувати воду, що вводиться до м'ясної системи; відбувається вторинне структуроутворення білків між собою й утворення матриксу емульсії. Збільшується величина вологозв'язувальної здатності системи. При цьому для формування структури емульсії й поглинання нею води вирішальне значення має ступінь переходу міофібрилярних білків у розчинений стан, чому сприяє наявність кухонної солі й висока гомогенізація сировини. У разі недостатнього подрібнення білки повністю не виходять із клітинної структури і не беруть участі у зв'язуванні води й утворенні просторового каркаса, що може призвести до розшарування фаршу.

На ефективність екстракції солерозчинних білків впливають такі основні чинники, як ступінь подрібнення м'язових волокон, концентрація кухонної солі, кількість води, температура, тривалість процесу, реакція середовища (рН).

На третій фазі подрібнення сировини (в умовах локального підвищення температури під час тонкого подрібнення) жир частково диспергується до дрібнодисперсних жирових часток, які з'єднуються з білковим матриксом, і утворюється емульсія.

Подрібнення жирової тканини має свою специфіку, яку слід розглянути докладніше. Під час інтенсивного подрібнення жирова тканина диспергує здебільшого у вигляді твердих часток розміром 20...75 мкм, що складаються переважно з непошкоджених жирових клітин. Водночас частково руйнується структура жирової тканини, унаслідок чого жирові краплі витікають із пошкоджених клітин. Упродовж руйнування клітин і підвищення температури вивільняється і диспергує все більша кількість жиру, який необхідно зв'язати і стабілізувати, щоб запобігти руйнуванню емульсії та його подальшому виділенню з продукту [18; 19].

Основна маса жиру знаходиться у фарші у вигляді грубої дисперсної фази, і лише невелика її частина може емульгуватися в рідкому стані. Збільшення частки емульгованого рідкого жиру в емульсії може призвести до погіршення консистенції готової продукції. За температури 15...18° С жир плавиться не може, отже, не може утворитися емульсія, тому відбувається дисперсія маленьких часток твердого жиру в рідкому фарші.

На ступінь диспергування жиру впливають такі чинники, як природа жиру та його склад, температура плавлення, наявність емульгаторів, температура середовища, характер подрібнення, ступінь руйнування жирових клітин [19].

Молекули розчинених білків, як поверхнево-активних речовин, адсорбуються з непереривчастої рідкої фази (водні розчини білкових, низькомолекулярних органічних і неорганічних речовин) на поверхні подрібнених жирових часток, орієнтуючись гідрофобними угрупованнями до жиру, гідрофільними — до водної фази. У результаті довкола часток жиру утворюється адсорбційна плівка, яка утримує жир у диспергованому стані. Із подальшим подрібненням фаршу ступінь диспергування і загальна площа поверхні жирових часток збільшуються, тому для зв'язування жиру необхідна достатня кількість водно-білкової фази. У разі дуже тонкого подрібнення жиру кількість розчиненого білка може виявитись недостатньою, тоді частина жирових часток залишиться не вкритою плівкою емульгатора. Надмірне підвищення температури за цих умов може викликати часткову денатурацію і руйнування білкових плівок, у тому числі від механічного впливу під час подрібнення і перемішування, що знижує стійкість емульсії. Кількість жиру і води, а також ступінь подрібнення сировини визначають необхідну кількість розчинного білка для утворення стабільної м'ясної емульсії [18; 19].

На підставі аналізу літературних даних щодо практичного досвіду одержання м'ясних емульсій [18; 19; 21; 24; 95] нами узагальнено характеристичні ознаки їх складу і стану залежно від ступеня подрібнення сировини (табл. 1.4), який суттєво впливає на механізм їх утворення та визначає чинники, що зумовлюють формування властивостей.

Розглянуті загальні фізико-хімічні основи механізму одержання м'ясної емульсії мають певні характеристичні особливості залежно від ступеня подрібнення м'ясної сировини, з яких доцільно виділити такі:

- неоднаковий характер змін морфологічної структури м'ясних волокон за умов технологічної операції подрібнення: тонкого — зруйнована (м'язові волокна зруйновані, сполучна тканина розволоknена); дрібного — частково або повністю збережена (розрив, зминання м'язових волокон, подрібнення сполучної тканини);

- різний ступінь диспергування жиру: за умов тонкого подрібнення жир диспергований; дрібного — знаходиться в майже не диспергованому стані;

- різні умови контактування і взаємодії часток дисперсної фази між собою: у разі тонкого подрібнення — ускладнені за високого вмісту води; дрібного — сприятливі за відносно невисокого вмісту води;

- різний ступінь екстракції й набухання білків: за умов тонкого подрібнення — інтенсивний, за дрібного — низький;

- різна міцність зв'язків білок–жир відносно часток переривчастої фази (із дрібним подрібненням — вище, ніж у часток переривчастої фази між собою).

Таблиця 1.4 – Порівняння характеристичних ознак складу і стану м'ясних емульсій залежно від ступеня подрібнення м'ясної сировини

Показник	Характеристична ознака м'ясної емульсії на основі м'ясної сировини зі ступенем подрібнення	
	дрібний	тонкий
Співвідношення коефіцієнтів жир:білок і волога:білок	Обмежений (0,7...1,3):(2,5...4,5)	Значний (0,8...2,0):(3,0...6,0)
Морфологічна (клітинна) структура м'язових волокон	Частково або повністю збережена	Зруйнована
Ступінь диспергування жиру, $\cdot 10^6$ м	Низький (подрібнений, майже не диспергований) 50,0...75,0	Максимально високий (диспергований) 0,1...10,0
Вигляд на розрізі за даними візуального огляду	Фрагменти морфологічних елементів, структурні елементи сполучної тканини, жирові частки; рихлість.	Гомогенізований із фрагментами морфологічних елементів зі зменшеними лінійними розмірами.
мікроструктурного аналізу	Частки є неоднорідними за складом, розміром, формою. Гідратовані білкові міцели, жирові частки, що інкапсульовані структуроподібною білковою оболонкою, фрагменти зруйнованих м'язових волокон, жирові клітини, обривки і шматочки сполучної тканини	Жирові частки, що інкапсульовані структуроподібною білковою оболонкою і рівномірно розподілені у структурованому матриксі, у комірках якого — морфологічні елементи зі зменшеними лінійними розмірами

Узагальнивши викладене вище, можна констатувати, що фізико-хімічна суть одержання м'ясної емульсійної структури, власне м'ясної емульсії, полягає в утворенні структурованого білкового матриксу, в якому рівномірно розподілені інкапсульовані структуроподібною білковою оболонкою жирові частки, морфологічні елементи м'ясних волокон, та пов'язана, головним чином, з операціями подрібнення і перемішування, унаслідок яких відбуваються зміни морфологічної структури тканин, розволокнення окремих структурних елементів,

екстракція розчинних міофібрилярних і саркоплазматичних білків, їх гідратація і розчинення, диспергування жиру, зв'язування води.

Отже, основний принцип емульгування — створення стабільної взаємодії часток у системі жир–вода–білок — матиме пріоритетне значення для одержання м'ясної емульсії на основі як дрібно, так і тонкоподрібненої сировини.

Механізм одержання м'ясних емульсій надалі слід розглядати на мікрорівні з точки зору основних фізико-хімічних процесів, що перебігають упродовж емульгування. Загалом він полягає в рівномірному розподілі гідратованих білкових міцел і жирових часток у вигляді безлічі дрібних крапель у водному розчині білків і низькомолекулярних речовин. За такого розподілу поверхня диспергової фази значно збільшується, а протидіє цьому процесу енергія, спрямована паралельно поверхні (поверхневий натяг). Диспергування однієї рідини в іншій може бути здійснене двома способами: прикладанням механічної енергії і за допомогою фізико-хімічної енергії певних речовин — емульгаторів, що є поверхнево-активними речовинами (ПАР). Солерозчинні білки м'яса є ПАР природного походження. Маючи дифільну структуру, їх молекули адсорбуються на поверхні поділу фаз, знижуючи поверхневий натяг і тим самим полегшуючи роботу диспергування жиру у водно-білковому розчині. Відповідно до закону Гіббса [98–100], молекули ПАР адсорбуються на поверхні поділу фаз завдяки існуванню неврівноважених молекулярних сил поверхневого шару й утворюють найтонший адсорбційний шар, що різко змінює інтенсивність молекулярної взаємодії дотичних часток. Однак зниження поверхневого натягу є необхідною, але недостатньою умовою для утворення стійких емульсій, які повинні бути досить стабільні до термічного, механічного і часового впливу. Тому стабілізація емульсій є більш важливою функцією емульгатора, ніж полегшення початкового диспергування [101; 102].

Проблема стійкості концентрованих емульсій є однією з найважливіших у фізико-хімії дисперсних систем. Вона пов'язана зі з'ясуванням умов, необхідних для тривалого рівномірного розподілу тонкоподрібненої дисперсної фази в дисперсійному середовищі, розмежованих міжфазною поверхнею поділу, оскільки основні процеси в емульсіях відбуваються на поверхнях поділу між двома рідинами.

Емульсії є дисперсними системами, що мають великий запас вільної енергії, і тому є термодинамічно нестійкими. Значна питома поверхня дисперсної фази створює надлишок поверхневої енергії, яка згідно з другим законом термодинаміки прагне до найменшого значення, що пов'язано зі зменшенням поверхні поділу між частками і середовищем. Це викликає перехід системи в такий стан, коли частки зв'язуються під дією молекулярних сил в агрегати, що наприкінці призводить до розшарування системи з перетворенням її на дві об'ємні фази з мінімальною поверхнею поділу. З'ясування умов і чинників, що забезпечують міцність одержуваних емульсій, є загальною проблемою емульгування [103–105].

За Песковим Н.П. [106], розглядають два види стійкості дисперсних систем: стійкість до осадження дисперсної фази і стійкість до агрегації її часток. Перший вид стійкості, седиментаційна, характеризується здатністю дисперсної системи зберігати рівномірний розподіл часток дисперсної фази в об'ємі дисперсійного середовища. Основною причиною цього процесу є різниця густини масляної і водної фаз, що призводить до утворення шару концентрованої емульсії. Швидкість седиментації залежить від розміру часток дисперсної фази, в'язкості дисперсійного середовища і різниці густини дисперсної фази і дисперсійного середовища. Вона тим менша, чим менший розмір часток дисперсної фази і чим більша в'язкість дисперсійного середовища.

Іншим видом стійкості є агрегативна стійкість. Вона виявляється у здатності системи протистояти процесу укрупнення часток, який відбувається внаслідок самочинного зниження поверхневої енергії системи [107; 108].

Укрупнення часток може відбуватися двома шляхами: ізотермічною перегонкою і коагуляцією. Ізотермічна перегонка полягає в перенесенні речовини від дрібних часток до великих, оскільки хімічний потенціал останніх менше (ефект Кельвіна). Унаслідок цього дрібні частинки поступово розчиняються, а великі — зростають.

Загальний і найбільш характерний для дисперсних систем шлях укрупнення часток — коагуляція — полягає у злипанні та злитті часток. Більш вузько коагуляція визначається як злипання часток, злиття — коалесценція. Першим етапом коагуляції є зближення часток дисперсної фази і їх взаємна фіксація на невеликій відстані одна від одної. Між частками залишаються прошарки середовища. У результаті утворюються або флокули (флокуляція — утворення агрегатів із декількох часток, розділених прошарками середовища), або коагуляційні структури, що відрізняються рухливістю часток одна відносно одної під дією порівняно невеликих навантажень (місця контактів розділені прошарками середовища). Більш глибокий процес коагуляції призводить до руйнування прошарків середовища і безпосереднього контакту часток, у результаті якого відбувається повне їх злиття — коалесценція.

Стабілізація емульсій є складним процесом через те, що в ньому беруть участь чинники, стабілізуюча дія кожного з яких виявляється за певних умов. До чинників, що впливають на утворення стійких емульсій, належать такі: кінетична стабілізаційна дія адсорбційних шарів; ентропійний та електростатичний чинники стабілізації; утворення на поверхні крапель структурованих гелеподібних шарів з високою структурною в'язкістю, пружністю і міцністю за одночасної сольватованості поверхні таких оболонки дисперсійним середовищем [109–111]. Ураховуючи специфіку внеску кожного чинника, можна сформулювати загальні вимоги до емульгаторів для одержання стійких концентрованих

емульсій: вони повинні характеризуватися одночасно поверхневою активністю і здатністю утворювати структуровані колоїдно-адсорбційні шари.

Міцні висококонцентровані системи можна одержувати тільки тоді, коли адсорбційні шари спільно з сольватною оболонкою мають високу структурну в'язкість. За умов близького до граничного насичення поверхнево-активними речовинами адсорбційні шари повинні бути пружними і механічно міцними на зсув. Цим вимогам відповідають близькі до насичення адсорбційні шари ПАР, які утворюють двовимірні кристалоподібні структури, до яких насамперед належать колоїдні адсорбційні шари. ПАР, які утворюють такі шари, характеризуються колоїдними властивостями і за невеликих концентрацій не утворюють структур, суттєво не змінюють поверхневий натяг на межі поділу фаз, але в адсорбційному шарі їх концентрація значна і шар має підвищену структурну в'язкість.

Вивчаючи структурно-механічні властивості адсорбційних шарів, П.А. Ребіндер і А.А. Трапезніков установили, що надмірно висока міцність структури в адсорбційному шарі може призвести до зменшення її рухливості і здатності відновлюватися, унаслідок чого знижується його стабілізуюча дія [111]. З огляду на це найкращими стабілізаторами є речовини, що характеризуються середньою гідрофільністю. Високогідрофобні емульгатори характеризуються у водному середовищі високою поверхневою активністю, але утворені ними адсорбційні шари будуть погано гідратованими, унаслідок чого в них можуть виникати крихкі розриви. Високогідрофільні емульгатори, навпаки, будуть давати легко рухливі й добре гідратовані, але недостатньо структуровані адсорбційні шари [103].

Таким чином, концентровані емульсії можуть бути стабілізовані внаслідок утворення на їх краплях гелеподібно структурованих адсорбційних шарів ліофільних колоїдів або напівколоїдів, структурно-механічні властивості яких чинять опір руйнівним чинникам.

З огляду на умови стабілізації концентрованих емульсій до емульгатора слід висунути такі вимоги: емульгатори повинні насичувати межу поділу фаз, що можливо за наявності в них поверхнево-активних властивостей і здатності адсорбуватися на поверхні поділу, тобто знижувати поверхневий і міжфазний натяг фаз, що не змішуються; емульгатори повинні або заряджати частки таким чином, щоб вони взаємно відштовхувалися, або утворювати стабільний високов'язкий шар навколо частинок [112].

Таким чином, підбір емульгаторів відповідної природи, колоїдно-хімічних і міцелярних властивостей, що реалізують певні механізми емульгування, дозволить спрямовано впливати на функціонально-технологічні, фізико-хімічні й органолептичні властивості м'ясних січених виробів.

1.3. Перспективи використання емульгаторів у технологіях м'ясних січених виробів

Удосконалення та розвиток принципово нових ресурсозберігаючих технологій, комплексне використання тваринної сировини, створення нових видів продукції з високими споживними властивостями знайшли розвиток, головним чином, у напрямі вдосконалення рецептурного складу і лише опосередковано та частково вирішували проблему стійкості м'ясних емульсій [17–20; 53; 91; 113]. Ефективні шляхи її вирішення передбачають визначення фізико-хімічних механізмів стабілізації і знаходяться в площині пошуку технологічних рішень щодо одержання стандартизованої продукції з високими споживними властивостями за допомогою поверхнево-активних речовин (ПАР) — емульгаторів.

Роль емульгаторів у харчових системах складно переоцінити: диспергування (емульгування й піноутворення), солюбілізація, комплексоутворення з крохмалем, взаємодія з білками, зміна в'язкості, змочування, змазування. Як харчові емульгатори раніше застосовувалися тільки натуральні речовини, зокрема яечний білок, природний лецитин, сапоніни. Нині найпоширенішими є моно- і діацилгліцерини жирних кислот (E471), естери гліцерину, жирних і органічних кислот (E472), лецитини, фосфатиди (E322), амонієві солі фосфатидлової кислоти (E442), полісорбати, Твіни (E432–E436), естери сорбітану, Спени (E491–E496), естери полігліцерину і взаємоестерифікованих рицинолевих кислот (E476), естери сахарози і жирних кислот (E473), стеароїллактати натрію (E481) і кальцію (E482) [114–116].

Виробництво м'ясної продукції емульсійної структури передбачає можливість використання сировини з підвищеним вмістом жиру, а значна частина добавок не має повного набору функціональних властивостей, необхідного для сучасних емульгаторів, стабілізаторів, і тому не в змозі забезпечити бажану стійкість емульсії в такій складній системі, як білок–жир–вода [18–20].

На часі широкого використання знайшли ліпофільні неіоногенні ПАР ацилгліцеринної природи [116–118] моно- і діацилгліцерини жирних кислот (МАГ, ДАГ ЖК) — E471 і їх похідні E472(a–g) (табл. 1.5). Молекули МАГ і ДАГ мають дифільну будову і містять полярні гідрофільні (гідроксильні –ОН, естерні –ОСО–) і неполярні гідрофобні (вуглеводневі радикали) групи атомів, зв'язані сполучною ланкою, але відділені одна від одної й розташовані на протилежних кінцях молекули.

МАГ і ДАГ завдяки наявності вільних гідроксильних груп виявляють більш виражений гідрофільний характер, ніж триацилгліцерини (ТАГ). Гідрофільні групи МАГ і ДАГ зумовлюють їх розчинність у полярних розчинниках (ізопропанол, етанол, ацетон, метанол та ін.); гідрофобні вуглеводневі радикали — у неполярних (гексані, петролейному етері та ін.). У воді МАГ і ДАГ є нероз-

чинними, але диспергуються, зокрема до розплавів насичених МАГ можна ввести 20...50% води, ненасичені МАГ зв'язують більше води, ніж насичені [112; 119; 120].

Таблиця 1.5 – Номенклатура і властивості емульгаторів ацилгліцеринної природи, що використовуються в технологіях харчової продукції

Код	Хімічний склад емульгатора	МДР ¹ , мг/кг	ГЛБ	Розчинність	
				масло	вода
E471	МАГ, ДАГ ЖК	GRAS	3–4	р	д
E472a	Естери оцтової кислоти і МАГ, ДАГ ЖК	GRAS	2–3	р	н
E472b	Естери молочної кислоти і МАГ, ДАГ ЖК	GRAS	4–5	р	н
E472c	Естери лимонної кислоти і МАГ, ДАГ ЖК	GRAS	4–12	р	н
E472d	Естери винної кислоти і МАГ, ДАГ ЖК	0...30	–	р	н
E472e	Естери діацетилвинної кислоти і МАГ, ДАГ ЖК	0...50	8–10	р	д
E472f	Змішані естери винної й оцтової кислот і МАГ ЖК	0...30	8–10	р	д
E472g	Естери бурштинової кислоти і МАГ ЖК	0...30	–	р	н

Примітка. МДР – межа допустимого розміру; GRAS – статус безпечних добавок, що застосовуються без обмежень (*Generally Regarded As Safe* – абсолютно безпечно); р – розчиняються; н – не розчиняються; д – диспергуються

МАГ, ДАГ, які є низькомолекулярними емульгаторами, діють шляхом часткового або повного витіснення білків з поверхні поділу масло–вода, оскільки під час насичення поверхні поділу міжфазний натяг зазвичай стає меншим, ніж у разі насичення білками. Таке заміщення є вигідним з точки зору ентропії у зв'язку з різницею розмірів і рухливості цих речовин. Пряма взаємодія емульгаторів і білків може відбуватися шляхом утворення електростатичних і водневих зв'язків. У разі наявності МАГ, ДАГ на гідрофобних поверхнях жирових часток під час контакту з водними розчинами відбувається формування й утворення чітко виражених адсорбційних шарів з МАГ, ДАГ [112].

Більшість промислових емульгаторів E471 мають показник гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ) на рівні 3,0...5,6, виявляючи гідрофобну здатність, що робить їх ефективними емульгаторами, стабілізаторами, розпушувачами, текстуроутворювачами у виробництві маргаринів, столових жирів, бульйонів, супів, шоколаду, хлібобулочних, кондитерських виробів і цукерок, напоїв, морозива і заморожених десертів, харчових сумішей для дітей тощо [119; 121; 122].

У м'ясних емульсіяx ефективність емульгаторів проявляється за величини ГЛБ в інтервалі від 8 до 10 [112], від 10 до 18 [18], тобто вони повинні бути більш гідрофільними, ніж поширені E471. Хазенхютль Д. [112] відзначає, що, розглядаючи механізми емульгування за наявності цих емульгаторів, слід також брати до уваги таку суттєву властивість МАГ, як залежність функціональних характеристик від форми кристалізації, оскільки показник ГЛБ це не враховує.

Сумісні з ліпідами МАГ і ДАГ посилюють дію антиоксидантів у стабілізації окисної деструкції ліпідів, сприяючи збереженню харчової цінності жиру. Їх активність як інгібіторів є результатом передачі ланцюгів і регенерації жирнокислотних ліпідних залишків [123]. Відзначено переваги використання МАГ соняшникової олії, як абсолютно безпечних компонентів, для стабілізації якості жирів [123].

Використання емульгаторів E471 у технологіях м'ясної продукції сприяє організації більш налагодженого, простого, економічного виробництва; створенню продукції стандартної якості, у тому числі після тривалого зберігання, а також в умовах зростання обсягів м'ясної сировини з низькими функціонально-технологічними властивостями. Ефективність їх застосування в технологіях м'ясних паштетів, фаршів, варених і ліверних ковбас пов'язана з підвищенням стабільності емульсії, поліпшенням консистенції й товарного вигляду готової продукції, відсутністю стороннього (жирного) присмаку, можливістю використання в рецептурі більшої кількості жирної сировини, підвищенням стійкості виробів до впливу несприятливих чинників під час зберігання тощо [18; 122; 124].

На підставі аналітичних досліджень ринку емульгаторів ацилгліцеринної природи і багатофункціональних сумішей [112; 124–128] визначено основних виробників, склад і галузь їх застосування (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Склад і галузь застосування емульгаторів і багатофункціональних сумішей

Назва	Виробник	Склад	Галузь застосування
1	2	3	4
GMS 40	ТОВ НВП «Електрогазохім», Україна	E471	Кондитерська, цукрова, парфумерно-косметична
МГД 1 МГ-ЛК	ОАО «НМЖК», Російська Федерація	E471 E472c	М'ясопереробна
Румікс EM3	«Платинум Абсолют», Російська Федерація	E471, E472c, E407, E412, E415, E466	М'ясопереробна (паштети, ліверні ковбаси)
Румікс EM1		E471	М'ясопереробна
Румікс EM4		E471, E472c	М'ясопереробна (напівфабрикати, жирові емульсії)

1	2	3	4
Майверол 18-04 К	«Керрі Біо-Сайєнс», Голандія	E471 (насичені МГД, 95%)	Олійно-жирова (маргарини, спреди)
Майверол 18-50 PL		E471 (ненасичені МГД, 93%)	
Riken DMG PV	«Riken Vitamin», Японія	E471 (пальмової олії)	М'ясопереробна; виробництво морозива, кондитерських, борошняних виробів
Riken DMG SF		E471 (олії)	
Rimulsoft Super		E471 (пальмової олії)	
Cegemet MLZ 340	«COGNIS», Німеччина	E471, E450	М'ясопереробна (варені ковбаси, сосиски, сардельки)
LE 3		E472c	М'ясопереробна (ліверні ковбаси, паштети, жирові емульсії)
LE 5		E471, E472c	М'ясопереробна (усі види ковбас, шинка, консерви)

Асортимент емульгаторів на вітчизняному ринку представлено закордонною продукцією, у тому числі продукцією єдиного в Росії виробника харчових ПАР — Нижньогородського олійно-жирового комбінату (рос. НМЖК). Для виробництва м'ясопродукції випускаються моногліцериди дистильовані марки 1 (МГД 1); моногліцериди лимонікислі (МГ-ЛК). На українському ринку емульгатори НМЖК пропонуються найчастіше для виробництва бісквітних тортів, рулетів, кексів, цукрового печива. В Україні єдиним вітчизняним виробником МАГ — моностеарату гліцерину GMS 40 є ТОВ НВП «Електрогазохім», яке не може забезпечити в повному обсязі потреби підприємств України в МАГ.

Французька компанія «Дегусса Текстурант Системс» пропонує широкий асортимент добавок для м'ясних виробів, серед них — емульгатори Sugin для використання в технології сосисок, сардельок, варених ковбас із метою стабілізації емульсій, підвищення вологоутримувальної здатності, зниження ефекту відсікання вологи в упакованій під вакуумом продукції [126]. Німецькі емульгатори Cegemetт широко використовуються у виробництві варених ковбас та інших виробів [124].

Деякі емульгатори, розчиняючись у воді й жирі, є емульгаторами як зворотної, так і прямої дії. Наприклад, емульгатори Римульсофт Супер (дистильовані МАГ) японської компанії «Riken Vitamin», складаються з двох видів емульгаторів (на основі насичених і ненасичених жирів), мають поверхню у вигляді мікрокристалів і легко диспергують у воді, на відміну від звичайних МАГ [122; 126].

Емульгатори-стабілізатори «Румікс» у вигляді багатофункціональних сумішей із високою емульгувальною здатністю покращують консистенцію, товарний вигляд готової м'ясної продукції, знижують брак за рахунок зменшення ризику утворення бульйонно-жирових набряків, знижують ефект відсікання вологи й жиру в упакованій під вакуумом продукції. Аналогічні багатофункціональні композиційні емульгатори «Альфа-Гель МКИ», «Альфа-Гель 475», «Альфа-Гель 477» створено в Московському державному університеті харчових виробництв як універсальні емульгатори для борошняних кондитерських виробів [18].

Результати аналізу даних щодо пропозицій та попиту на емульгатори ацилгліцеринної природи на українському ринку харчових інгредієнтів свідчать про широке їх використання в парфумерній, кондитерській, цукровій галузях і незначне — у виробництві м'ясних січених виробів. Вітчизняних виробників м'ясної продукції більше приваблюють системи для стабілізації [125; 127–129], що, імовірно, зумовлено відсутністю конкретних пропозицій щодо використання емульгаторів E471, а також корективами в асортиментній лінійці м'ясної продукції, пов'язаними з тенденцією суттєвого зниження собівартості продукції, навіть за рахунок зниження якості.

Пропозиції (табл. 1.6) виробників щодо використання E471 (Румікс EM1, Riken DMG SF, Rimulsoft Super) у м'ясопереробній галузі найчастіше не уточнюються. Тільки деякі виробники E471 (Segemet MLZ 340) дають рекомендації щодо їх використання у виробництві варених ковбас, сосисок, сардельок [124]. Суміші двох емульгаторів E471 і E472c пропонуються для виготовлення шинки, січених напівфабрикатів, паштетів і ліверних ковбас.

Поряд з емульгаторами і багатофункціональними сумішами у технологіях м'ясної продукції використовуються комплексні добавки, до складу композицій яких, крім емульгаторів, можуть входити інші добавки та інгредієнти.

Аналіз джерел [229–235] показав широке використання комплексних добавок у технологіях м'ясних продуктів емульсійної структури: січених напівфабрикатів, варених ковбас, сосисок, сардельок, м'ясних хлібів, ліверних ковбас і паштетів (табл. 1.7).

Багато компаній пропонують високоякісні емульгатори, спеціально розроблені для м'ясного виробництва. Так, компанія «Віанокс» [229] пропонує емульгатори, склад яких не наводить, які ефективно діють у січених напівфабрикатах із високим вмістом жирної сировини і напівфабрикатах, які за технологією обжарюють (котлети, чебуреки тощо). Емульгатори рекомендовано додавати кількістю 0,2...0,8% у сухому вигляді разом із жирною сировиною. Вони дозволяють підвищити якість готових продуктів і вирішити проблеми, що постають під час переробки жирної м'ясної сировини. Із додаванням емульгаторів значно поліпшується якість фаршевої емульсії. До вагомих переваг їх викорис-

тання виробники відносять підвищення стабільності емульсії; поліпшення консистенції, смаку і товарного вигляду готового продукту; можливість застосування в рецептурі більшої кількості жирної сировини; зниження втрат під час термообробки і збільшення виходу готового продукту; стабілізація якості продукції в разі використання м'ясної сировини, що може викликати коливання технологічного процесу; підвищення стійкості продуктів до впливу несприятливих чинників в умовах зберігання.

Таблиця 1.7 – Використання комплексних добавок у технологіях м'ясних виробів

Вид м'ясної продукції	Найменування добавки	Склад добавки	Рекомендації з використання
1	2	3	4
Компанія ООО «Агропродукт», Україна			
Варені ковбаси, сосиски, сардельки, варено-копчені, напівкопчені ковбаси	«Комбі Агромікс Е-4»	Тваринні білки, карагінан Е407, емульгатор Е471, гуарова камедь Е412	У сухому вигляді до м'ясної сировини з будь-яким рівнем заміни 5...20 г/кг
Lay Gewurze, Німеччина			
Січені напівфабрикати	«ЦейлоБінд ALG»	Емульгатор на основі альгінатів «ЦейлоБінд ALG»	У суміші з водою, емульгатор:вода:м'ясо – 1:10:10 або 1:20:20
Торгова компанія «СТАР», Російська Федерація			
Варені ковбасні вироби, реструктуровані шинки, напівкопчені і варено-копчені ковбасні вироби	Стабілізатор-емульгатор «Стар-Гель 30»	Карагінан Е407, ізольований сполучнотканинний білок, гуарова камедь Е412, карбоксиметилцелюлоза Е466, моно-, дигліцериди жирних кислот Е471, конжак Е425, молочний білок	У сухому вигляді, емульгатор:вода:м'ясо – 1:10:10 або 5...20 г/кг
Компанія «ВАН ХЕЕС ГмбХ», Німеччина			
Січені м'ясні напівфабрикати, варені ковбаси, сосиски, сардельки, ліверні ковбаси та паштети	«Лемаль»	Декстроза, натрій альгінат Е401	У вигляді емульсії м'ясних гранул до 25%
Варені ковбасні вироби, січені напівфабрикати	«Лемаль Хай Перформанс»	Натрій альгінат Е401, целюлоза Е460, гуарова камедь Е412, натрій дифосфат Е450, кальцій сульфат Е516	У сухому вигляді до м'ясної сировини до 35%

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4
Варені ковбасні вироби	«Лемаль Стабілізирунг ТТ»	Карагінан Е407, рисове борошно (з глютенем), натрій дифосфат Е450, гуарова камедь Е412	У сухому вигляді до фаршу 25 г/кг
Паштети і ліверні ковбаси	«Лемаль ГЦ 17»	Рисове борошно, гуарова камедь Е412, молочний білок, рослинний білок, пшеничне борошно	У вигляді жирової емульсії емульгатор:вода:жирна сировина – 1:17:17. У сухому вигляді – до 30%
Варені ковбасні вироби, делікатеси	«Лемаль СМХ»	Сироваткові і молочні білки, загусник Е415	У сухому вигляді до фаршу (5...20 г/кг). До розсолу для 50% ін'єкції – 1,5%
Ліверні ковбаси, паштети, консерви	«Лемаль універсальний»	Емульгатори Е472е, Е472b, Е472с	У сухому та розчинному вигляді до фаршу 3...5 г/кг
Ліверні ковбаси, паштети, консерви	«Лемаль Лему 80»	Емульгатори Е471, Е472	У сухому та розчинному вигляді до фаршу 3...5 г/кг
Компанія «Аромарос-М»			
Ковбасні вироби та напівфабрикати	«Премікс 33 ВС екстра»	Стабілізатори (Е401, Е415), тваринний білок, концентрат молочного білка, емульгатор Е471, глюкоза	У сухому вигляді додають на стадії опади або після формування емульгатор:вода:м'ясо – 1:10:10
Варені ковбасні вироби	«Премікс 33 ВС універсальна»	Загусники, стабілізатори, емульгатори та препарати на основі тваринних білків	У сухому вигляді додають безпосередньо до ковбасного фаршу на стадії закладки вологоутримувальних інгредієнтів 20% до маси ковбасного фаршу або 0,2...0,3 кг на 100 кг сировини
Варені, напівкопчені та варенокопчені ковбаси	«Премікс 33 ВС люкс»	Стабілізатори (Е401, Е466, Е410, Е415), концентрат молочного білка, емульгатор 471, барвник Е171	У розчинному вигляді емульгатор:вода:м'ясо – 1:20:20

Більшість комплексних добавок для м'ясних виробів є комерціалізованими, і фірми-виробники не розкривають їх склад і не називають застосовані емульгатори. У табл. 1.7 наведено більш розгорнуту характеристику комплексних добавок з емульгаторами, яка включає певну розшифровку складу і рекомендації з використання.

Спеціалісти компанії Lay Gewurze [230] у виробництві м'ясних напівфабрикатів відзначають доцільність використання разом із комплексним препаратом «ЦейлоБінд ALG» (емульгатором на основі альгінатів) олії та жирів. Виготовлені на їх основі емульсії є термостабільними й не плавляться під час термообробки. За технологією виробництва м'ясної емульсії до кутера спочатку вводиться вода кількістю, визначеною в рецептурі (холодна — у разі приготування м'ясних гранул, холодна або гаряча — для імітаційного шпику), і під час перемішування додається емульгатор, після чого обробка в кутері триває за великої швидкості обертання ножів до утворення дисперсії (2...3 хв залежно від типу обладнання). Потім до кутера вноситься розморожена м'ясна сировина, шпик або куряча шкурка (попередньо подрібнена до розмірів 5...8 мм), або олія чи жир і триває кутерування за максимальної швидкості обертання ножів протягом 4...6 хв. Приготовану суміш вивантажують у місткості й залишають на зберігання протягом 8...12 год за температури 2...4° С. Одержана таким чином емульсія достатньо термостабільна і має високу вологозв'язувальну здатність: м'ясні гранули — 99,93% до загальної вологи, контрольний зразок (м'ясо яловичини) — 97,03%. Залежно від бажаної густини суміш виготовляють за співвідношення сировина:вода:емульгатор, що дорівнює 10:10:1 чи 20:20:1. Під час заморожування вода не відділяється, що робить імітаційне м'ясо придатним для виробництва заморожених січених напівфабрикатів; емульсія зберігає свою форму, консистенцію і щільність в умовах термообробки, у тому числі під час смаження і запікання. Активність води м'ясних гранул істотно нижча, ніж у м'яса, що є бажаним чинником з точки зору уповільнення розвитку мікробіологічного псування. Показник рН імітаційного м'яса практично не відрізняється від показників натурального і більш стабільний під час зберігання. Це позитивно впливає як на вихідні органолептичні та фізико-хімічні показники продукту, так і на органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники в процесі зберігання. Як показують результати органолептичної оцінки січених напівфабрикатів, продукти, вироблені за традиційною рецептурою, і продукти з додаванням замість основної сировини до 30% «штучного» м'яса практично не відрізняються. Вироби з повною заміною основної сировини (зокрема яловичини) на імітаційне м'ясо за наявності всіх інших компонентів рецептури відрізняються більш ніжною консистенцією і меншою щільністю.

Компанія «ВАН ХЕЕС ГмбХ» [231; 232] пропонує добавки ряду «Лемаль» для січених м'ясних напівфабрикатів, варених ковбас, сосисок, сарделок, ліверних ковбас, паштетів та ін. До складу однойменної добавки входять декстроза, натрій Е401 альгінат. До рецептури можна вводити емульсії у вигляді м'ясних гранул кількістю до 25%. Термічно стабільна емульсія містить одну частку емульгатора АТ20, 10 — м'ясної сировини, 2 — сухого молока, 15 — води (за виключенням солі).

Емульгатор «Лемаль Хай Перформанс» («Лемаль ХП») використовують для одержання термічно стабільних емульсій підвищеної функціональності. До його складу входять натрій альгінат E401, целюлоза E460, гуарова камедь E412, натрій дифосфат E450, кальцій сульфат E516. Для варених ковбасних виробів, січених напівфабрикатів добавка використовується у вигляді м'ясних гранул кількістю до 35%. М'ясна емульсія, яка містить 1 частку «Лемаль ХП», 8 — м'ясної сировини, 2 — сухого молока, 29 — води, вводиться безпосередньо під час фаршоскладання.

«Лемаль Стабілізірунг ТТ» є емульгатором, стабілізатором для варених ковбасних виробів із високою заміною м'ясної сировини. До його складу входять: карагінан E407, рисове борошно (із глютенном), натрій дифосфат E450, гуарова камедь E412. Він додається до фаршу в сухому вигляді.

Добавка «Лемаль СМХ» використовується для ущільнення консистенції делікатесів (особливо свинячої грудинки) і складається із сироваткових і молочних білків, загусника E415. Додається в сухому вигляді до фаршу (5...20 г/кг) або до розсолу (1,5%) для 50% ін'єкції. Для поліпшення смаку, текстури, консистенції готових варених ковбасних виробів додається 5...25 г/кг добавки.

Емульгатор «Лемаль ГЦ 17» містить рисове борошно, загусник E412, молочний і рослинний білок, пшеничне борошно. Він застосовується у вигляді жирової емульсії, що складається з 1 частки «Лемаль ГЦ 17», 17 — жирної сировини, 17 — води. У рецептурі продукту може бути до 30% такої емульсії. Для паштетів і ліверних ковбас емульгатор використовується в сухому вигляді.

«Лемаль універсальний» складається з добавок E472e, E472b, E472c і є емульгатором для ліверних ковбас, паштетів, консервів. Використовується для виготовлення ліверної ковбаси тонкого (3...5 г/кг) і грубого (5 г/кг) подрібнення в сухому або розчиненому вигляді (1 частка «Лемаль» і 4 частки води). «Лемаль Лему 80», який складається з добавок E471 і E472, також використовується як емульгатор для ліверних ковбас, паштетів, консервів.

Дія добавок ряду «Лемаль» пов'язана з низкою переваг, серед них: підвищення вологоутримувальної здатності фаршу, виходу готового продукту, зниження втрат під час термообробки; підвищення стійкості продуктів до впливу несприятливих чинників, забезпечення стабільності органолептичних показників продукту у процесі зберігання [231; 232].

У виробництві варених ковбасних виробів, реструктурованих шинок, напівкопчених і варено-копчених ковбасних виробів рекомендують використовувати комплексну харчову добавку «Стар-Гель 30» [233], яка складається з карагінану E407, ізольованого сполучнотканинного білка, гуарової камеді E412, карбоксиметилцелюлози E466, моно-, діацилгліцеринів жирних кислот E471, камеді коньяк E425 (конжак), молочного білка. Стабілізатор-емульгатор «Стар-Гель 30» характеризується високими вологозв'язувальними, стабілізаційними й

емульгувальними властивостями, підвищує вихід готової продукції, знижує собівартість, знижує ризик утворення бульйонно-жирових набряків, поліпшує щільність і товарний вигляд готової продукції. Добавка «Стар-Гель 30» застосовується в сухому вигляді на стадії обробки нежирної м'ясної сировини під час гідратації водою 1:20 та у складі білково-жирових емульсій. Жирові емульсії, виготовлені з використанням «Стар-Гель 30», знижують собівартість ковбасних виробів за рахунок економії м'ясної сировини, мають гарні емульгувальні властивості, термостабільні та зберігають щільну структуру під час нагрівання і заморожування.

Спеціалісти компанії ООО «Агропродукт» [234] у виробництві варених ковбас, сосисок, сардельок рекомендують використовувати комплексну емульгувальну суміш «Комбі Агромікс Е-4», що містить тваринні білки, карагінан Е407, емульгатор Е471, гуарову камедь Е412. Емульгувальна суміш може утворювати стійку тверду жирову емульсію і порівняно з тваринними білками має вищу емульгувальну здатність. Комплексну суміш на основі тваринного білка використовують як емульгатор, структуроутворювач кількістю до 1% від основної сировини, у ліверних ковбасах та паштеттах — до 3%. На основі добавки можна виготовляти водно-жирові емульсії за співвідношення 1:16:16. Переваги використання добавки пов'язані з високою вологоутримувальною здатністю фаршу, збільшенням виходу готового продукту, зниженням втрат під час термообробки, підвищенням стійкості продуктів до впливу несприятливих чинників, стабільними органолептичними показниками продукту в процесі зберігання.

Спеціалістами компанії «Аромарос-М» розроблено [235] ряд комплексних добавок «Премікс»: «Премікс 33ВС люкс», «Премікс 33ВС екстра», «Премікс 33ВС універсальна» та ін.

Комплексна добавка для м'ясних продуктів «Премікс 33 екстра» є складною композицією емульгаторів, вологоутримувальних інгредієнтів, білків тваринного походження і вуглеводів. Функціональний склад добавки дозволяє підвищувати ВУЗ м'яса у разі додаткового введення води за незмінних структурно-механічних властивостей, а також сприяє швидкому формуванню структури продукту на стадії опади або після формування. Добавка призначена для вдосконалення попередньої підготовки м'ясної сировини у виробництві ковбасних виробів і м'ясних напівфабрикатів.

Функціональна добавка «Премікс 33 ВС універсальний» призначена для корекції виходу і структури готового м'ясного продукту у виробництві варених ковбасних виробів. Добавка містить загусники, стабілізатори, емульгатори та препарати на основі тваринних білків, що дозволяють використовувати її як високорентабельний наповнювач у рецептурах емульгованих ковбасних виробів.

Добавка «Премікс 33ВС люкс» складається із стабілізаторів (Е401, Е466, Е410, Е415), концентрату молочного білка, емульгатора Е471, барвника Е171,

що дозволяють одержувати продукти з класичним смаковим профілем і стабільними органолептичними та фізико-хімічними показниками, регульованою консистенцією продукту в охолодженому і розігрітому стані. Додаток рекомендують використовувати з метою зниження собівартості продукції у виробництві імітаційного шпику, поліпшення органолептичних показників варених, напівкопчених і варено-копчених ковбас [235].

Узагальнюючи вищесказане, перевагами використання комплексних добавок можна назвати таке:

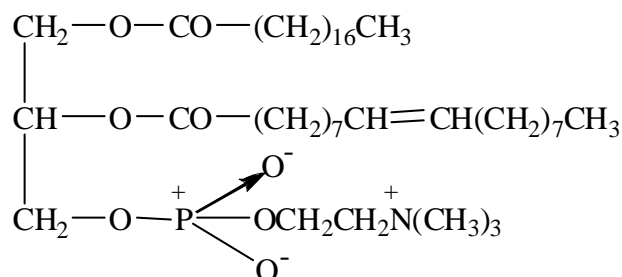
- розширення асортименту продукції;
- висока технологічність застосування;
- підвищення рентабельності та суттєве зниження собівартості продукції;
- одержання продукту гарантованої якості;
- стабілізація якості продукції за умови використання м'ясної сировини, що може викликати коливання технологічного процесу;
- можливість застосування в рецептурі більшої кількості жирної сировини;
- підвищення емульгуювальних властивостей, стабільності й термостабільності емульсії;
- підвищення стійкості продуктів до впливу несприятливих чинників в умовах зберігання;
- поліпшення консистенції і товарного вигляду готового продукту, регулювання консистенції продукту в охолодженому і розігрітому стані;
- збереження щільної структури під час нагрівання і заморожування;
- поліпшення смаку продукту за рахунок позбавлення неприємного жирного присмаку;
- збереження традиційних структурно-механічних властивостей м'ясних продуктів.

Аналіз складу харчових комплексних добавок для м'ясних емульсійних продуктів показав, що до найчастіше використовуваних добавок класу «емульгатори» належать естери гліцерину, жирних і органічних кислот (E472), моно-, діацилгліцерини жирних кислот (E471) [236]. Такі досить відомі харчові емульгатори, як лецитини (E322), які використовуються у виробництві маргарину і майонезу, до складу комплексних добавок не включаються.

Додаток E322 є речовиною природного (рослинного) походження. Основним природним джерелом лецитину (грецьк. — «яєчний жовток») є продукти, що містять велику кількість жиру: яйця, печінка, арахіс, деякі овочі та фрукти. Промислово лецитин виробляють із відходів виробництва соєвих продуктів та олії.

За хімічною будовою лецитини належать до фосфоліпідів (гліцерофосфоліпідів) і є естерами гліцерину, утвореними жирними кислотами і фосфатною кислотою. Вони містять фосфохолінове угруповання, здатне гідролізуватися з

утворенням неорганічного фосфату і четвертинної амонієвої основи — холіну $[\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+\text{OH}^-$, та два ацильних угруповання, утворених естерифікацією спиртових груп гліцерину, як правило, двома різними жирними кислотами, наприклад стеариною й олеїною. Типовий лецитин можна зобразити такою структурою:



Висока емульсійна активність лецитину зумовлює його визначну фізіологічну роль у процесах життєдіяльності, пов'язану з проникністю кліткових мембран. Він має високі поверхнево-активні властивості, ГЛБ = 4...11 і найчастіше використовується в харчовій промисловості як емульгатор та антиокисник [18]. Як і моно-, діацилгліцерини, лецитин можна запропонувати використовувати як емульгатор для виготовлення м'ясних січених напівфабрикатів, у тому числі заморожених.

На підставі аналізу пропозицій виробників емульгаторів ацилгліцеринної природи та літературних джерел [18; 117; 124; 130] робимо висновок, що їх використовують у виробництві м'ясних виробів, які мають емульсійну структуру (табл. 1.8) і в яких важливі функції дисперсії та стабілізації жирів: фаршів січених напівфабрикатів, варених ковбас, сосисок, сардельок, м'ясних хлібів, ліверних ковбас і паштетів, сирокочених ковбас із мазкою консистенцією (особливо, якщо рецептура включає рослинний жир) тощо.

Матеріали чинних стандартів і регламентів свідчать, що в системі закладів ресторанного господарства, незважаючи на сучасне технічне оснащення і його рекомендовані норми, що передбачають експлуатацію в багатьох типах закладів такого механічного устаткування, як кутери [131; 132], виробляється обмежений асортимент м'ясних січених виробів [87; 88; 131; 132].

Чинні стандарти містять значний перелік загальних методів випробування (фізико-хімічних показників, бактеріологічного аналізу та ін.) як для тієї м'ясної продукції, що виробляється в системі закладів ресторанного господарства, так і м'ясопереробною промисловістю [132]. Ураховуючи зазначене, обґрунтування поліпшення функціонально-технологічних і споживних властивостей м'ясних січених виробів можна провести, лише узагальнивши сучасні наукові досягнення, напрацьовані в обох галузях.

Таблиця 1.8 – Перспективи використання емульгаторів ацилгліцеринної природи у технологіях м'ясних виробів

Назва продукції за підприємством, що її виготовляє	Вироби, основу яких складають м'ясні емульсії	
	Прямі (м/в)	Зворотні (в/м)
Продукція системи закладів ресторанного господарства	М'ясні січені напівфабрикати високого ступеня готовності та готові вироби, страви. М'ясний фарш. Котлетна маса. Кнельна маса	Харчові емульсії — напівфабрикати для м'ясних січених виробів
Продукція м'ясопереробної промисловості	М'ясні січені напівфабрикати. Ковбаси варені, сосиски, сардельки, м'ясні хліби. Ковбаси ліверні. Ковбаси сирокочені м'якої консистенції. Паштети	Харчові емульсії — напівфабрикати для м'ясної продукції

Чинні технологічні схеми виробництва продукції з емульгаторами передбачають їх підготовку і введення до жирової фази у вигляді емульсії [18; 124]. Так, технологія з використанням E471 включає операцію приготування попередньої емульсії за температури емульгування 45...50° С, згідно з якою емульгатор розводиться гарячою водою з температурою не менше ніж 90° С для одержання розчину з температурою, більшою за 70° С, емульгується з уведеним жиром у кутері декілька хвилин. За технологією ліверних ковбас, якщо емульгування здійснюється за температур, нижчих за 70° С, передбачається приготування емульгувальної пасти E471 із гарячою водою температурою не нижче за 90° С [124].

Ефективність емульгаторів групи E471 у вищезазначеному виробництві [124] пов'язана з поліпшенням диспергування жиру; емульгуванням і стабілізацією жирових часток під час термічної обробки; покращеним вологозв'язуванням; синергістичним ефектом із фосфатами. Емульгатори забезпечують необхідну дисперсію жирових глобул під час подрібнення за низької температури, що є попередньою умовою утворення матриксу у вигляді досить правильної дрібної білкової сітки з включеннями води і жиру (рис. 1.1) [124].

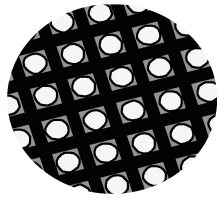


Рисунок 1.1 – Дисперсія і кристалізація жиру в білковій структурі з E471

Білкова структура з емульгатором E471 сприяє утворенню необхідної текстури, зменшенню бульйонно-жирових набряків у готовому виробі, уповільненню процесів утворення речовин, що надають виробам стороннього жирового присмаку. Під час термообробки м'ясний білок коагулює й утворює структуру у вигляді непереривчастої тривимірної сітки, в якій щільно розподілені жир і вода.

Згідно з літературними даними [18; 117; 124; 130] кількість емульгаторів групи E471, що рекомендована у виробництві м'ясної продукції, знаходиться в межах 0,5...4,0% і залежить від виду продукції та рецептури (порівняно з іншими харчовими системами: шортеннінги — 2,2...2,8%; емульсія вода–масло з масовою часткою жиру 30...65 — 0,2...2,0%).

Незважаючи на досить широку номенклатуру емульгаторів ацилгліцеринної природи [114–116], у технології їх одержання донині залишаються значні недоліки (табл. 1.9).

Таблиця 1.9 – Порівняння технологічних параметрів промислових способів одержання емульгаторів ацилгліцеринної природи

Спосіб	Технологічні параметри процесу				Вихід МАГ, %
	Температура, °С	Тиск (остаточний), кПа	Каталізатор	Тривалість, с	
Гліцероліз жирів (олій) – переестерифікація гліцерином	245	50	СаО	30-60	≥50
Естерифікація гліцерину ВЖКК	210...220	30...38	КОН або СаО	90-60	42...45
Молекулярна дистиляція	205...210	0,0013...0,0039	–	90-60	90

В основу діючих технологій [133; 134] покладено дві хімічні реакції: гліцероліз жирів (переестерифікація гліцерином) та естерифікація гліцерину високомолекулярними жирними кислотами (ВЖКК), що в промисловості здійснюються за температур 210...245° С. Після закінчення процесу суміш продуктів реакції, що містить також ДАГ, розділяється центрифугуванням і молекулярною дистиляцією за температури 205...210° С. Разом із високим виходом МАГ (40...50%) промислові технології мають своїми недоліками жорсткі умови про-

ведення гліцеролізу і молекулярної дистиляції, що зумовлюють інтенсифікацію термоокиснення, термopolімеризації в емульгаторах. Нові розробки також мають ці недоліки [135–137]. Зокрема, технологія одержання МАГ із виходом до 10% реакцією амідування триацилгліцеринів соняшникової олії передбачає температури вищі за 120...130° С, і тривалість процесу — (30...40)·60 с [135].

Ураховуючи вищевикладене, передумовами розробки технології емульгаторів ацилгліцеринної природи з поліпшеними функціонально-технологічними властивостями для вдосконалення технології м'ясних січених виробів є:

- жорсткі умови одержання (210...245° С), що зумовлюють інтенсифікацію процесів термоокиснення і термopolімеризації, зниження масової частки незамінних поліненасичених жирних кислот;

- низька харчова цінність емульгаторів через відсутність у них біологічно активних компонентів унаслідок використання нетрадиційної сировини, що містить триацилгліцерини насичених жирних кислот;

- підвищена енергоємність і трудомісткість одержання емульгаторів, зумовлені довготривалістю процесу і його перебігом за жорстких умов;

- висока потреба підприємств і відсутність промислового виробництва.

Сьогодні відсутність промислового виробництва в Україні харчових емульгаторів ацилгліцеринної природи та наукового обґрунтування їх використання у технології м'ясних січених виробів є стримуючими чинниками розвитку продовольчого ринку країни. Отже, незважаючи на значну кількість наукових праць вітчизняних і зарубіжних науковців, пов'язаних із викладенням теоретичних основ створення харчових емульгаторів і забезпечення їх стабільності, системні наукові пошуки, спрямовані на розробку технологій нових ефективних емульгаторів для м'ясних січених виробів є актуальними, а реалізація виявлених закономірностей дозволить суттєво покращити як асортимент м'ясної продукції підвищеної харчової цінності, так і структуру харчових раціонів споживачів.

За цих умов набувають актуальності дослідження, спрямовані на розробку інноваційних способів одержання м'ясних січених виробів із поліпшеними споживними властивостями за рахунок використання ефективних емульгаторів природного походження. Таким чином, своєчасною є розробка і впровадження нових більш досконалих емульгаторів для м'ясних січених виробів, використання яких забезпечить підвищення стійкості м'ясної емульсії, волого-, жируотримувальної здатності фаршу, зменшення втрат під час термічної обробки, підвищення харчової цінності, подовження термінів зберігання готової продукції.

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕМУЛЬГАТОРІВ АЦИЛГЛІЦЕРИНОЇ ПРИРОДИ ДЛЯ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ

2.1. Наукове обґрунтування передумов використання емульгаторів ацилгліцеринної природи у технології м'ясних січених виробів

Необхідність розробки наукових принципів одержання м'ясних січених виробів постає сьогодні в умовах вимушеного застосування технологій, що компенсують недоліки використання м'ясної сировини з вадами складу, структури, низькими функціонально-технологічними властивостями, та як необхідність поліпшення споживних властивостей м'ясних січених виробів.

Згідно з інноваційним задумом найбільш ефективним напрямом вирішення цієї проблеми є вдосконалення технології операції емульгування та використання ефективніших емульгаторів, наприклад, ацилгліцеринної природи (ЕАГП), одержаних на основі вітчизняної сировини. Ефективність емульгатора може бути підвищена за рахунок забезпечення більших значень показника гідрофільно-ліпофільного балансу ГЛБ (5,9...6,8) порівняно з ГЛБ інших ліпофільних емульгаторів ряду Е471 (3,3...5,9) з одночасним покращенням його складу завдяки збільшенню вмісту ненасичених жирних кислот. За таких передумов можна створити найбільш раціональні умови емульгування, надаючи можливість коригувати вади і повертати м'ясну сировину з низькими функціонально-технологічними властивостями (підвищеним вмістом вологи; зниженим вмістом білка, зміненим жирнокислотним складом жиру та ін.) до технологічного циклу.

На нашу думку, практична реалізація задуму можлива за умови реалізації інноваційної стратегії, яка полягає у створенні єдиного технологічного циклу «Одержання ЕАГП — одержання МСВ». Обов'язковою умовою є збіжність організаційних принципів виробництва з традиційними схемами виробництва таких виробів у закладах ресторанного господарства та на м'ясопереробних підприємствах. Характеристику інноваційної стратегії наведено в табл. 2.1.

Аналітично визначено (розділ 1.2), що раціональне масове співвідношення білок:жир:волога в м'ясних січених виробках становить 1,0:(0,8...1,5):(3,0...5,0), що забезпечує стабільність структури і властивостей м'ясних емульсій.

Таблиця 2.1 – Характеристика інноваційної стратегії розробки МСВ із ЕАГП

Аспект інноваційної стратегії	Інноваційні вимоги	Шляхи реалізації інновацій
1	2	3
Маркетинговий	<p>Задоволення потреб широких верств населення з урахуванням їх психогеографічної, поведінкової та інших характеристик.</p> <p>Нові харчові форми.</p> <p>Широкий асортимент продукції.</p> <p>Інтеграція продукції та сервісу</p>	<p>Виробництво продукції емульсійної структури у вигляді напівфабрикатів високого ступеня готовності чи готових м'ясних виробів, які характеризуються високою харчовою і біологічною цінністю за рахунок використання емульгатора ЕАГП на основі соняшникової олії</p>
Технологічний	<p>Створення єдиного циклу «Одержання ЕАГП — одержання МСВ».</p> <p>Високі споживні властивості продукції.</p> <p>Використання сировини з низькими функціонально-технологічними властивостями.</p> <p>Тривалий термін зберігання</p>	<p>Одержання продукції у вигляді нових харчових форм завдяки використанню ЕАГП.</p> <p>Забезпечення стабільності показників безпеки впродовж нормативного терміну зберігання — наявність у складі ЕАГП фракції МАГ, інгібіторів автоокиснення, термopolімеризації</p>
Еколого-гігієнічний	<p>Натуральність продукції.</p> <p>Безпечність продукції.</p> <p>Надання продукції здатності посилювати лікувально-профілактичний ефект.</p> <p>Безпечність виробництва продукції відповідно до вимог охорони довкілля</p>	<p>Використання натурального інгредієнта ЕАГП із близьким до природного жирнокислотним складом і підвищеним вмістом ω-6 ПНЖК.</p> <p>Вміст значної кількості радикалів ННЖК більшою мірою сприяє засвоєнню організмом білкового Нітрогену, підтриманню рівня холестерину, стану судин та ін.</p> <p>Бактерицидні властивості ДАГ ω-6 ПНЖК.</p> <p>Білково-жирові емульсії з ЕАГП є перспективними об'єктами для йодування</p>
Технічний	<p>Традиційне та/чи нове технологічне устаткування, що забезпечить стабільність технологічного процесу</p>	<p>Застосування сучасних способів подрібнення і гомогенізації</p>

1	2	3
Організаційний	Виробництво — заготівельні підприємства, заклади ресторанного господарства. Реалізація — заклади ресторанного господарства, магазини кулінарії, фабрики-кухні, супермаркети, гіпермаркети	Запровадження організаційно-технологічних принципів виробництва відповідно до поставлених завдань. Пакування, зберігання, транспортування

За результатами аналізу [117; 124; 126; 130] встановлено, що у складі фаршевих м'ясних емульсій використовуються емульгатори E471, але при цьому в технічній характеристиці особливості їх компонентного та жирнокислотного складу не надаються. Не досліджувалися закономірності зміни їх функціональних властивостей залежно від масового співвідношення ацилгліцеринних фракцій: моно- (МАГ), ді- (ДАГ) і триацилгліцеринів (ТАГ). Фракційне розділення та якісне визначення ацилгліцеринів проводили методом тонкошарової хроматографії (ТШХ) [149].

Під час проведення аналізу досліджувани зразки у вигляді 2% розчину в гексані наносили на скляні пластини Merk (DC-Fertigplatten Kieselgel 60 F254). Як носій застосовували систему розчинників гексан – діетиловий етер – оцтова кислота (80:17:3). Після закінчення розділення хроматографічні пластини проявляли в камері, насиченій паром йоду. Для ідентифікації окремих фракцій застосовували значення відносної швидкості пересування компонентів у тонкому шарі R_f стандартів, зокрема холестерилового естеру пеларгонової кислоти $C_{36}H_{62}O_2$; ліноленової кислоти; моно-, ди-, тристеарину (ТОВ «НВП Електрогазохім», Україна); мітчиків-свідків — моно- і діацилгліцеринів МД 40 (ВАТ НМЖК, Російська Федерація).

Кількісне визначення фракційного складу здійснювали на основі площі плями на хроматограмі, яку копіювали на папір, вирізали з подальшим знаходженням маси паперу з відбитками плями. Вміст фракції (W_i) кожного компонента визначали за формулою

$$W_i = \frac{m_i}{\sum m_i} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де W_i – вміст фракції i -го компонента, %;

m_i – маса паперу з відбитками плями фракції i -го компонента, г;

$\sum m_i$ – сума мас усіх паперів з відбитками відповідних плям фракцій, г.

Визначений ацилгліцеринний склад емульгаторів наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Ацилгліцеринний склад деяких емульгаторів ряду E471

Торгова назва емульгатора E471	Виробник	Масова частка, %	
		МАГ	ДАГ-ТАГ
GMS 40	ТОВ «НВП Електрогазохім», Україна	35	65
МД 40	ВАТ НМЖК, Російська Федерація	40	60
P(V)	Rikevita, Малайзія	90	10

Дані табл. 2.2 свідчать, що склад ацилгліцеринів емульгаторів E471 різних виробників розрізняється. Так, значно, від 35,0 до 90,0%, змінюється вміст МАГ, що є свідченням коливань співвідношення гідрофільної й гідрофобної складових та показників ГЛБ емульгаторів (3,3...5,9) [114]. Установлено, що більшість емульгаторів E471, поширених на ринку інгредієнтів України, виробляються переважно з пальмової олії і їх жирнокислотний склад представлений здебільшого ацилгліцеридами насичених жирних кислот [122; 124–126].

Очевидно, що питання підбору емульгаторів для реальних харчових систем суттєво ускладнені й потребують проведення фундаментальних досліджень та визначення складних механізмів, які діють під час формування і стабілізації емульсій, унаслідок чого стане можливим наукове обґрунтування принципів одержання м'ясних січених виробів відповідно до умов сьогодення. Дослідження дії емульгаторів ацилгліцеринної природи у складі фаршевих м'ясних емульсій не проводилися [122; 124; 130]. Нами було досліджено закономірності впливу ацилгліцеринного складу емульгатора E471 і його композицій із ТАГ стеаринової кислоти (ЕК) на функціонально-технологічні властивості фаршевих м'ясних емульсій (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Груповий склад ацилгліцеринів модельних композицій

№ зразка	Емульгатор	Масові співвідношення E471 : ТАГ, г/г	Масова частка ацилгліцеринів, %		
			МАГ	ДАГ	ТАГ
1	ЕК 1	10:90	9	1	90
2	ЕК 2	50:50	45	5	50
3	E471	100:0	90	10	0

Визначення стійкості м'ясних фаршевих емульсій із композиціями емульгатора проводили за методикою Р.М. Салаватуліної [182]. Зразки фаршу масою 100 г поміщали у скляні бюкси з відшліфованими кришками, зважували і термообробляли за температури 75...80° С впродовж 60-60 с, після чого охолоджували до 12...15° С. Далі бульйон і накопичений жир, що відокремилися, переносили до попередньо зважених кварцевих тиглів. Після видалення бульйону і жиру фарш висушували фільтрувальним папером і зважували. Тиглі з бульйоном поміщали до сушильної шафи і висушували до постійної маси за температури 105...110° С.

Стійкість фаршевої емульсії СЕ як масову частку незруйнованої емульсії, яка після термообробки втратила певну частину води і жиру, визначали за формулою

$$CE = ((m - m_{61}) / m) \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де m – маса наважки фаршу, г;

m_{61} – маса всього бульйону з жиром, що відокремилися, г.

Визначені залежності стійкості фаршевої емульсії від масової частки введеної емульгуювальної композиції наведено на рис. 2.1.

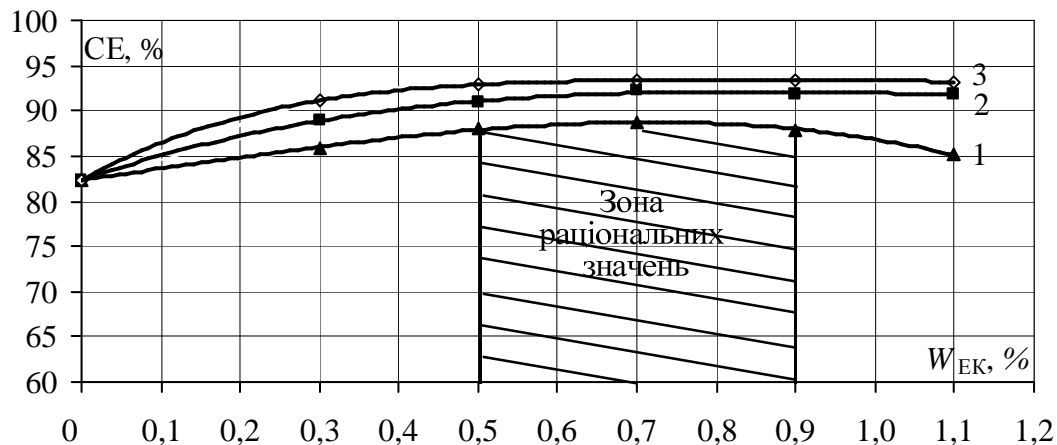


Рисунок 2.1 – Залежність стійкості фаршевої м'ясної емульсії від масової частки композиції емульгатора з масовим співвідношенням Е471:ТАГ: 1 – 10:90; 2 – 50:50; 3 – 100:0

Уведення від 0,3 до 1,1% емульгуювальної композиції (зразки 1, 2, 3) загалом на 3...10% підвищує стійкість емульсії до 88,23±0,03...92,78±0,02% для різних зразків. Установлено, що за умови збільшення масової частки МАГ у композиції емульгаторів зразків 1 і 3 в 10 разів значення стійкості емульсії змінюються менш значно і становлять 91±2%.

Отримані результати підтверджують покращення емульгування м'ясного фаршу в разі дії емульгаторів ацилгліцеринної природи і надалі передбачають вивчення органолептичних показників виробів на основі фаршів із дослідженими емульгаторами.

Органолептичну оцінку якості готової продукції здійснювали аналітичними методами — якісним [203; 204] та методом профільного аналізу [205; 206] згідно з розробленою шкалою (табл. 2.4) за окремими дескрипторами зовнішнього вигляду — відсутність бульйонних і жирових набряків; смаку — відсутність стороннього присмаку; консистенції — ніжність, відсутність крихкості, соковитість, за якими розраховано загальну оцінку за вибраними показниками при максимальній оцінці 1,65.

Згідно з отриманими даними (табл. 2.5) загальна оцінка розглянутих показників для виробів з ЕК становить від 1,60 до 1,64 і перевищує оцінку контрольного зразка — 1,59. Максимальну загальну оцінку зразки 1 і 2 отримали за масової частки ЕК 0,9%; а зразок 3 — за 0,7%. Вироби з ЕК 1 зі співвідношенням МАГ:ДАГ:ТАГ 9:1:90 за широкого інтервалу масових часток ЕК (від 0,5 до 0,9%) мають високі органолептичні показники зовнішнього вигляду — на рівні виробів із вмістом МАГ і ДАГ 50...100%. Вони характеризуються незначною кількістю бульйонно-жирових набряків, поліпшеною консистенцією, відсутністю стороннього присмаку.

На підставі результатів визначення емульгувальних властивостей м'ясних фаршевих емульсій з емульгаторами ацилгліцеринної природи та органолептичної оцінки готових виробів на їх основі встановлено, що у технологіях м'ясних виробів емульсійної структури доцільно використовувати емульгатори із загальним вмістом МАГ і ДАГ 10...50%.

На основі зазначених передумов доведено доцільність розробки технології емульгаторів на основі соняшникової олії з підвищеним вмістом МАГ і ДАГ (10...50%), що містяться безпосередньо в масляній фазі, яку можна використовувати як компонент м'ясної емульсії.

Таблиця 2.4 – Шкала органолептичної оцінки зразка МСВ ідеальної якості

Показник	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості дескриптора	Характеристика	Оцінка, бал
Зовнішній вигляд	1	0,1	Відповідність формі, розмірам: біфштекси – форма округло-приплюснута, товщина 10...17 мм; ковбаски – батончики довжиною до 10 см, діаметром 12...25 мм; м'ясні хлібці – форма прямокутна трапецієподібна або ін.	5,0
	2	0,2	Цілісність структури, відсутність пор та раковин	5,0
	3	0,2	Відсутність напливів фаршу, злипань, форма не злипла, не деформована	5,0
	4	0,2	Стан поверхні: чиста, суха – для ковбасок; рівномірно обсмажена – для біфштексів, м'ясних хлібців	5,0
	5	0,3	Відсутність крапель жиру і вологи на поверхні – для біфштексів, м'ясних хлібців; бульйонних та жирових набряків – для ковбасок	5,0
Сумарна оцінка				5,0
Коефіцієнт вагомості показника				0,2
Підсумкова оцінка за показником				1,0
Консистенція	1	0,3	Пружність (ніжність для ковбасок)	5,0
	2	0,3	Відсутність крихкості	5,0
	3	0,2	Однорідність, властива даному виду продукції	5,0
	4	0,1	Щільність	5,0
	5	0,1	Соковитість	5,0
Сумарна оцінка				5,0
Коефіцієнт вагомості показника				0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,5
Вигляд фаршу на розрізі	1	0,4	Однорідність структури — рівномірно перемішаний, без порожнин	5,0
	2	0,2	Колір — від рожевого до світло-рожевого, без сірих плям	5,0
	3	0,2	Рівномірність розподілу шматочків шпику білого кольору або з блідо-рожевим відтінком, жиру-сирцю	5,0
	4	0,1	Наявність окремих шматочків шпику білого кольору, жиру з жовтуватим відтінком без ознак осалювання	5,0
	5	0,1	Наявність дрібної пористості	5,0
Сумарна оцінка				5,0
Коефіцієнт вагомості показника				0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,5
Запах	1	0,3	Властивий даному виду продукції	5,0
	2	0,2	Чистий, без сторонніх запахів	5,0
	3	0,2	Збалансований	5,0
	4	0,2	Приємний, з ароматом спецій	5,0
	5	0,1	Швидкість вивільнення	5,0
Сумарна оцінка				5,0
Коефіцієнт вагомості показника				0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,5
Смак	1	0,3	Властивий даному виду продукції	5,0
	2	0,2	Чистий, без стороннього присмаку	5,0
	3	0,2	Збалансований	5,0
	4	0,2	Приємний, властивий спеціям	5,0
	5	0,1	У міру солоний	5,0
Сумарна оцінка				5,0
Коефіцієнт вагомості показника				0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,5
Загальна				5,0

Таблиця 2.5 – Органолептичні показники модельних м'ясних виробів на основі фаршевих м'ясних емульсій за окремими дескрипторами

Назва зразка	W _{ЕК} , %	Зовнішній вигляд — відсутність бульйонних і жирових набряків	Смак — чистий, відсутність стороннього присмаку	Консистенція— ніжність, відсутність крихкості, соковитість	Загальна оцінка показників
		Коефіцієнт вагомості показника			
		0,2	0,3	0,3	
Контроль	0,0	1,38	0,96	3,41	1,59
1	0,3	1,41	0,96	3,43	1,60
	0,5	1,44	0,98	3,43	1,61
	0,7	1,47	1,00	3,48	1,63
	0,9	1,47	1,00	3,50	1,64
	1,1	1,47	1,00	3,50	1,64
2	0,3	1,44	0,98	3,41	1,60
	0,5	1,44	0,98	3,48	1,63
	0,7	1,47	1,00	3,48	1,63
	0,9	1,47	1,00	3,50	1,64
	1,1	1,47	1,00	3,50	1,64
3	0,3	1,44	0,98	3,43	1,61
	0,5	1,44	1,00	3,48	1,63
	0,7	1,47	1,00	3,50	1,64
	0,9	1,47	1,00	3,50	1,64
	1,1	1,47	1,00	3,50	1,64

2.2. Моделювання технології емульгаторів ацилгліцеринної природи

Основною сировиною для одержання ЕАГП вибрано продукт переробки місцевої рослинної сировини лінолево-олеїнової групи (5 група) [216] — рафіновану дезодоровану соняшникову олію за ДСТУ 4492:2005 [138]. Вона є джерелом фізіологічно важливих ацилгліцеринів, багатих на есенціальні жирні кислоти, особливо лінолеву (до 60%) [134; 138; 216].

Проведено комплекс фізико-хімічних, фізичних досліджень рафінованої дезодорованої соняшnikової олії, результати яких наведено в табл. 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, і на рис. 2.2, 2.3.

Результати фракційного розділення і визначення групового складу ацилгліцеринів соняшnikової олії наведено в табл. 2.6, 2.7. Виявлено п'ять фракцій зі значеннями R_f , що відповідають: 0,727 — ТАГ; 0,557 — вільним жирним кислотам; 0,389 і 0,237 — ДАГ, речовинам на старті. Згідно з табл. 2.7 якісний і кількісний склад олії характеризується вмістом 3,7% ДАГ, до 0,2% вільних жирних кислот (корелює з визначеним кислотним числом — 0,35 мг КОН).

Таблиця 2.6 – Фракційне розділення рафінованої дезодорованої соняшnikової олії методом ТШХ у системі розчинників гексан : діетиловий етер : оцтова кислота (80:17:3)

Назва фракції	Відносна швидкість пересування R_f фракцій досліджуваних зразків					Мітчики-свідки
	Соняш-никова олія	Стандарт				
		Моно-стеарин МАГ	Дистеа-рин ДАГ	Тристеа-рин ТАГ	Ліноле-нова кислота	МД40
Речовини на старті	старт	–	–	–	–	–
МАГ	–	0,030	–	–	–	0,029
Стероли	–	–	–	–	–	–
ДАГ	–	–	0,150	–	–	0,149
	0,237	–	0,220	–	–	–
	0,389	–	–	–	–	0,380
Жирні кислоти	0,557	–	–	0,556	0,554	–
ТАГ	0,727	–	–	0,725	–	–

Таблиця 2.7 – Фракційний склад рафінованої дезодорованої соняшникової олії

Назва фракції	Масова частка фракції, %
Речовини на старті	0,20±0,01
МАГ	–
1,2-ДАГ	1,23±0,22
1,3-ДАГ	2,47±0,15
Жирні кислоти	0,20±0,01
ТАГ	95,90±1,35

Жирнокислотний склад соняшникової олії визначали методом газової хроматографії метилових естерів жирних кислот у гексані на хроматографі ЛХМ-8МД за таких умов: колонка — (2·0,004) м²; твердий носій — хромосорб (60·60/80·60 с); нерухома фаза — діетиленглікольсукцинат (10%); температура колонки — 180° С; температура випарника — 300° С; швидкість газоносія (гелій) — 40 мл/хв; детектор — іонізаційно-полуменевий. Ідентифікацію піків на хроматограмах здійснювали через значення приведених об'ємів утримування, що визначалися як відношення об'ємів утримування сполук, що ідентифікуються, до об'єму утримування метилового естеру пальмітинової кислоти, з наступним співставленням отриманих значень із наведеними в таблиці Берчфільда. Кількісний розрахунок хроматограм проводили методом внутрішньої нормалізації [156].

Таблиця 2.8 – Жирнокислотний склад рафінованої дезодорованої соняшникової олії

Назва жирної кислоти	Індекс кислоти	Вміст жирних кислот, %
Жирні кислоти (сума)		94,92
Насичені, у тому числі:		11,30
пальмітинова	C _{16:0}	6,19
стеаринова	C _{18:0}	4,12
арахінова	C _{20:0}	0,31
бегенова	C _{22:0}	0,68
Мононенасичені, у тому числі:		23,80
пальмітолеїнова	C _{16:1}	сліди
олеїнова	C _{18:1}	23,72
гадолеїнова	C _{20:1}	сліди
Поліненасичені, у тому числі:		59,82
лінолева (ω-6)	C _{18:2}	59,82

Згідно з отриманими даними (табл. 2.8) рафінована соняшникова олія містить 11,30% насичених кислот (масова частка в загальній кількості всіх кислот $W_{\text{заг.}}=11,91\%$); 83,6% ненасичених кислот ($W_{\text{заг.}}=88,09\%$), у тому числі 23,80% мононенасичених, з яких 23,72% — олеїнової; 59,82% — поліненасиченої лінолевої кислоти ($W_{\text{заг.}}=63,02\%$).

Співвідношення НЖК:ННЖК у досліджених зразках олії становлять 1:7,4; НЖК:ПНЖК — 1:5,3 і свідчать на користь її використання як сировини для одержання за м'яких умов нових харчових емульгаторів, в яких передбачається максимально зберегти ННЖК і ПНЖК.

Якісне визначення ПНЖК (лінолевої) у рафінованій соняшниковій олії проводили спектрофотометрією в ультрафіолетовій (УФ) області на спектрофотометрі СФ-46. На ділянці від 200 до 290 нм отримано дані оптичної густини і побудовано спектр поглинання 0,02% розчинів рафінованої дезодорованої соняшникової олії в ізооктані, що наведено на рис. 2.2.

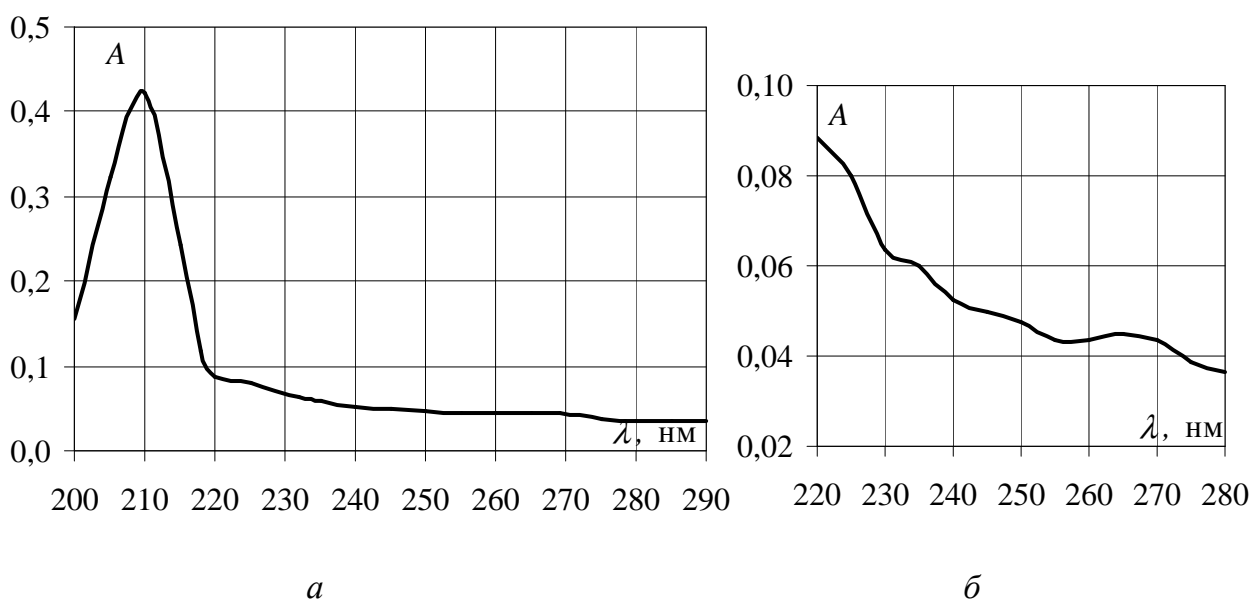


Рисунок 2.2 – УФ-спектр поглинання 0,02% розчинів в ізооктані рафінованої дезодорованої соняшникової олії (а), у тому числі на ділянці від 200 до 290 нм (б)

У спектрі спостерігається помітне поглинання з максимумом за довжини хвилі 210 нм, що свідчить про наявність ізольованого подвійного зв'язку [150; 154] у молекулах ПНЖК соняшникової олії. Відповідно до рис. 2.2 б, в УФ-спектрах олії виявлено смуги $\pi \rightarrow \pi^*$ електронних переходів у спряжених дієнових ($\lambda_{\text{макс.}}=232$ нм у вигляді вигину смуги 210 нм) і триєнових ($\lambda_{\text{макс.}}=268$ нм) структурах, що утворюються за позиційної ізомеризації, яка супроводжує незначне

автоокиснення олії [154; 155]. Зазначені смуги мають незначну інтенсивність: $E_{1\text{см}}^{1\%}(268\text{ нм})=2,32$; $E_{1\text{см}}^{1\%}(232\text{ нм})=3,71$.

Якісне дослідження олії проводили за допомогою інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії на Фур'є-спектрометрі Perkin-Elmer Spectrum One FTIR Spectrometer із застосуванням методу роздавленої краплі. Зразки записували у тонкому шарі між пластинами з цинку селеніду.

В ІЧ-спектрі рафінованої дезодорованої соняшникової олії (рис. 2.3) знайдено характеристичні смуги поглинання триацилгліцеринів, що відповідають валентним і деформаційним коливанням: тріада смуг $\nu(\text{C}=\text{O})$ естерів 1100, 1164, 1239 см^{-1} , $\delta_s(\text{C}-\text{H})$ у групах $-\text{CH}_3$ і $-\text{CH}_2-$ відповідно 1378 см^{-1} і 1418 см^{-1} , $\nu(\text{C}=\text{O})$ естерів 1747 см^{-1} , $\nu(\text{C}-\text{H})$ у групах $-\text{CH}_2-$ 2855 і 2926 см^{-1} , $\nu_{\text{as}}(\text{C}-\text{H})$ у групах $-\text{CH}=\text{CH}-$ у *цис*-формі — 3009 см^{-1} [150–152]. За 1378 см^{-1} знаходиться смуга деформаційних коливань зв'язку $\text{C}-\text{H}$ центрального атома гліцеринового фрагмента [151].

Інтенсивні смуги поглинання за 1649 і 3009 см^{-1} підтверджують присутність ненасичених кислот у *цис*-формі. Смуги деформаційних коливань зв'язків $\text{CHR}=\text{CHR}'$ у *цис*-формі також є на ділянці 1420–1400 см^{-1} , зокрема за 1418 см^{-1} [151]. Дуже слабка смуга поглинання за 970 см^{-1} [150], а також відсутність поглинання на ділянці 1310–1290 см^{-1} [151] доводить, що досліджені зразки рафінованої соняшникової олії практично не містять *транс*-ізомерів.

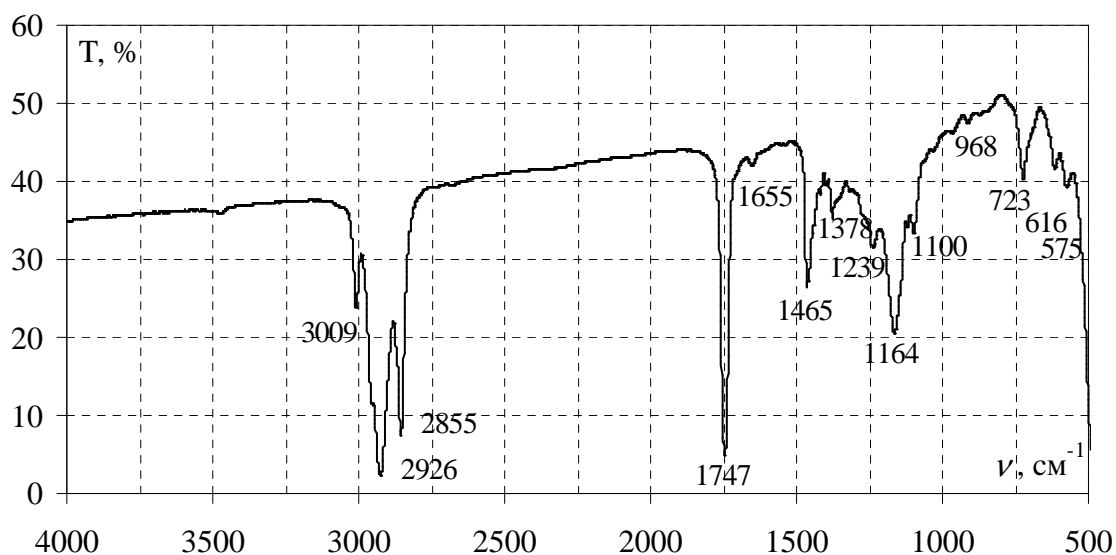


Рисунок 2.3 – ІЧ-спектр поглинання рафінованої дезодорованої соняшникової олії

Досліджена соняшникова олія має високі фізико-хімічні показники (табл. 2.9). Кислотне число визначали за ДСТУ ISO 660:2009 [157], число

омилення за ДСТУ ISO 3657:2004 [158], йодне число за ДСТУ ISO 3961:2004 [159], пероксидне число за ДСТУ 4570:2006 [160], показник заломлення за ДСТУ ISO 6320:2001 [161].

Таблиця 2.9 – Основні фізико-хімічні показники рафінованої дезодорованої соняшникової олії

Найменування показника	Значення показника
Кислотне число, мг КОН	0,35±0,02
Число омилення, мг КОН	185,5±0,5
Ефірне число, мг КОН	183,4±0,5
Йодне число, г I ₂ /100 г	124,0±0,2
Пероксидне число, ммоль1/2O/кг	3,30±0,01
Показник заломлення за 20° С	1,4743±0,001
Питоме поглинання:	
E _{1см} ^{1%} (232 нм)	3,71±0,01
E _{1см} ^{1%} (268 нм)	2,32±0,01

Оскільки на сьогодні не відомі технології виробництва МАГ і ДАГ реакцією нуклеофільного заміщення в бінарній системі розчинників, запропоновано одержання емульгаторів ацилгліцеринної природи у складі масляної фази (МФ_{МАГ-ДАГ}) шляхом перетворення соняшникової олії в бінарній системі гексан–пропанол-2 за м'яких умов (35...40° С).

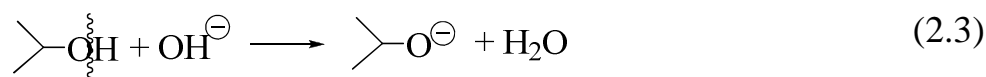
Агентами бінарної системи вибрано поширені в масложировій галузі [142] низькокиплячі органічні розчинники: неполярний непротонний гексан «Чистий для аналізу» за ТУ 2631-003-05807999-98 [140] і середньополярний протонний пропанол-2 (ізопропіловий спирт, ізопропанол) за ГОСТ 9805-84 [139]. Вони необмежено змішуються між собою і мають досить близькі значення показників заломлення n^{21} (1,3754; 1,3776), температури кипіння (68,74; 82,40 °С), густини ρ^{20} (0,65700; 0,78369 г/см³), молярної маси (86,18; 60,09 г/моль) і кардинально різні параметри полярності (табл. 2.10).

Процес одержання МАГ і ДАГ із ТАГ соняшникової олії є основою хімізму технології ЕАГП, який включає низку реакцій, що перебігають за механізмом нуклеофільного заміщення, а в разі використання пропанолу-2 (ізопропанолу) реакцію слід відносити до мономолекулярної реакції алкоголізу [133; 217]. Механізм реакції описується схемами 2.3–2.5.

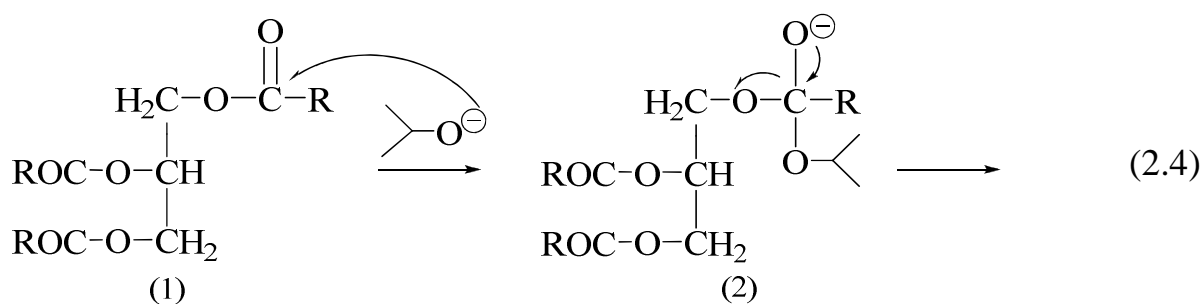
Таблиця 2.10 – Параметри полярності розчинників бінарної системи і води

Параметр полярності	Вода	Пропанол-2	Гексан
Енергія переносу, кДж/моль	264,0	203,3	129,3
Діелектрична проникність ϵ_r	81,00	19,33	1,88
Дипольний момент μ , D	1,84	1,66	0,08
Емпіричний параметр полярності $*E_\tau^N$, ккал/моль	1,000	0,546	0,090
Примітка. $*E_\tau^N$ — емпіричний параметр полярності описує енергію електронного переходу за температури 25° С, що відповідає довгохвильовому поглинанню стандартного N-фенокси-піридинієвого бетаїнового барвника.			

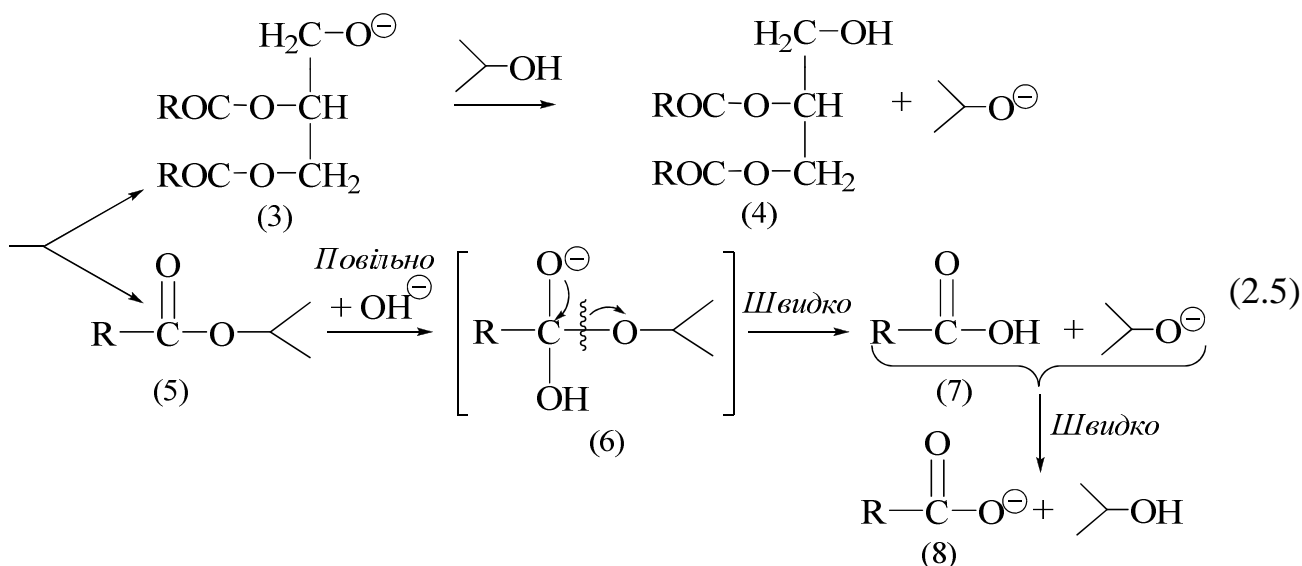
На початку реакції за наявності кристалічного калій гідроксиду (за ГОСТ 24363-80 [141]) ізопропанол дисоціює з утворенням головного нуклеофільного реагенту — алкоколят-аніонів (>O^\ominus) (схема 2.3).



Механізм реакції нуклеофільного заміщення у бінарному розчиннику за температури 35...40° С і наявності кристалічного калій гідроксиду можна представити за стадіями. Спочатку відбувається нуклеофільна атака аніона >O^\ominus за атомом Карбону карбонільної групи (1) з одночасним розривом у ній подвійного зв'язку -C=O (схема 2.4).



Після цього розривається ковалентний зв'язок -C-O- (2) із послідовним утворенням алкоколят-аніона ДАГ (3) і молекули ДАГ (4), а також паралельно — естеру ізопропілкарбоксилату (5), який у лужному середовищі досить швидко незворотно гідролізується з утворенням карбоксилат-аніона (8) та ізопропанолу (схема 2.5).



Реакція гідролізу естеру (5) є бімолекулярною реакцією другого порядку, яка перебігає за відомим механізмом, наведеним вище [134]. Оскільки карбонові кислоти виявляють більші кислотні властивості, ніж ізопропанол, то рівновага зміщується в бік утворення карбоксилат-аніонів (8).

У цій роботі процес одержання емульгаторів ацилгліцеринної природи названо переестерифікацією, незважаючи на те, що реакція ТАГ у спиртовому розчині луку з утворенням кінцевих продуктів — гліцерину і мила — називається омиленням. Застосування терміна «переестерифікація» ґрунтується на факті, що утворення моно-, діацилгліцеринів жирних кислот відбувається саме на стадії алкоголізу, який згідно з положеннями ІУРАС належить до різновиду реакцій переестерифікації.

Таким чином, реакція переестерифікації олії в бінарному розчиннику за температури 35...40° С є взаємодією ТАГ з ізопропанолат-аніоном за наявності калій гідроксиду, яка супроводжується утворенням ДАГ, МАГ і калієвих солей вищих жирних карбонових кислот (ЖКК). Перебіг реакцій утворення МАГ, ДАГ за механізмом нуклеофільного заміщення (схеми 2.3–2.5) залежить від багатьох параметрів, що діятимуть у реакційній системі.

Переваги застосування системи бінарного розчинника гексан–ізопропанол як рідкої фази пов'язані з утворенням змішаного розчинника, в якому забезпечено максимальне стикання реагуючих речовин, і можливістю проведення селективного розділення продуктів переестерифікації за наявності МАГ і ДАГ за температури 23...25° С.

Як критерій підбору розчинників розглянуто різне відношення до них вихідних компонентів (олії, луку) і основних кінцевих продуктів — МАГ, ДАГ [142; 218–220]. Соняшникова олія — речовина з малою полярністю ($\epsilon_r=3,1$), тому вона добре розчиняється у гідрофобному розчиннику гексані [218]. Ізопропанол за звичайних умов обмежено змішується з олією, після підвищення температури

ри — краще. У гексані ТАГ, ДАГ, МАГ розчиняються необмежено; в ізопропанолі МАГ і ДАГ — обмежено, ТАГ — нерозчинні за звичайних умов і умов незначного нагрівання (до 40...45° С) [142; 218].

На основі прийнятих у промисловій рафінації олії [218] даних концентрації місцели (35...45%) обчислено максимальну і мінімальну масові частки олії в гексані $W_{C_6H_{14}}$ (Олія), які становлять 30...40 і 17...25% відповідно. Для здійснення реакції переестерифікації вибрано бінарний розчинник зі співвідношеннями, зазначеними в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Співвідношення компонентів, прийняті для реакції нуклеофільного заміщення в бінарному розчиннику, та розраховані концентрації місцели

Найменування вихідних компонентів	Співвідношення вихідних компонентів				Масова частка олії в гексані (місцелі), %	
	мас, г:г	об'ємів, мл:мл	об'ємних часток	молярні, моль:моль	мінімум	максимум
Олія:калій гідроксид (Олія:КОН)	10:0,8	–	–	0,011:0,014 (0,77)	16,7	25,0
	20:0,8	–	–	0,022:0,014 (1,54)	28,6	40,0
Гексан:ізопропанол (C ₆ H ₁₄ :C ₃ H ₈ O)	30:50	46:64	0,4:0,6	0,35:0,83 (0,42)	25,0	40,0
	30:30	46:38	0,5:0,5	0,35:0,50 (0,70)	25,0	40,0
	50:50	76:64	0,6:0,4	0,58:0,83 (0,70)	16,7	28,6
	50:30	76:38	0,7:0,3	0,58:0,50 (1,16)	16,7	28,6

Молярні співвідношення соняшникової олії і калій гідроксиду $\nu_{\text{Олія}}/\nu(\text{КОН})$ для перебігу реакції нуклеофільного заміщення в бінарному розчиннику визначено з розрахунку кількості речовини олії і луку (1:1 та 1:2 моль/моль) для перебігу першої і другої стадії омилення. Мінімальне співвідношення становить 1:0,65 моль/моль (1,54); максимальне — 1:1,30 моль/моль (0,77) (табл. 2.10).

Тривалість процесу переестерифікації олії приймаємо в інтервалі від 5-60 до 40-60 с, орієнтуючись на тривалість одержання МАГ і ДАГ у промисловості — (35±5)-60 с [133]. З урахуванням того, що гексан та ізопропанол є леткими розчинниками, а розчинність ТАГ в ізопропанолі зростає за температур, вищих ніж 40...45° С [142], верхня межа температури нагрівання склала 39±1° С.

З метою реалізації концепції створення нового ефективного емульгатора для МСВ і технології його виробництва змодельовано структуру системи одержання ЕАГП у вигляді масляної фази, яку наведено в табл. 2.12.

**Таблиця 2.12 – Моделювання технології одержання
ЕАГП у вигляді масляної фази**

Найменування операцій	Найменування процесів, що відповідають змінам властивостей сировини і проміжних продуктів
1	2
Змішування (розчинення)	Приготування реакційної системи I — гексан–олія–ізопропанол–калій гідроксид у бінарному розчиннику
Термообробка, перемішування (переестерифікація за м'яких умов)	Реакція переестерифікації соняшникової олії в бінарній системі розчинників за м'яких умов і одержання продукту переестерифікації II
Уведення води (до розшарування)	Завершення реакції переведенням системи II із гомо- на гетерогенну III шляхом уведення води
Перемішування	Екстракція масло- і водорозчинної фаз ЕАГП відповідно неполярним і полярним агентами бінарного розчинника
Експозиція (екстракція)	
Розділення (відокремлення фаз бінарної системи)	Відокремлення неполярної IV і полярної V фаз із масло- і водорозчинними продуктами ЕАГП у них відповідно
Випаровування	Випаровування неполярної фази IV — відділення гексану й одержання кінцевого продукту VI — ЕАГП у вигляді МФ _{МАГ-ДАГ} ; полярної фази V — відділення ізопропанолу і водорозчинної фракції ЕАГП VII

Більш наочно побудовану модель ілюструє схема, що відображає зміни складу компонентів, властивостей бінарної системи в процесі одержання ЕАГП (рис. 2.4).

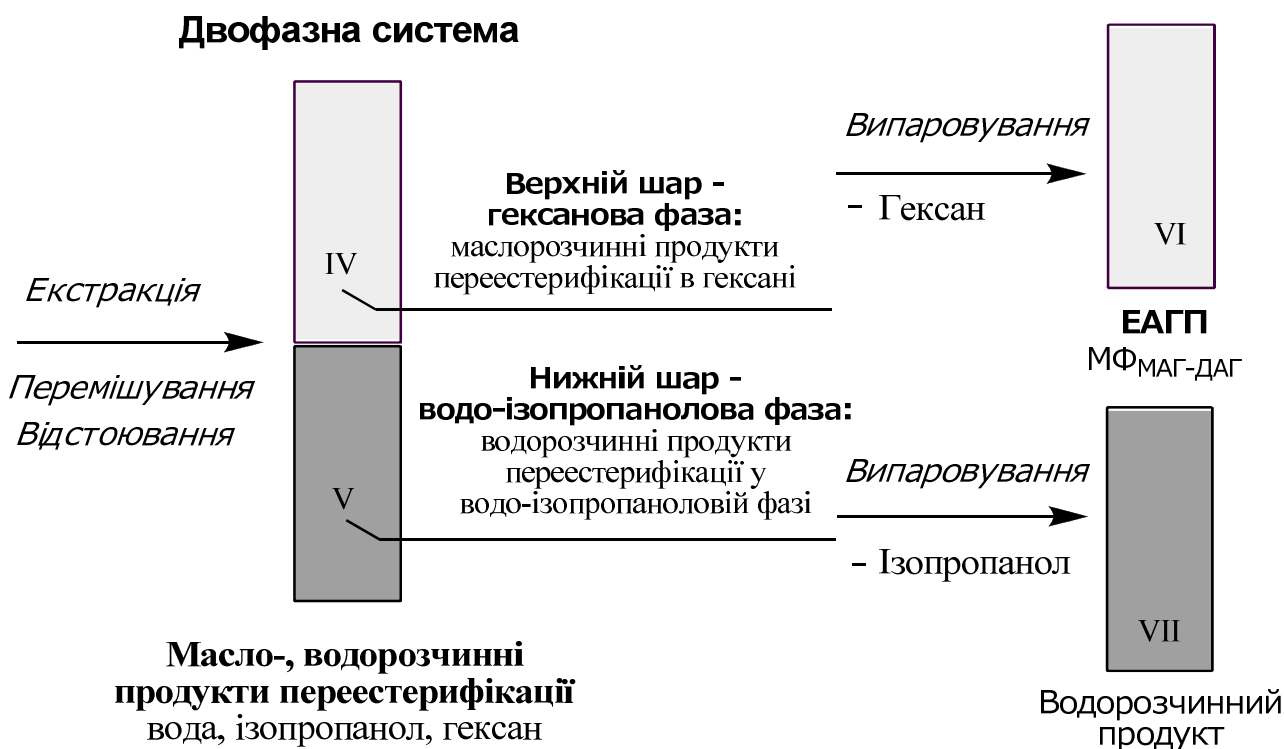
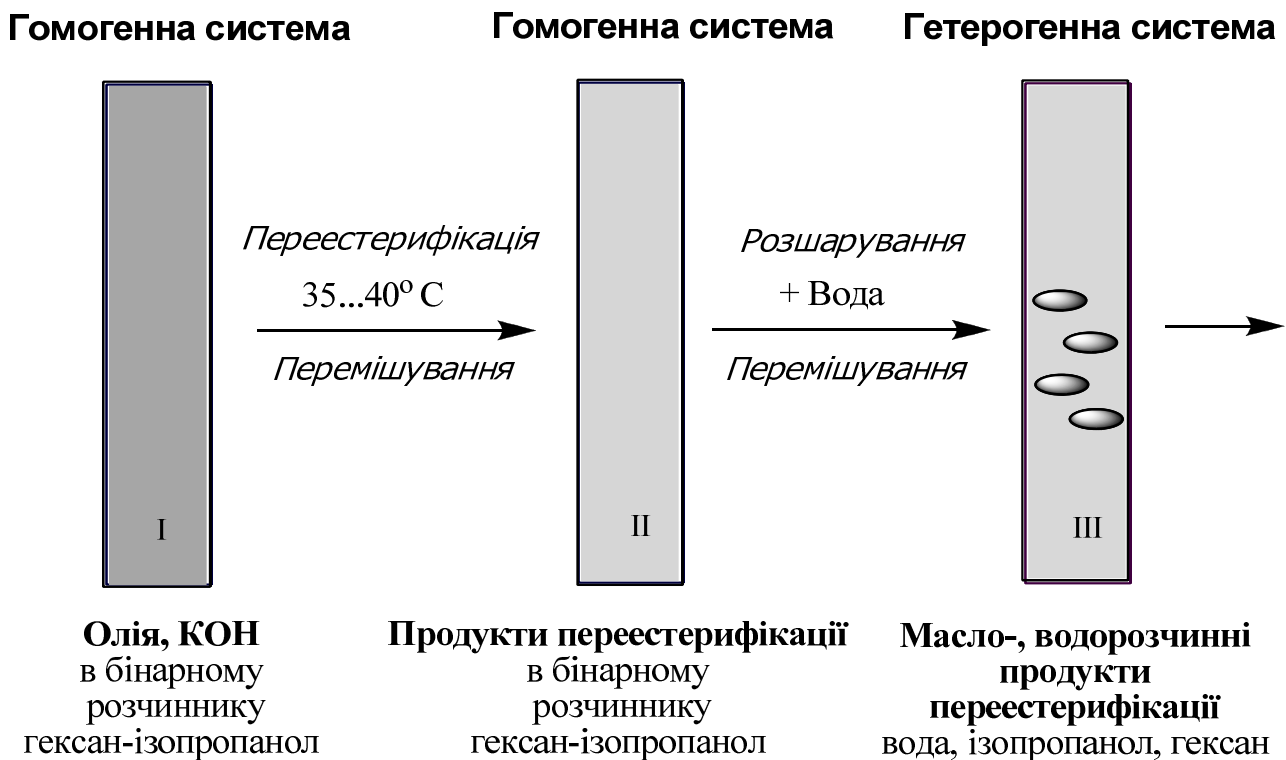


Рисунок 2.4 – Схема одержання ЕАГП переестерифікацією соняшникової олії в бінарній системі розчинників гексан–ізопропанол за м'яких умов

Згідно зі схемою (рис. 2.4) розчин КОН в ізопропанолі вводиться до розчину олії в гексані (місцелу). У результаті формується гомогенна система I, в

якій реакція нуклеофільного заміщення перебігає найбільш ефективно з утворенням продукту переестерифікації ЕАГП — ТАГ, ДАГ, МАГ калієвих солей ЖКК, гліцерину та ін., що разом із бінарним розчинником утворюють гомогенну систему II. Завершення реакції на стадії утворення заданої кількості МАГ і ДАГ відбувається внаслідок уведення до системи II води, що спричиняє розшарування системи II й утворення гетерогенної системи III. Остання складається з фази неполярного розчинника з маслорозчинною фракцією (МРФ) ЕАГП — масляною фазою, що містить полярні МАГ і ДАГ, неполярні ТАГ, та водо-ізопропанолової фази з водорозчинною фракцією (ВРФ) ЕАГП — милами, гліцерином, нежировими домішками і частково МАГ, ДАГ. У гетерогенній системі III у процесі перемішування та експозиції відбувається екстракція МРФ і ВРФ відповідними агентами бінарної системи. Максимальне розшарування системи III досягається утворенням двофазної системи з верхнім і нижнім шарами, IV і V відповідно.

Після розділення з відокремлених фаз випаровують розчинник і одержують із гексанової продукт VI — ЕАГП у вигляді масляної фази з МАГ і ДАГ [221], водо-ізопропанолової — продукт VII, який можна застосовувати як основу для парфумерно-косметичної продукції. Розчинники контролюють і використовують повторно.

Особливості одержання ЕАГП переестерифікацією в бінарній системі розчинників за м'яких умов характеризуються тим, що емульгатори МАГ і ДАГ містяться безпосередньо в масляній фазі, яка призначена виконувати функції емульгатора м'ясних січених виробів [222].

2.3. Наукове обґрунтування технологічних параметрів одержання емульгаторів ацилгліцеринної природи

Реалізація схеми (рис. 2.4) дозволила одержати ЕАГП (табл. 2.13, табл. 2.14) у вигляді МФ_{МАГ-ДАГ} із складом, залежним від параметрів переестерифікації (підрозділ 2.2).

Результати фракційного розділення МФ_{МАГ-ДАГ} (табл. 2.13) за допомогою методу тонкошарової хроматографії (підрозділ 2.1) свідчать, що до складу входять сім фракцій, які відповідають:

- МАГ ($R_f=0,029$),
- ДАГ ($R_f=0,188$; $R_f=0,237$; $R_f=0,389$),
- вільним жирним кислотам ($R_f=0,554$) і ТАГ ($R_f=0,720$),
- речовинам, які під час розділення залишилися на старті.

Речовини на старті (до 0,05%) віднесені нами до неідентифікованих форм.

Таблиця 2.13 – Фракційне розділення МФ_{МАГ-ДАГ} за допомогою методу ТШХ у системі розчинників гексан:діетиловий етер:оцтова кислота (80:17:3)

Назва фракції	Відносна швидкість пересування фракцій досліджуваних зразків							
	МФ ЕАГП	Стандарт					Мітчики-свідки	
		Моно- стеарин (МАГ)	Ди- стеарин (ДАГ)	Три- стеарин (ТАГ)	Ліноле- нова кислота	Естер холес- теролу	МД40	Соняш- никова олія
Речовини на старті	старт	–	–	–	–	–	–	старт
МАГ	0,029	0,030	–	–	–	–	0,029	–
Стероли	–	–	–	–	–	–	–	–
ДАГ	0,188	–	0,150	–	–	–	0,149	–
	0,237	–	0,220	–	–	–	–	0,240
	0,389	–	–	–	–	–	0,380	0,392
Жирні кислоти	0,557	–	–	0,556	0,554	–	–	0,557
ТАГ	0,720	–	–	0,725	–	–	–	0,727
Естери стеролу	–	–	–	–	–	0,907	–	–

Аналіз даних табл. 2.13 свідчить, що за концентрації місцели 28,6% утворюються МФ із максимальним виходом (76,1...81,7%) і вмістом МАГ (5,0...7,0%), ДАГ (42,0...46,3%). Для зразків із найбільшою концентрацією місцели (40,0%) одержано МФ із найменшою масовою часткою МАГ (3,0...3,9%) і невисокою ДАГ (34,0...41,0%).

Це пов'язано як із параметрами упаковки молекул ТАГ олії в гексані, силами більшої гідрофобної міжмолекулярної взаємодії, так і ймовірністю обмеженої рухливості й доступності молекул ТАГ нуклеофільним реагентом, що уповільнювало їх взаємодію і подальші перетворення на ДАГ і МАГ.

Таблиця 2.14 – Фракційний склад МФ залежно від початкових параметрів переестерифікації за температури $36\pm 1^\circ\text{C}$ у бінарній системі гексан–ізопропанол (температура екстракції $25\pm 2^\circ\text{C}$)

№ зр.	Тривалість реакції, τ 60 с	Співвідношення компонентів			Масова частка з гексанової фази W , %				
		молярні Олія:КОН	$W_{\text{гек}}(\text{Олія})$, %	об'ємні $\text{C}_6\text{H}_{14}:\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	Ацилгліцеринів				Виходу МФ $W_{\text{вих.}}(\text{МФ})$
					МАГ	ДАГ	ТАГ	МАГ–ДАГ	
5	10	1,54	40,0	0,4:0,6	3,0 \pm 0,1	35,0 \pm 0,3	61,7 \pm 0,4	38,0 \pm 0,3	41,1 \pm 1,8
9	30	1,54	40,0	0,4:0,6	3,0 \pm 0,1	34,0 \pm 0,2	62,7 \pm 0,2	37,0 \pm 0,2	46,9 \pm 2,1
15	10	1,54	40,0	0,5:0,5	3,9 \pm 0,2	41,0 \pm 0,4	54,8 \pm 0,3	44,9 \pm 0,4	68,9 \pm 1,4
3	30	1,54	40,0	0,5:0,5	3,5 \pm 0,2	39,5 \pm 0,4	56,7 \pm 0,4	43,0 \pm 0,4	48,0 \pm 1,5
13	10	1,54	28,6	0,6:0,4	7,0 \pm 0,1	46,3 \pm 0,3	46,4 \pm 0,3	53,3 \pm 0,3	80,1 \pm 1,2
1	30	1,54	28,6	0,6:0,4	6,0 \pm 0,2	42,0 \pm 0,4	51,7 \pm 0,4	48,0 \pm 0,4	78,1 \pm 2,0
7	10	1,54	28,6	0,7:0,3	5,1 \pm 0,2	43,9 \pm 0,3	50,7 \pm 0,2	49,0 \pm 0,3	81,7 \pm 2,1
11	30	1,54	28,6	0,7:0,3	5,0 \pm 0,2	42,5 \pm 0,3	52,2 \pm 0,2	47,5 \pm 0,3	76,1 \pm 1,1
14	10	0,77	25,0	0,4:0,6	4,0 \pm 0,2	36,3 \pm 0,3	58,9 \pm 0,3	40,8 \pm 0,3	33,8 \pm 2,1
2	30	0,77	25,0	0,4:0,6	3,9 \pm 0,2	28,1 \pm 0,2	67,7 \pm 0,3	32,0 \pm 0,2	28,5 \pm 2,4
8	10	0,77	25,0	0,5:0,5	4,5 \pm 0,2	33,7 \pm 0,2	61,5 \pm 0,3	38,2 \pm 0,2	35,1 \pm 2,2
12	30	0,77	25,0	0,5:0,5	3,3 \pm 0,1	30,1 \pm 0,4	66,3 \pm 0,3	33,4 \pm 0,4	42,8 \pm 2,1
6	10	0,77	16,7	0,6:0,4	4,0 \pm 0,1	38,0 \pm 0,3	57,7 \pm 0,4	42,0 \pm 0,3	68,8 \pm 2,3
10	30	0,77	16,7	0,6:0,4	3,0 \pm 0,1	36,0 \pm 0,2	60,7 \pm 0,3	39,0 \pm 0,2	65,2 \pm 1,9
16	10	0,77	16,7	0,7:0,3	6,7 \pm 0,2	41,3 \pm 0,3	51,7 \pm 0,3	48,0 \pm 0,3	70,7 \pm 2,1
4	30	0,77	16,7	0,7:0,3	3,9 \pm 0,1	41,7 \pm 0,4	54,1 \pm 0,4	45,6 \pm 0,4	71,3 \pm 2,0

Ураховуючи, що поряд з МАГ властивості ПАР виявляють ДАГ, функціональні властивості одержаної МФ_{МАГ-ДАГ} як емульгатора визначатимуться загальним внеском МАГ і ДАГ, тому інтерес представляє їх сумарна частка $W_{\text{МАГ-ДАГ}}$.

На рис. 2.5 проілюстровано зміни ацилгліцеринного складу МФ_{МАГ-ДАГ} під впливом інших параметрів: співвідношення в бінарному розчиннику об'ємних часток φ гексану та ізопропанолу; молярного співвідношення олія:калій гідроксид; тривалості переестерифікації τ .

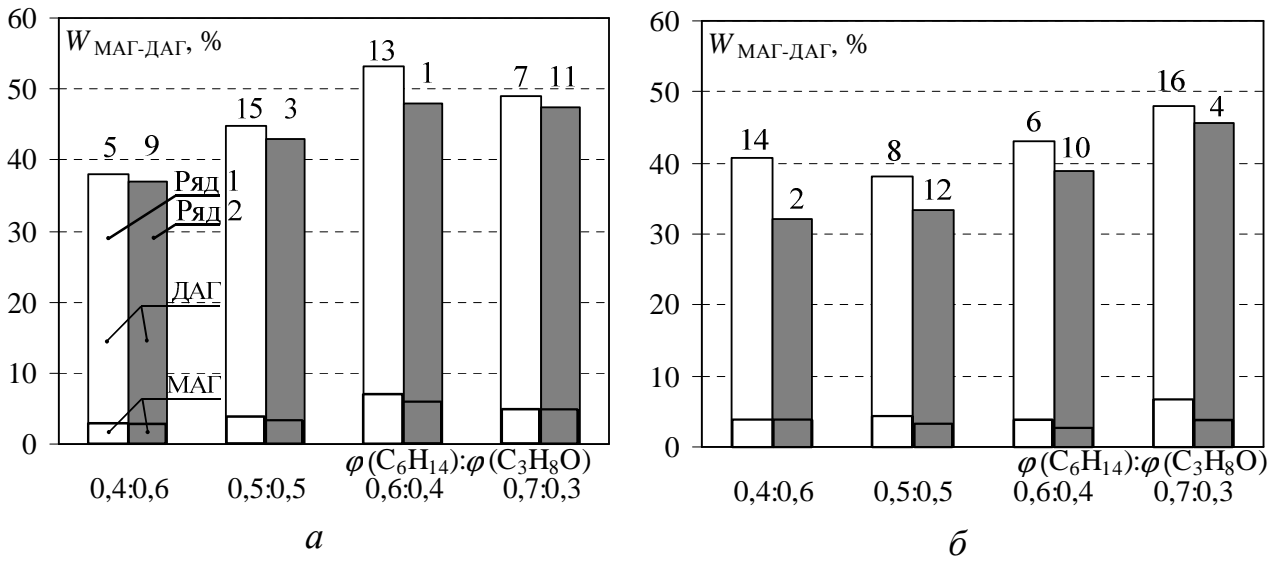


Рисунок 2.5 – Залежність масової частки МАГ-ДАГ у МФ від співвідношень гексан:ізопропанол; олія:калій гідроксид: 1,54 (а) і 0,77 (б); тривалості переестерифікації: ряд 1 – 10·60 с; ряд 2 – 30·60 с

На рис. 2.5 можна спостерігати, що найбільша масова частка поверхнево-активних компонентів МФ 49,0...54,0% (а) утворюється за співвідношень гексан:ізопропанол — 0,6:0,4 і 0,7:0,3; олія:калій гідроксид — 1,54; $\tau=10\cdot60$ с (ряд 1). Зі збільшенням φ неполярного агента гексану в бінарному розчиннику спостерігається зростання $W_{\text{МАГ-ДАГ}}$ у МФ на 18,3...29,8%. Це пояснюється збільшенням товщини шарів неполярного розчинника в полярному до розмірів, домірних розмірам радикалів жирних кислот, що запобігає екрануванню і полегшує доступність естерних угруповань для атаки нуклеофільним реагентом.

Узагальнення закономірностей виходу МАГ і ДАГ від тривалості переестерифікації підтверджують закріплення параметру часу 10·60 с (ряд 1). Відносне зростання виходу МАГ, ДАГ становить 2,6...9,9% (ряд 1 порівняно з рядом 2).

Якісне і кількісне вивчення складу емульгаторів ацилгліцеринної природи здійснено із застосуванням інфрачервоної спектроскопії на Фур'є-спектрометрі Perkin-Elmer Spectrum One FTIR Spectrometer методом роздавленої краплі.

Закономірності формування складу ацилгліцеринів показано на рис. 2.6, табл. 2.15. Вміст у МФ_{МАГ-ДАГ} моно-, діацилгліцеринів жирних кислот підтверджується широкою смугою, зареєстрованою за 3452 ± 5 cm^{-1} (рис. 2.6) і характерною для валентних коливань вільних гідроксильних груп $\nu(\text{O-H})$, асоційованих у вигляді мономерів і димерів [150–152].

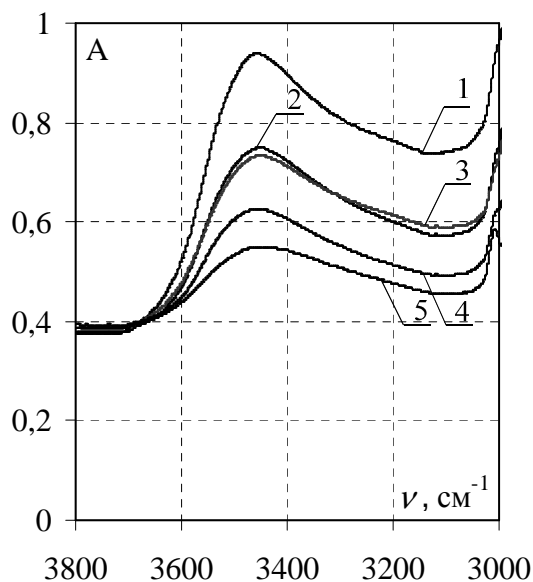


Рисунок 2.6 – Зміна смуг $\nu(\text{O-H})$ зразків $\text{MФ}_{\text{МАГ-ДАГ}}$, одержаних за співвідношень гексан:ізопропанол та олія:калій гідроксид: 1 – 0,6:0,4 та 1,54; 2 – 0,7:0,3 та 1,54; 3 – 0,7:0,3 та 0,77; 4 – 0,5:0,5 та 1,54; 5 – 0,4:0,6 та 1,54

Смуга $\nu(\text{O-H})$ ацилгліцеринів $\text{MФ}_{\text{МАГ-ДАГ}}$ має максимуми поглинання з піковою інтенсивністю A_{max} від 0,55 до 0,94; шириною $\Delta\nu_{1/2}$ від 321 до 401 cm^{-1} за хвильового числа 3457...3448 cm^{-1} . Найбільша пікова інтенсивність 0,73...0,94 характерна для кривих 1, 2, 3 відповідно зразків 13, 7, 16, одержаних у бінарному розчиннику за об'ємної частки неполярного агента гексану 0,6 і 0,7.

Для широкої смуги асоційованих гідроксильних груп за $3350 \pm 100 \text{ cm}^{-1}$ площу S , обмежену кривою і горизонтальною нульовою лінією ($A=0$), обчислюють за такою формулою [153]:

$$S = (\pi/2) \cdot \Delta\nu_{1/2} \cdot A_{max}, \quad (2.6)$$

де $\Delta\nu_{1/2}$ – ширина смуги поглинання між точками кривої, в якій оптична густина дорівнює половині максимальної;

A_{max} – пікова інтенсивність.

З метою проведення кількісного аналізу за експериментальними даними визначення спектральних характеристик було побудовано калібрувальний графік залежності S від масової частки МАГ-ДАГ ($W_{\text{МАГ-ДАГ}}$) еталонів:

$$S = 9,07 \cdot W_{\text{МАГ-ДАГ}} - 0,23. \quad (2.7)$$

Згідно з рівнянням калібрувальної прямої розраховували значення $W_{\text{МАГ-ДАГ}}$ в ЕАГП [238]. Обчислені дані вмісту МАГ-ДАГ корелюють із результатами, отриманими методом ТШХ (табл. 2.14). Відносне відхилення результатів визначення $W_{\text{МАГ-ДАГ}}$ цими методами не перевищує 2,7%.

Таблиця 2.15 – Порівняння спектральних характеристик зразків МФ_{МАГ-ДАГ}, одержаних за різних співвідношень компонентів бінарної системи

№ зр.	$\varphi(\text{C}_6\text{H}_{14}) : \varphi(\text{C}_3\text{H}_8)$ и(Олія):и(КОН)	ν, cm^{-1}	Пропускання $T, \%$	A_{max}	$\Delta\nu_{1/2}, \text{cm}^{-1}$	S	$W_{\text{МАГ-ДАГ}}^*, \%$ ($\delta, \%$)
1(13)	$\frac{0,6:0,4}{1,54}$	3457	11,51	0,94	321,1	476,9	52,6±0,2 (1,3)
2(7)	$\frac{0,7:0,3}{1,54}$	3453	17,82	0,75	367,2	432,4	47,7±0,4 (2,7)
3(16)	$\frac{0,7:0,3}{0,77}$	3450	18,46	0,73	370,2	424,3	46,8±0,3 (2,5)
4(15)	$\frac{0,5:0,5}{1,54}$	3454	25,06	0,63	400,5	396,1	43,7±0,4 (2,7)
5(5)	$\frac{0,4:0,6}{1,54}$	3448	28,21	0,55	390,1	336,9	37,1±0,3 (2,4)

* Розраховано за рівнянням $S = 9,07 \cdot W_{\text{МАГ-ДАГ}} - 0,23$

Узагальнення проведених досліджень дозволили закріпити такі параметри технологічного процесу за температури переестерифікації та екстракції — 36 ± 1 і $25 \pm 2^\circ \text{C}$ відповідно: співвідношення гексан:ізопропанол — 0,6:0,4; 0,7:0,3; олія:калій гідроксид — 1,54; 0,77 моль/моль; концентрація місцели — 28,6; 16,7%; тривалість переестерифікації — 10·60; 30·60 с.

Досліджено вплив співвідношення агентів бінарного розчинника на масову частку виходу МФ_{МАГ-ДАГ} (табл. 2.13, рис. 2.7).

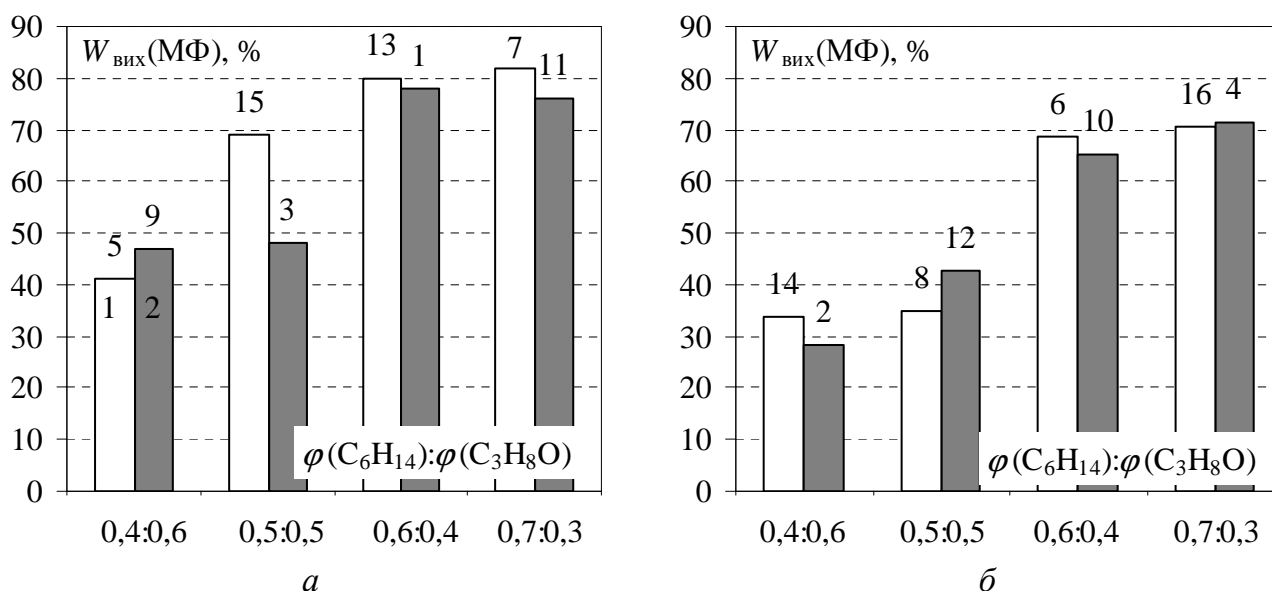


Рисунок 2.7 – Залежність виходу МФ від співвідношень гексан:ізопропанол; олія:калій гідроксид — 1,54 моль/моль (а) і 0,77 моль/моль (б) і тривалості переестерифікації: 1, 3 – 10·60 с; 2, 4 – 30·60 с

Зменшення частки неполярного агента гексану в бінарній системі призводить до зниження виходу МФ від 81,7...76,1 до 68,9...41,1% (рис. 2.7 а) та від 71,3...65,2 до 42,8...28,5% (рис. 2.7 б). Однак недостатня кількість полярного розчинника в системі гексан:ізопропанол (рис. 2.4 б: 0,7:0,3 і 0,5:0,5) також призводить до зниження виходу МФ зразків 16 і 8 порівняно з 4 і 12 (70,6 і 35,1% проти 71,3 і 42,8% відповідно) за інших однакових параметрів. Це пояснюється зменшенням кількості шарів ізопропанолу, а отже, і поверхні зіткнення ізопропанолу як джерела нуклеофільних реагентів реакції переестерифікації, унаслідок чого її тривалість збільшується.

Максимальний вихід $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ на рівні 76,1...81,7%, характерний для зразків 13, 1, 7, 11, узгоджується з найбільшим вмістом у них МАГ, ДАГ. Зразок 16 має значно менший вихід — 70,7% і надалі конкуренції зразкам 13, 1, 7, 11 становити не може. Аналіз залежності масової частки виходу МФ (табл. 2.13, рис. 2.7) від початкових технологічних параметрів дозволяє здійснити подальше їх коригування і не розглядати зразки, одержані за співвідношення олія:калій гідроксид — 0,77 моль/моль.

Вивчено закономірності впливу температури переестерифікації ($\tau=10\cdot60$ с; олія:калій гідроксид — 1,54 моль/моль) на масові частки МАГ-ДАГ і виходу МФ (табл. 2.16). Дані табл. 2.16 відображають загальну тенденцію до зниження виходу МАГ-ДАГ і $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ у середньому на 15 і 14% відповідно з підвищенням температури переестерифікації на 10° С. Зниження показників може бути зумовлене, по-перше, прискоренням розкладу як ТАГ, так і ДАГ, МАГ і утворенням солей ЖКК; по-друге, ускладненням вилучення ДАГ, МАГ неполярним агентом гексаном унаслідок збільшення частки водорозчинних продуктів, посилення міжчасткової взаємодії у водо-ізопропаноловій фазі і зміцнення зв'язків МАГ, ДАГ із молекулами полярного агента (ізопропанолу).

Таблиця 2.16 – Залежність масової частки МАГ-ДАГ у масляній фазі та виходу $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ від температури переестерифікації соняшникової олії в бінарному розчиннику

№ зразка	$\varphi(C_6H_{14}):\varphi(C_3H_8O)$	Температура переестерифікації, °С					
		36±1	39±1	45±1	36±1	39±1	45±1
		$W_{\text{МАГ-ДАГ}}, \%$			$W_{\text{вих.}}(M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}), \%$		
5	0,4:0,6	38,0±0,3	37,8±0,2	32,6±0,2	41,1±1,8	40,1±1,3	35,4±1,2
15	0,5:0,5	44,9±0,4	45,3±0,4	38,9±0,3	68,9±1,4	67,2±1,3	57,2±1,3
13	0,6:0,4	53,3±0,3	53,7±0,2	45,2±0,2	80,1±1,2	79,1±1,1	71,1±1,1
7	0,7:0,3	49,0±0,3	48,3±0,3	40,8±0,2	81,7±2,1	80,2±1,9	70,2±1,3

Результати досліджень (табл. 2.16) свідчать, що коливання температури в межах 35...40° С не мають суттєвого впливу на вихід МАГ-ДАГ і МФ_{МАГ-ДАГ}, що дає можливість проводити переестерифікацію за таких умов.

З метою оптимізації тривалості переестерифікації за температури 36±1° С вивчено кінетику одержання МФ_{МАГ-ДАГ} у бінарній системі гексан:ізопропанол — 0,6:0,4 впродовж 40-60 с (олія:калій гідроксид — 1,54 моль/моль, температура екстракції 25±2° С). У ході дослідження через 2·60, 5·60, 10·60, 20·60, 30·60, 40·60 с здійснювався відбір проб із виділенням зразків МФ_{МАГ-ДАГ} (табл. 2.17).

Таблиця 2.17 – Фракційний склад зразків МФ_{МАГ-ДАГ} залежно від тривалості переестерифікації соняшникової олії в бінарному розчиннику

Тривалість реакції, $\tau 60^{-1}$, с	Масова частка ацилгліцеринів МФ _{МАГ-ДАГ} , %		
	МАГ	ДАГ	ТАГ
0	0,00	3,70±0,25	95,94±0,21
2	4,52±0,15	34,13±0,23	60,98±0,22
5	6,83±0,17	42,63±0,22	50,22±0,25
10	6,34±0,15	47,19±0,21	46,16±0,20
20	6,00±0,17	49,04±0,22	44,70±0,21
30	5,19±0,16	49,62±0,22	44,86±0,23
40	5,29±0,15	49,52±0,23	44,86±0,23

Наведені дані (табл. 2.17) доводять, що впродовж 20·60 с у результаті нуклеофільного заміщення відбуваються інтенсивні перетворення ацилгліцеринів з утворенням максимальної частки МАГ і ДАГ (55,04%). Починаючи з 20·60 с вихід МАГ і ДАГ практично не змінюється (54,81...54,96%). Наочно це ілюструють залежності виходу ацилгліцеринів МФ (рис. 2.8 а) і швидкості їх перетворення (рис. 2.8 б) від тривалості переестерифікації. Найбільша швидкість перетворень (рис. 2.8 б) є характерною для взаємодії ТАГ із нуклеофільним реагентом і знижується в ряду ТАГ→ДАГ→МАГ. Така тенденція уповільнення хімічних перетворень ацилгліцеринів у процесі нуклеофільного заміщення пояснюється зростанням енергії активації в цьому ряду. Протягом реакції спостерігається розклад, зниження концентрації ТАГ і накопичення ДАГ, МАГ. Так, упродовж (5...15)·60 с реакції ТАГ, ДАГ або МАГ із нуклеофільним реагентом перебігають наполовину, починаючи з 15·60 с, швидкості утворення всіх фракцій значно знижуються і вирівнюються.

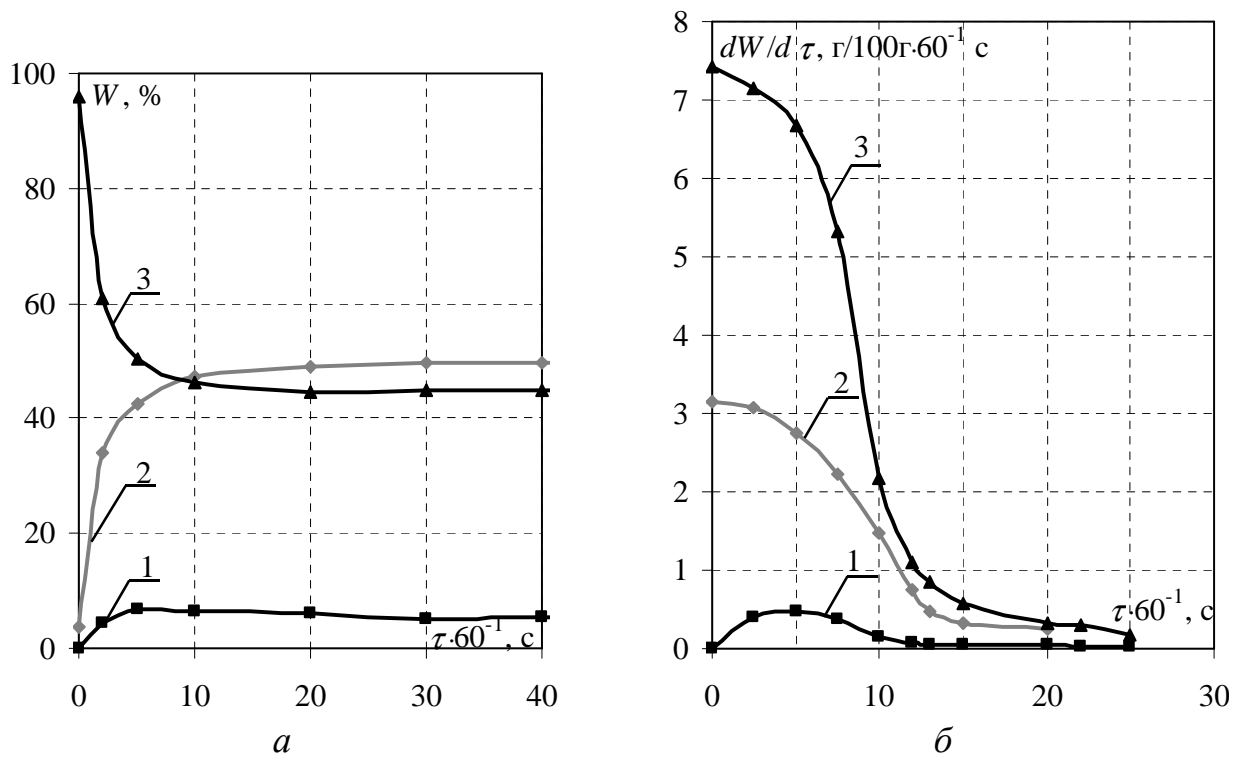


Рисунок 2.8 – Зміна масової частки ацилгліцеринів МФ (а) і швидкості їх перетворення (б) залежно від тривалості переестерифікації: 1 – МАГ; 2 – ДАГ; 3 – ТАГ

Закономірності зміни складу ацилгліцеринів МФ упродовж переестерифікації підтверджуються визначеними для неї кінетичними залежностями числа омилення і показника заломлення (рис. 2.9, 2.10).

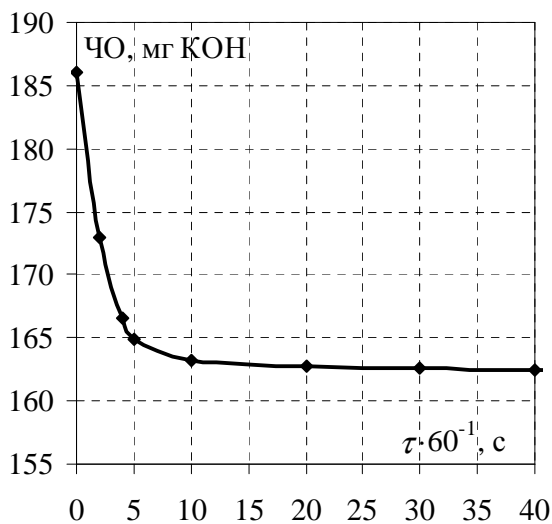


Рисунок 2.9 – Кінетика зміни числа омилення зразків масляної фази

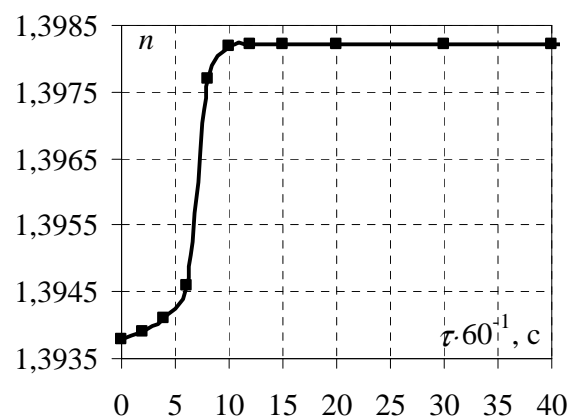


Рисунок 2.10 – Кінетика зміни показника заломлення реакційної системи

Зміни числа омилення (рис. 2.9) упродовж 10·60 с від 186,0 до 163,2 мг КОН ілюструють істотні перетворення ацилгліцеринів соняшникової

олії. Зміни складу ацилгліцеринів упродовж реакції (рис. 2.10) відбиваються і на зростанні показника заломлення. Найбільш істотно він починає зростати після 5-60 с реакції і на 10-60 с сягає максимального значення 1,3982, що свідчить про встановлення рівноважного стану реакції переестерифікації за встановленого раціонального співвідношення вихідних компонентів:

$$W_{\text{Олія}}:W(\text{C}_6\text{H}_{14}):W(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}):W(\text{KOH}) = (16,6:41,4:41,4:0,6),$$

у тому числі

$$\varphi(\text{C}_6\text{H}_{14}):\varphi(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})=0,6:0,4; \nu_{\text{Олія}}:\nu(\text{KOH})=1,54 \text{ моль/моль}.$$

Таким чином, оптимальна тривалість переестерифікації за визначених параметрів дорівнює 10-60 с.

Вивчення міжчасткової взаємодії в бінарній системі органічних розчинників гексан:ізопропанол із різним співвідношенням неполярного і полярного агентів проводили в реакційних системах, для яких визначали показники розподілу масляних фаз між двома фазами системи [98].

Припускаючи, що в кожній із рівноважних фаз МФ знаходиться в однаковому молекулярному стані, розраховували коефіцієнт розподілу D МФ між водо-ізопропаноловою (полярною) і гексановою (неполярною) фазами за формулою

$$D_{\text{МФ}} = C_{\text{МФ}}^2 / C_{\text{МФ}}^{e-i}, \quad (2.8)$$

де $C_{\text{МФ}}^{e-i}$, $C_{\text{МФ}}^2$ – рівноважні концентрації МФ у відповідній фазі.

Коефіцієнт вилучення α МФ гексаном розраховували за формулою

$$\alpha_{\text{МФ}}^2 = 1 / (1 + V^{e-i} / D_{\text{МФ}} \cdot V^e), \quad (2.9)$$

де V^{e-i} , V^e – об'єми відповідних фаз.

За розрахованими молярними частками N МФ обчислювали показник, що характеризує міжмолекулярні зв'язки та вільну енергію розподілу МФ між двома фазами (ізобарно-ізотермічний потенціал Гіббса ΔG) [162] за формулою

$$\Delta G(\text{МФ}) = RT \cdot \ln(N_{\text{МФ}}^{e-i} / N_{\text{МФ}}^2), \quad (2.10)$$

де $N_{\text{МФ}}^{e-i}$, $N_{\text{МФ}}^2$ – рівноважні молярні частки МФ у відповідній фазі.

Показник ГЛБ МФ [98] визначали експериментально за даними рівноважних концентрацій МФ, яка розподіляється у відповідній фазі, за формулою

$$\text{ГЛБ} = 7 + 0,36 \ln(C_{\text{МФ}}^{e-i} / C_{\text{МФ}}^2). \quad (2.11)$$

Вивчено закономірності розділення бінарної системи з ЕАГП залежно від технологічних параметрів. За визначеними під час одержання МФ_{МАГ-ДАГ} масами гексану, ізопропанолу, води, МФ у неполярній гексановій і полярній водо-ізопропаноловій фазах було розраховано їх молярні частки та рівноважні концентрації, за якими обчислено коефіцієнти розподілу $D_{C_6H_{14}}(MF)$ і вилучення $\alpha_{C_6H_{14}}(MF)$ масляної фази гексаном; показник, що характеризує міжмолекулярні зв'язки та вільну енергію розподілу МФ між двома фазами ΔG , а також показник ГЛБ [98; 99; 162], які наведено в табл. 2.18.

Таблиця 2.18 – Показники розділення МФ і міжчасткової взаємодії у бінарній системі гексан–ізопропанол (температура переестерифікації – $36 \pm 1^\circ \text{C}$, екстракції – $25 \pm 2^\circ \text{C}$)

№ зразка	Тривалість реакції, $\tau 60^{-1} \text{c}$	Співвідношення вихідних компонентів			$W(H_2O), \%$	$D_{C_6H_{14}}(MF)$	$\alpha_{C_6H_{14}}(MF)$	$\frac{N_{C_3H_8O}(MF)}{N_{C_6H_{14}}(MF)}$	$-\Delta G(MF)$ кДж/моль	ГЛБ (МФ)
		$\frac{U_{O_{\text{ліп}}}}{U(KOH)}$	$\varphi(C_6H_{14}): \varphi(C_3H_8O)$	$W_{O_{\text{ліп}}}: W(C_6H_{14}): W(C_3H_8O)$						
5	10	1,54	0,4:0,6	1,2:1,8:3,0	17,3	3,19	0,42	0,088	5,91	6,58
9	30	1,54	0,4:0,6	1,2:1,8:3,0	16,2	3,24	0,48	0,089	5,89	6,58
13	10	1,54	0,6:0,4	1,0:2,5:2,5	16,2	4,50	0,82	0,059	6,91	6,46
1	30	1,54	0,6:0,4	1,0:2,5:2,5	16,4	4,76	0,80	0,058	6,92	6,44
15	10	1,54	0,5:0,5	1,5:2,2:2,2	13,0	2,30	0,70	0,129	4,99	6,70
3	30	1,54	0,5:0,5	1,5:2,2:2,2	12,4	1,94	0,49	0,172	4,29	6,76
7	10	1,54	0,7:0,3	1,2:3,0:1,8	7,5	1,45	0,83	0,166	4,38	6,74
11	30	1,54	0,7:0,3	1,2:3,0:1,8	8,4	1,46	0,77	0,237	3,50	6,86
14	10	0,77	0,4:0,6	0,7:2,0:3,3	26,4	3,96	0,34	0,076	6,28	6,50
2	30	0,77	0,4:0,6	0,7:2,0:3,3	25,2	3,32	0,29	0,092	5,81	6,57
6	10	0,77	0,6:0,4	0,6:2,7:2,7	22,0	3,30	0,70	0,096	5,71	6,57
10	30	0,77	0,6:0,4	0,6:2,7:2,7	22,9	3,04	0,66	0,105	5,49	6,60
8	10	0,77	0,5:0,5	0,8:2,6:2,6	18,8	2,49	0,35	0,137	4,84	6,67
12	30	0,77	0,5:0,5	0,8:2,6:2,6	18,8	2,22	0,44	0,157	4,50	6,71
16	10	0,77	0,7:0,3	0,7:3,3:2,0	18,0	1,90	0,72	0,160	4,46	6,77
4	30	0,77	0,7:0,3	0,7:3,3:2,0	17,5	2,07	0,73	0,150	4,61	6,74

Отримані результати свідчать, що залежно від параметрів одержання МФ зазначені показники закономірно змінюються: збільшення в системі олія–гексан–ізопропанол частки ізопропанолу від 1,8 до 3,3 за співвідношень олія:калій гідроксид 1,54 та 0,77 моль/моль відповідно зумовлює збільшення масової частки води для розшарування реакційної системи, % (7,9; 12,7; 16,3; 16,8 та 17,8; 18,8; 22,4; 26,0); зростання в цілому показника вільної енергії розподілу масляної фази $\Delta G(\text{МФ})$, кДж/моль (– 3,94; – 4,64; – 6,91; – 5,90 та – 4,54; – 4,67; – 5,60; – 6,04) і коефіцієнта розподілу в неполярній фазі відносно полярної (1,8; 2,1; 4,6; 3,2 та 2,0; 2,4; 3,2; 3,6); зменшення загалом показника ГЛБ (6,8; 6,7; 6,5; 6,6 та 6,8; 6,7; 6,6; 6,5).

Підвищення в бінарній системі частки неполярного агента гексану $\varnothing(\text{C}_6\text{H}_{14})$ поліпшує її екстрагувальну здатність щодо вилучення МФ і зумовлює підвищення коефіцієнта вилучення гексаном від 0,42...0,48 до 0,75...0,83 для зразків, одержаних за співвідношення $\nu_{\text{олія}}:\nu(\text{КОН})=1,54$, та від 0,29...0,34 до 0,72...0,73% — за співвідношення 0,77. Максимальної екстракції МФ_{МАГ-ДАГ} із більшим коефіцієнтом вилучення на рівні 0,42...0,83, коефіцієнтом розподілу 1,5...4,5 за показника вільної енергії розподілу –3,94...–6,91 кДж/моль досягнуто для зразків із виходом МФ 41,1...81,7 і МАГ, ДАГ 38,0...53,3%, одержаних за співвідношення $\nu_{\text{олія}}:\nu(\text{КОН})=1,54$ моль/моль.

Вивчено залежність масової частки води $W(\text{H}_2\text{O})$, необхідної для максимального розшарування бінарної системи (параметри переестерифікації: $36\pm 1^\circ\text{C}$; 10·60 с; $\nu_{\text{олія}}:\nu(\text{КОН})=1,54$; температура екстракції $25\pm 2^\circ\text{C}$), коефіцієнтів розподілу і вилучення від співвідношення олія:гексан:ізопропанол (табл. 2.19).

Таблиця 2.19 – Вивчення впливу масової частки води на розподіл МФ_{МАГ-ДАГ} у фазах бінарного розчинника гексан–ізопропанол

$W_{\text{олія}}:W(\text{C}_6\text{H}_{14}):W(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})$											
1,2:3,0:1,8			1,5:2,2:2,2			1,0:2,5:2,5			1,2:1,8:3,0		
$W(\text{H}_2\text{O}),$ %	$D(\text{МФ})$	$\alpha(\text{МФ})$	$W(\text{H}_2\text{O}),$ %	$D(\text{МФ})$	$\alpha(\text{МФ})$	$W(\text{H}_2\text{O}),$ %	$D(\text{МФ})$	$\alpha(\text{МФ})$	$W(\text{H}_2\text{O}),$ %	$D(\text{МФ})$	$\alpha(\text{МФ})$
8	2,07	0,83	12	1,97	0,48	16	4,50	0,82	18	3,23	0,48
10	1,28	0,70	14	1,92	0,47	18	4,53	0,81	20	3,08	0,39
12	1,18	0,64	16	1,88	0,44	20	4,00	0,74	22	2,81	0,32
14	1,16	0,64	18	1,76	0,35	22	3,30	0,67	24	2,80	0,32

Проаналізувавши результати, наведені в табл. 2.19, можна зробити висновок, що максимальне розділення фаз бінарного розчинника і вилучення МФ_{МАГ-ДАГ} гексаном відбувається за умов додавання води кількістю, що є мінімальною

для розшарування. Установлено, що найменшу частку води, яка становить 8%, необхідно додати, щоб подолати сили взаємодії і розділити бінарну систему з об'ємними частками гексану та ізопропанолу в бінарному розчиннику — 0,7:0,3. Із подальшим додаванням води зменшуються значення коефіцієнтів розподілу, вилучення МФ. Визначити точно кількість води і момент розшарування можна за помутнінням розчину, вимірюючи його показник заломлення (рис. 2.11).

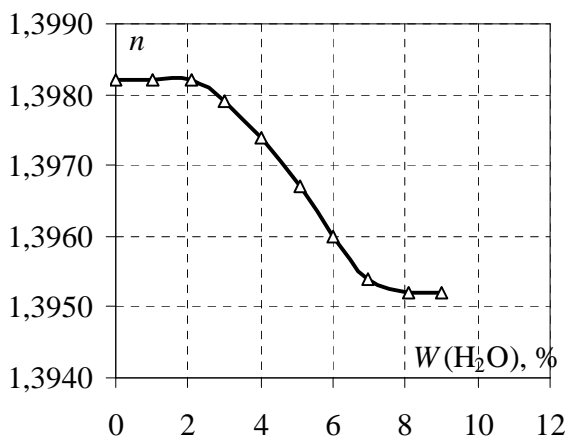


Рисунок 2.11 – Залежність показника заломлення (21,0° С) реакційної системи від масової частки води для розшарування

Перехід досліджуваної бінарної системи від гомогенної до гетерогенної поблизу критичної точки супроводжується сильним світлорозсіюванням унаслідок критичних флуктуацій. На кривій розчинності (рис. 2.11) $W(\text{H}_2\text{O})=7,5\%$ відповідає точці помутніння, $W(\text{H}_2\text{O})=9,0\%$ — розшаруванню, що корелює з даними табл. 2.18 і 2.19.

Вплив температури екстракції на розподіл МФ у фазах бінарного розчинника і вилучення її гексаном (рис. 2.12) вивчено залежно від співвідношення гексану та ізопропанолу (параметри переестерифікації: $\nu_{\text{Олія}}$: $\nu(\text{KOH})=1,54$; $36\pm 1^\circ\text{C}$; 10-60 с).

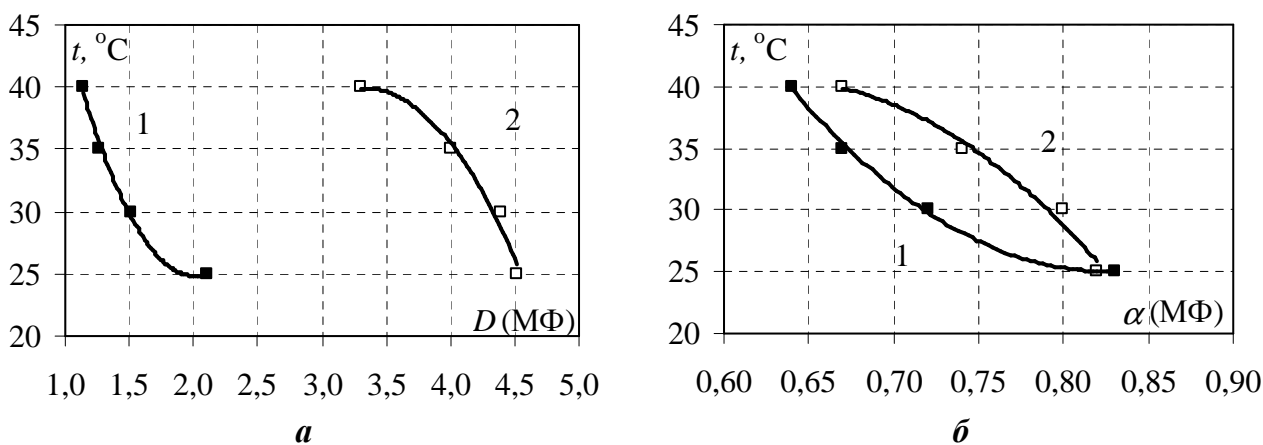


Рисунок 2.12 – Залежність коефіцієнтів розподілу МФ у фазах бінарного розчинника (а) і вилучення її гексаном (б) від температури екстракції і співвідношення $\varphi(\text{C}_6\text{H}_{14})$: $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})$: 1 – 0,7:0,3; 2 – 0,6:0,4

За отриманими залежностями (рис. 2.12) встановлено, що з підвищенням температури екстракції від 25 ± 2 до 40 ± 2 °С коефіцієнти розподілу D і вилучення α гексаном зразків $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ знижуються, що може бути викликано підвищенням спорідненості МАГ і ДАГ до ізопропанолу.

Умови для сильнішої взаємодії молекул ізопропанолу з МАГ, ДАГ створюються за співвідношення гексан:ізопропанол 0,7:0,3 (1), ніж за 0,6:0,4 (2), що підтверджується меншими величинами D : 2,11...1,14 проти з 4,52...3,30 відповідно.

За температури 25 ± 2 °С спостерігається максимальний розподіл $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ (2.12 а) у гексані і вилучення ним (2.12 б): значення D дорівнюють 2,11 (1) і 4,52 (2); α — 0,83 (1) і 0,82 (2).

Проведені дослідження дозволяють визначитися з раціональними параметрами, за яких утворюється $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ такого складу ацилгліцеринів, що надає їй найбільшої спорідненості до неполярного агента гексану, унаслідок чого відбувається її максимальна екстракція. Ураховуючи, що $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ із максимальною $W_{\text{МАГ-ДАГ}} = 53,3 \pm 0,3\%$ і виходом $80,1 \pm 1,2\%$, максимальними показниками екстракції ($D=4,52$; $\alpha=0,82$; $\Delta G = -6,91$ кДж/моль) була одержана за температури переестерифікації 36 ± 1 °С; тривалості 10-60 с; співвідношення масових часток олія:гексан:ізопропанол 1,0:2,5:2,5; олія:калій гідроксид 1,54 моль/моль; температури екстракції 25 ± 2 °С, то ці параметри слід прийняти за раціональні.

Моделювання одержання емульгаторів для МСВ здійснено із застосуванням математичних методів планування експерименту. Для побудови математичних моделей технологічного процесу одержання ЕАГП застосовано центральне композиційне ортогональне планування за повним факторним експериментом 2^4 (ПФЕ 2^4). Порядок експериментів рангомізували з урахуванням таблиці випадкових чисел, що виключало вплив неконтрольованих параметрів на отримувані результати [212]. Під час обробки експериментальних даних застосовувалися такі статистичні критерії: перевірка однорідності дисперсій — критерій Кохрена; значущість коефіцієнтів рівнянь регресії — критерій Стьюдента; адекватність рівнянь — критерій Фішера [212].

Для об'єктивного судження про ступінь вірогідності отриманих даних проводили математичну обробку результатів досліджень [213]. Надійність отриманих результатів визначали за допомогою коефіцієнтів Стьюдента (t_{ST}) для прийнятого рівня залежності $P=0,05$ і відповідного $(n-1)$ числу ступенів свободи.

Межі зміни параметрів наведено в табл. 2.20.

Таблиця 2.20 – Параметри одержання ЕАГП у вигляді МФ_{МАГ-ДАГ} і межі їх зміни

Змінна	Найменування параметра	Рівень варіювання					Інтервал варіювання
		-1,414	-1	0	+1	+1,414	
x_1	Маса олії, г	7,93	10,0	15,0	20,0	22,07	5,0
x_2	Маса гексану, г	25,86	30,0	40,0	50,0	54,14	10,0
x_3	Маса ізопропанолу, г	25,86	30,0	40,0	50,0	54,14	10,0
x_4	Тривалість реакції, 60 ⁻¹ с	5,9	10,0	20,0	30,0	34,1	10,0

Отримано рівняння (2.12), що адекватно описує досліджені залежності масової частки МАГ-ДАГ в ЕАГП від початкових параметрів їх одержання (табл. 2.20):

$$Y_p = 48,0 + 2,6 \cdot x_1 + 4,1 \cdot x_2 - 1,3 \cdot x_3 - 1,9 \cdot x_4 - 4,6 \cdot x_1^2 - 4,6 \cdot x_2^2 + 2,3 \cdot x_3^2 + 1,3 \cdot x_4^2. \quad (2.12)$$

Критерієм оцінки оптимізації вибрано емульгувальну здатність (ЕЗ) в емульсії м'ясо–вода–олія зразків МФ_{МАГ-ДАГ} ($W_{\text{МФ}}=0,5\%$), одержаних за різних початкових параметрів. Під час визначення ЕЗ [152] наважки подрібненого м'яса масою 7,000 г суспензювали в 100 см³ води в гомогенізаторі VSH 045 за частоти обертання 66,6 с⁻¹ упродовж 60 с. Далі додавали 100 см³ рафінованої соняшникової олії зі зразками МФ_{МАГ-ДАГ} і суміш емульгували в гомогенізаторі за частоти обертання 66,6 с⁻¹ упродовж 5-60 с. Після цього емульсію вносили в чотири відкалібровані центрифужні пробірки об'ємом 10 см³ і центрифугували за 500 с⁻¹ упродовж 12-60 с.

За вимірними об'ємами емульгованої олії розраховували ЕЗ емульсії м'ясо–вода–олія за формулою (2.13):

$$EЗ = \frac{V_1}{V_{\text{олії}}} \cdot 100\%, \quad (2.13)$$

де V_1 – об'єм емульгованої олії, см³;

$V_{\text{олії}}$ – загальний об'єм олії, см³.

Матриця планування і результати експерименту наведені в табл. 2.21 та на рис. 2.13.

**Таблиця 2.20 – Матриця планування і результати
повного факторного експерименту 2^4**

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	Y_1	Y_2	$Y_{сеп}$
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	94,37	94,37	94,37
2	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	80,82	80,78	80,80
3	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	90,20	90,30	90,25
4	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	91,80	91,60	91,70
5	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	83,70	83,70	83,70
6	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	93,49	93,51	93,50
7	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	94,30	97,30	95,80
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	88,60	88,80	88,70
9	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	84,30	85,30	84,80
10	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	91,61	91,59	91,60
11	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	94,86	94,56	94,71
12	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	84,55	84,59	84,57
13	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	97,05	97,05	97,05
14	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	83,20	82,80	83,00
15	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	90,62	90,58	90,60
16	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	96,30	96,30	96,30
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96,50	96,50	96,50
18	1	1,414	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93,20	93,20	93,20
19	1	-1,414	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89,11	89,09	90,10
20	1	0	1,414	0	0	0	0	0	0	0	0	99,81	99,85	99,83
21	1	0	-1,414	0	0	0	0	0	0	0	0	87,67	87,73	87,70
22	1	0	0	1,414	0	0	0	0	0	0	0	91,09	91,09	91,09
23	1	0	0	-1,414	0	0	0	0	0	0	0	96,42	96,38	96,40
24	1	0	0	0	1,414	0	0	0	0	0	0	92,80	92,94	92,87
25	1	0	0	0	-1,41	0	0	0	0	0	0	95,11	95,13	95,12

Найбільшу емульгувальну здатність у модельних м'ясних емульсіяx (95,8...97,1%) виявили зразки з вмістом МАГ-ДАГ 48...54%. Так, ЕЗ 97,1±0,2%, продемонстрував зразок емульгатора (№13), у якому масова частка МАГ-ДАГ становила 53,3±0,3% (параметри одержання: $m_{\text{Олія}}:m(\text{C}_6\text{H}_{14}):m(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})=20:50:50$; $\nu_{\text{Олія}}:\nu(\text{KOH})=1,54$; $t=36\pm 1^\circ\text{C}$; $\tau=10\text{-}60\text{ c}$).

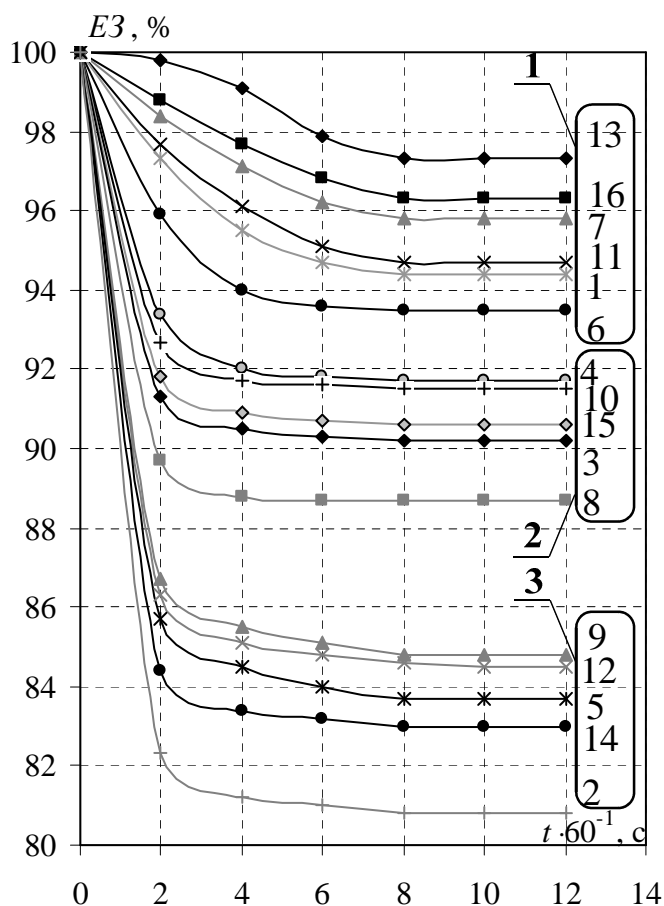


Рисунок 2.13 – Залежність емульгувальної здатності емульгаторів МФ_{МАГ-ДАГ} у модельних емульсіяx м'ясо–вода–олія від часу центрифугування і масової частки МАГ-ДАГ, %: 1 – 54...43; 2 – 45...38; 3 – 41...32

Отримано рівняння (2.14), що адекватно описує досліджені залежності емульгувальної здатності ЕАГП в емульсії м'ясо–вода–олія від початкових параметрів одержання (табл. 2.20) емульгатора у вигляді МФ_{МАГ-ДАГ}:

$$Y_p = 96,33 + 1,35 \cdot x_1 + 4,29 \cdot x_2 - 1,65 \cdot x_3 - 1,00 \cdot x_4 - 0,22 \cdot x_1 x_2 - 0 \cdot x_1 x_3 + 0,61 \cdot x_1 x_4 + 1,24 \cdot x_2 x_3 - 0,29 \cdot x_2 x_4 + 0,28 \cdot x_3 x_4 - 2,57 \cdot x_1^2 - 1,26 \cdot x_2^2 - 1,27 \cdot x_3^2 - 1,15 \cdot x_4^2. \quad (2.14)$$

Результати досліджень показали, що стійкість м'ясних емульсій за наявності МФ_{МАГ-ДАГ} можна регулювати параметрами одержання емульгаторів.

Визначення практичних показників ефективності ПАР як емульгаторів проводили за відомими методиками, що певною мірою були пристосовані до умов дослідження ліпофільних неіоногенних ПАР із застосуванням спеціальних (система показників ГЛБ) і фізико-хімічних критеріїв (диспергування гетерогенних систем, утворення гідрофобізуючих плівок, стабілізація дисперсних систем), а також за допомогою безпосередньої оцінки їх дії (емульгувальних властивостей) [162–164].

Поверхневий натяг σ на межі з повітрям системи вода–етанол зі зразками $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ визначали за допомогою методу «відриву кільця» [165]. За побудованою ізотермою поверхневого натягу від концентрації ПАР визначали їх колоїдні характеристики: критичну концентрацію міцелоутворення (ККМ); для ділянки ізотерми до ККМ знаходили рівняння лінійної залежності з величиною достовірної апроксимації 0,99; розраховували поверхневу активність ($-d\sigma/dc$), поверхневий тиск адсорбційного шару ПАР за ККМ (π); граничну адсорбцію для моношару Γ_m , геометричні параметри молекул $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ — площу однієї молекули ПАР у насиченому адсорбційному шарі (S) і товщину (δ) адсорбційного шару 1 моль (осьову довжину молекули ПАР), об'єм однієї молекули (V).

Поверхневі властивості зразків (13, 7, 16 і 11), що виявили найбільшу емульгувальну здатність, було вивчено за зміною поверхневого натягу σ на межі з повітрям системи вода–етанол від масової частки емульгаторів $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$ і масового співвідношення в них $W_{\text{МАГ-ДАГ}}:W_{\text{ТАГ}}$ (рис. 2.14).

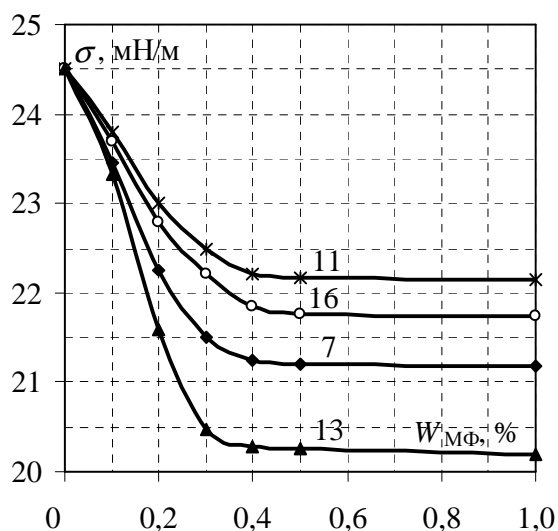


Рисунок 2.14 – Залежність поверхневого натягу на межі з повітрям системи вода–етанол від масової частки емульгатора і співвідношення $W_{\text{МАГ-ДАГ}}:W_{\text{ТАГ}}$: 13 – 1,15; 7 – 0,97; 16 – 0,93; 11 – 0,91

Побудовані залежності ілюструють типове для ПАР зниження поверхневого натягу (на 9,4...16,5%) із підвищенням у системі від 0,1 до 1,0% вмісту $M\Phi_{\text{МАГ-ДАГ}}$.

Найбільше (від $24,51 \pm 0,12$ до $20,20 \pm 0,14$ мН/м) σ знижується в системі з МФ_{МАГ-ДАГ} №13. Зі зростанням в емульгаторах масової частки гідрофільних МАГ, ДАГ (47,5; 48,0; 49,0; 53,3%) та їх співвідношення до гідрофобних ТАГ (0,91; 0,93; 0,97; 1,15) спостерігається підвищення поверхневої активності МФ_{МАГ-ДАГ} у системі вода–етанол–повітря в 6,2 раз.

За ізотермами поверхневого натягу розраховано колоїдні характеристики досліджених зразків емульгаторів (табл. 2.22).

Таблиця 2.22 – Колоїдні характеристики досліджених зразків МФ_{МАГ-ДАГ}

№ зразка	$W_{\text{МАГ-ДАГ}}:W_{\text{ТАГ}}$	ККМ, моль/м ³	π , мН/м	$\Gamma_m \cdot 10^5$, моль/м ²	$-d\sigma/dc$, Дж·м/моль	$S \cdot 10^{19}$, моль/м ²	$\delta \cdot 10^{-3}$, нм	W, кДж/м ²	S/S ₀
13	1,15	3,38	4,03	107,5	11,60	0,015	0,95	30,99	0,007
7	0,97	3,51	3,13	72,2	3,70	0,023	0,67	30,81	0,010
16	0,93	4,35	2,66	55,0	2,37	0,030	0,52	30,27	0,013
11	0,91	4,36	2,31	47,6	1,87	0,035	0,45	30,26	0,015

Зразок №13, концентруючись на межі поділу фаз рідина–повітря, унаслідок адсорбції утворює найтовщий адсорбційний шар ($0,95 \cdot 10^3$ нм), виявляючи найбільшу поверхневу активність (11,60 Дж·м/моль). Величина розрахованої роботи адсорбції (30,99 кДж/м²) досліджених зразків емульгаторів знаходиться на рівні, достатньому для одержання і стабілізації м'ясних емульсій.

Таким чином, за встановленими закономірностями одержання ЕАГП, раціональними параметрами розроблено технологічну схему одержання ЕАГП (рис. 2.15).

Згідно з технологічною схемою (рис. 2.15) підготовлений 1,5...1,6% розчин калій гідроксиду в ізопропанолі, виходячи з масового співвідношення олія:гексан:ізопропанол — 1:2,5:2,5, уводять до місцели з масовою часткою 28...30% (рафінованої соняшникової олії в гексані) і здійснюють переестерифікацію за постійного перемішування системи впродовж (10...12)·60 с за температури 35...40° С.

Для завершення переестерифікації до бінарної системи додають воду кількістю 16...18% від маси системи та перемішують. Двофазну систему витримують до повного розділення водо-ізопропанолового шару з милами, частково МАГ, ДАГ тощо від гексанового з ТАГ, ДАГ, МАГ.

Випаровування гексану з місцели проводять у роторному випарнику ИР-1М2 (40° С; 335 мбар) упродовж (5...10)·60 с та одержують ЕАГП у вигляді МФ_{МАГ-ДАГ} — рідини світло-жовтого кольору (характерного для гліцеринів ненасичених жирних кислот) із нейтральним смаком, без запаху.

Таким чином, згідно з інноваційною стратегією створення єдиного циклу «Одержання ЕАГП – одержання МСВ» і на підставі вищезазначених результатів

теоретичних та експериментальних досліджень реалізовано перший етап задуму — науково обґрунтовано та розроблено технологію одержання ЕАГП із соняшникової олії в бінарній системі гексан–ізопропанол за м'яких умов.

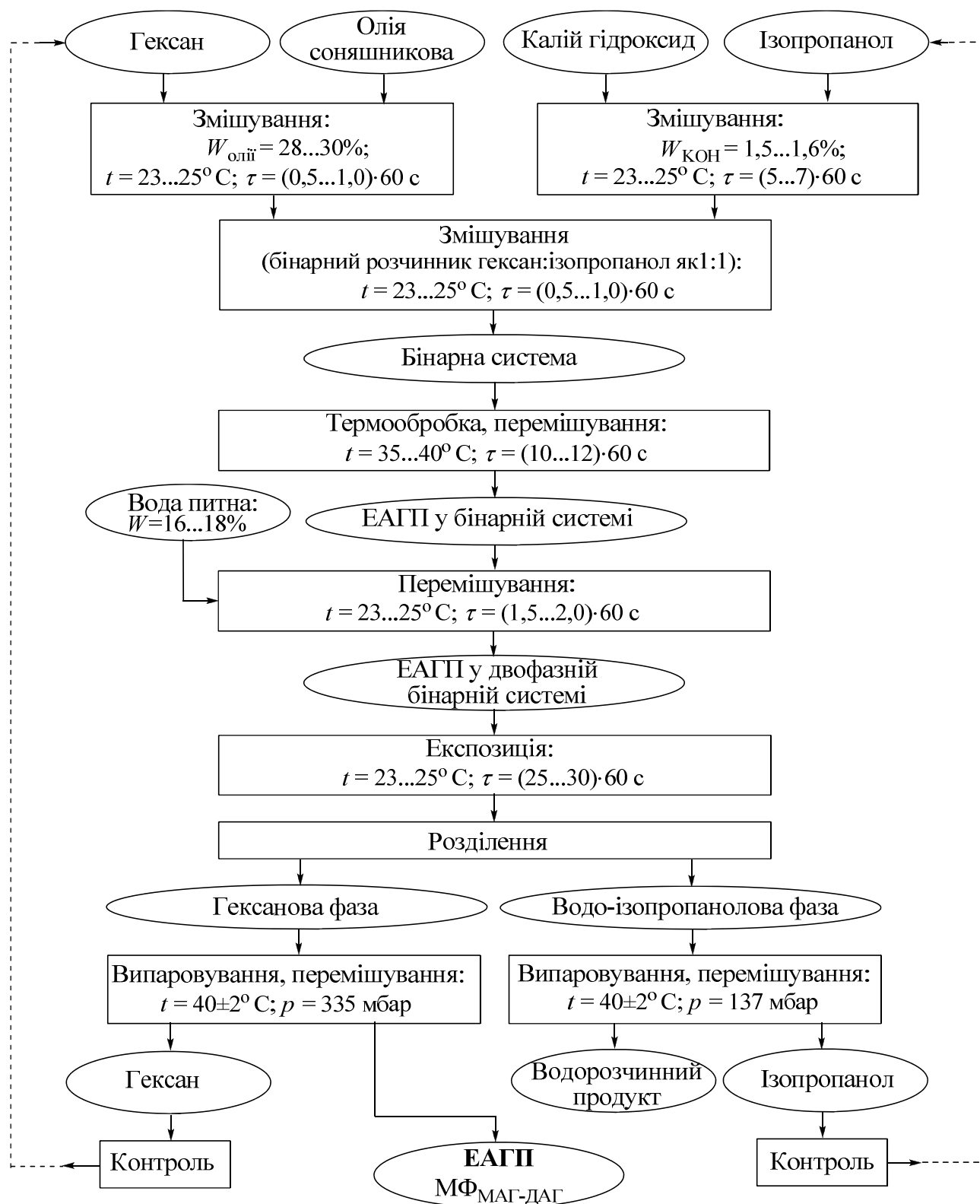


Рисунок 2.15 – Технологічна схема одержання ЕАГП

2.4. Комплексне дослідження складу, показників якості, визначення властивостей ЕАГП як емульгаторів м'ясних січених виробів

У визначеному методом ТШХ фракційному складі ЕАГП за вмісту сухих речовин $99,88 \pm 0,21\%$ (табл. 2.23) масова частка МАГ і ДАГ становить $54,19 \pm 1,20\%$, у тому числі МАГ $7,65 \pm 0,20\%$ (табл. 2.24).

Визначення в ЕАГП вмісту вітаміну Е, у тому числі ізомерів токоферолу, проводилося після екстрагування ацетоном також за допомогою методу ТШХ на пластинках із силікагелю із застосуванням бензолу.

Вміст стеролів визначено методом ТШХ на пластинках з алюміній оксиду та силікагелю в системі бензол–етанол із бромованням стеролів перед нанесенням проби.

Таблиця 2.23 – Загальний хімічний склад ЕАГП

Показник	Вміст у 100 г продукту
Масова частка вологи, %	0,12
Масова частка золи, %	сліди
Масова частка жиру, %, у тому числі:	99,88
жирні кислоти (сума), %	94,89
Вітаміни, у тому числі:	
вітаміни групи Е, мг, у тому числі:	42
α -токоферол	39
β , γ -токоферол	1
δ -токоферол	2
стероли, г, у тому числі:	0,27
кампестерол	0,02
стигмастерол	0,02
β -ситостерол	0,19
Δ^7 -стигмастенол	0,04
Макроелементи, мг%, у тому числі:	2
Фосфор	2

Таблиця 2.24 – Фракційний склад ЕАГП

Назва фракції	Масова частка, %
Речовини на старті	0,15±0,01
МАГ	7,65±0,20
1,2-ДАГ	8,50±0,20
1,3-ДАГ	38,04±1,05
Жирні кислоти	0,11±0,01
ТАГ	45,55±1,25

Згідно з отриманими даними показників загального жирнокислотного складу ЕАГП (табл. 2.25) в ацилгліцеридах визначено 11,53% насичених кислот; 83,36% ненасичених кислот (НЖК:ННЖК=1:7,2) порівняно з 83,62% у соняшниковій олії (табл. 2.8); 59,69% ПНЖК (лінолевої кислоти).

Таблиця 2.25 – Загальний жирнокислотний склад ЕАГП

Назва жирної кислоти	Індекс кислоти	Вміст жирних кислот, %
Жирні кислоти (сума)		94,89
Насичені, у тому числі:		11,53
пальмітинова	C _{16:0}	6,27
стеаринова	C _{18:0}	4,23
арахінова	C _{20:0}	0,33
бегенова	C _{22:0}	0,70
Мононенасичені, у тому числі:		23,67
пальмітолеїнова	C _{16:1}	сліди
олеїнова	C _{18:1}	23,58
гадолеїнова	C _{20:1}	сліди
Поліненасичені, у тому числі:		59,69
лінолева (ω -6)	C _{18:2}	59,69

За УФ-спектром поглинання ЕАГП (рис. 2.16 а) виявлено інтенсивну смугу 210 нм (рис. 2.16 а), що відповідає $\pi \rightarrow \pi^*$ переходам для ізольованих ненасичених зв'язків і підтверджує дані газохроматографічних досліджень (табл. 2.25).

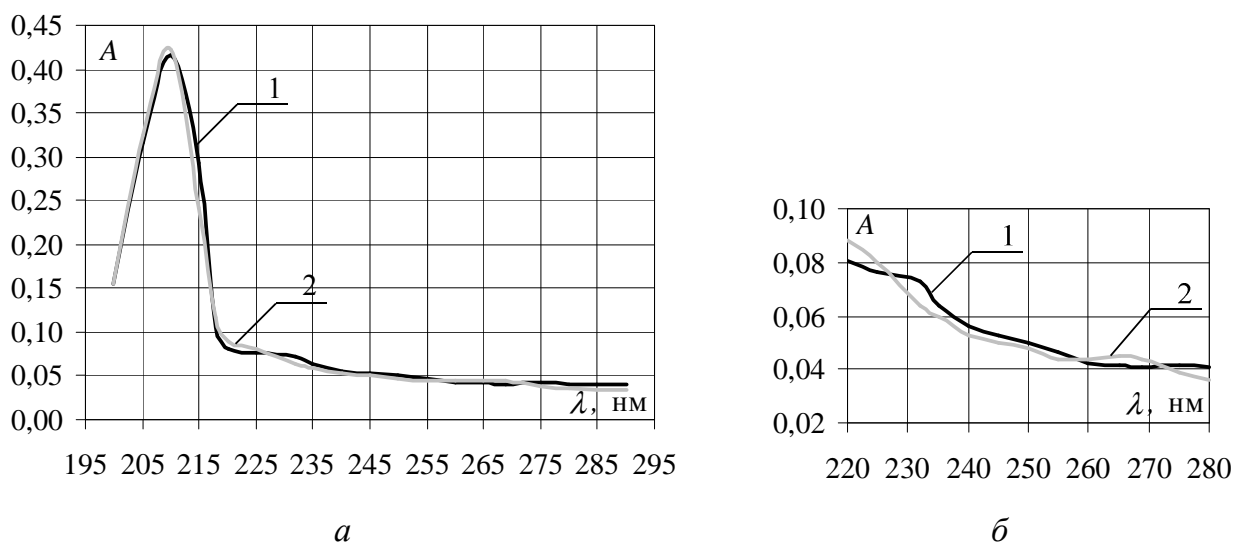


Рисунок 2.16 – УФ-спектри поглинання (а) 0,02% розчинів в ізооктані ЕАГП (1) і рафінованої соняшникової олії (2), у тому числі за 232 і 268 нм (б)

В УФ-спектрах ЕАГП, як і соняшникової олії (рис. 2.16 б), виявлено незначні за інтенсивністю смуги $\pi \rightarrow \pi^*$ електронних переходів у спряжених дієнових ($\lambda_{max}=232$ нм) і триєнових ($\lambda_{max}=268$ нм) структурах, що утворюються за позиційної ізомеризації, яка супроводжує незначне автоокиснення [237].

В ІЧ-спектрі ЕАГП (рис. 2.17) представлено характеристичні смуги поглинання, віднесені до відповідних типів валентних ν і деформаційних δ коливань (табл. 2.26) ТАГ.

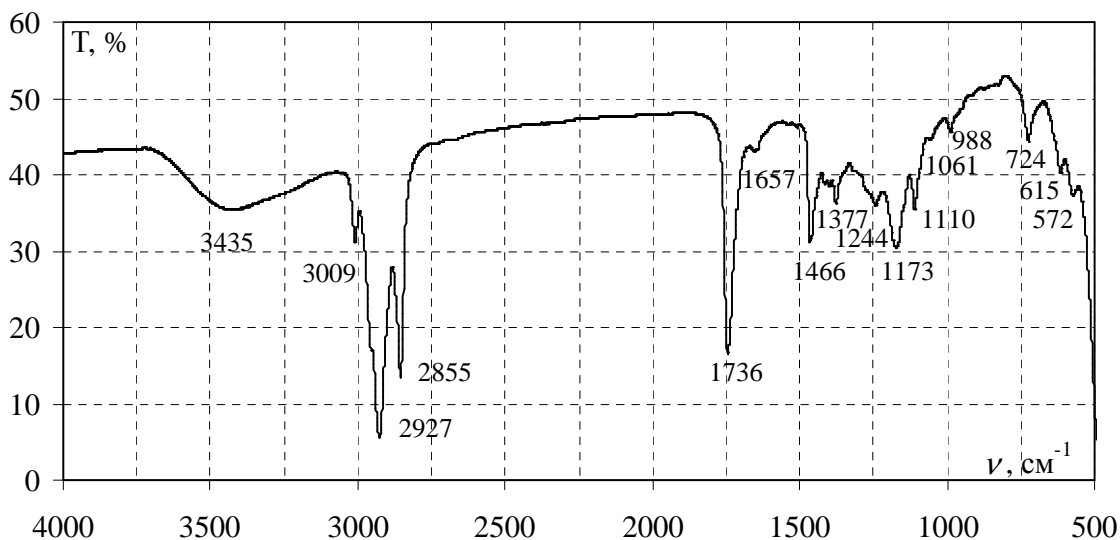


Рисунок 2.17 – ІЧ-спектр поглинання ЕАГП

Зокрема, в ІЧ-спектрі присутні: тріада смуг 1110, 1173, 1244 cm^{-1} ($\nu(\text{C}=\text{O})$ естерів; 1377 і 1416 cm^{-1} — $\delta_s(\text{C}-\text{H})$ у групах $-\text{CH}_3$ і $-\text{CH}_2-$; 1736 cm^{-1} — $\nu(\text{C}=\text{O})$

естерів; 2855 і 2927 см^{-1} — $\nu(\text{C-H})$ у групах $-\text{CH}_2-$; 3009 см^{-1} — $\nu_{as}(\text{C-H})$ у групах $-\text{CH}=\text{CH}-$ у *цис*-формі. Відсутність смуг поглинання за 970 см^{-1} , 1675...1665 см^{-1} є свідченням того, що одержаний за м'яких умов ЕАГП не містить *транс*-ізомерів.

Таблиця 2.26 – Віднесення характеристичних смуг поглинання в ІЧ-спектрі ЕАГП

Хвильове число, см^{-1}	Віднесення смуги
572	Нерозгалужені <i>цис</i> -алкени $\text{R}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
615	Нерозгалужені <i>цис</i> -алкени $\text{R}_1-\text{CH}=\text{CH}-\text{R}_2$
724	Скелетні в ланцюгах $(\text{CH}_2)_n$ за $n > 4$ деформаційні коливання
916	Деформаційні коливання $\delta(\text{OH})$ груп $-\text{OH}$ у карбоксильних групах кислот
988	Деформаційні позаплощинні коливання $-\text{C}$ у групі $-\text{HC}=\text{CH}$
1061	Валентні коливання $\nu(\text{OH})$ груп $-\text{OH}$ первинних спиртів
1110	Тріада смуг естерів: комбінація валентних коливань ν_{as} груп $-\text{CH}_2-\text{OCO}-$ і $-\text{OCH}_2-\text{CH}_2-$
1173	
1244	
1377	Деформаційні $\delta_s(\text{CH})$ коливання групи $-\text{CH}_3$
1400	Деформаційні $\delta_s(\text{CH})$ коливання групи $-\text{CH}_3$
1416	Деформаційні $\delta_s(\text{CH})$ коливання групи $-\text{CH}_2-$
1466	Деформаційні коливання $\delta_s(\text{CH})$ груп $-\text{CH}_2-$ і $-\text{CH}_3$
1657	Валентні коливання $\nu(\text{CH})$ ізольованих груп $-\text{CH}=\text{CH}-$; валентні коливання $\nu_{as}(\text{CH})$ групи $-\text{CH}=\text{CH}-$ у <i>цис</i> -формі
1736	Валентні коливання $\nu(\text{C}=\text{O})$ естерів
2855	Валентні коливання $\nu_s(\text{CH})$ груп $-\text{OCH}_3$ і $-\text{CH}_2-$
2927	Валентні коливання $\nu_{as}(\text{CH})$ групи $-\text{CH}_2-$
2953	Валентні коливання $\nu_{as}(\text{CH})$ групи $-\text{CH}_3$
3009	Валентні коливання $\nu_{as}(\text{CH})$ групи $-\text{CH}=\text{CH}-$ у <i>цис</i> -формі
3435	Валентні коливання $\nu(\text{O}-\text{H})$ асоційованої групи $\text{O}-\text{H}$

Наявність інтенсивних смуг поглинання за 1657 і 3009 см^{-1} (табл. 2.26) доводить збереження ненасичених кислот в ЕАГП у нативному стані, *цис*-формі, на рівні їх вмісту в соняшниковій олії.

Спектральні криві залежності оптичної густини A від хвильового числа (рис. 2.18 *а*) за 3009 см^{-1} ілюструють максимум поглинання зразків 1 і 2 і вміст ненасичених кислот в ЕАГП, олії (A : $0,842$ і $0,654$; $\Delta\nu_{1/2}$: $16,7$ і $20,0\text{ см}^{-1}$ відповідно). У зразка 3 максимум відсутній, бо ацилгліцерини Е471 (S-200K) представлені тільки насиченими жирними кислотами.

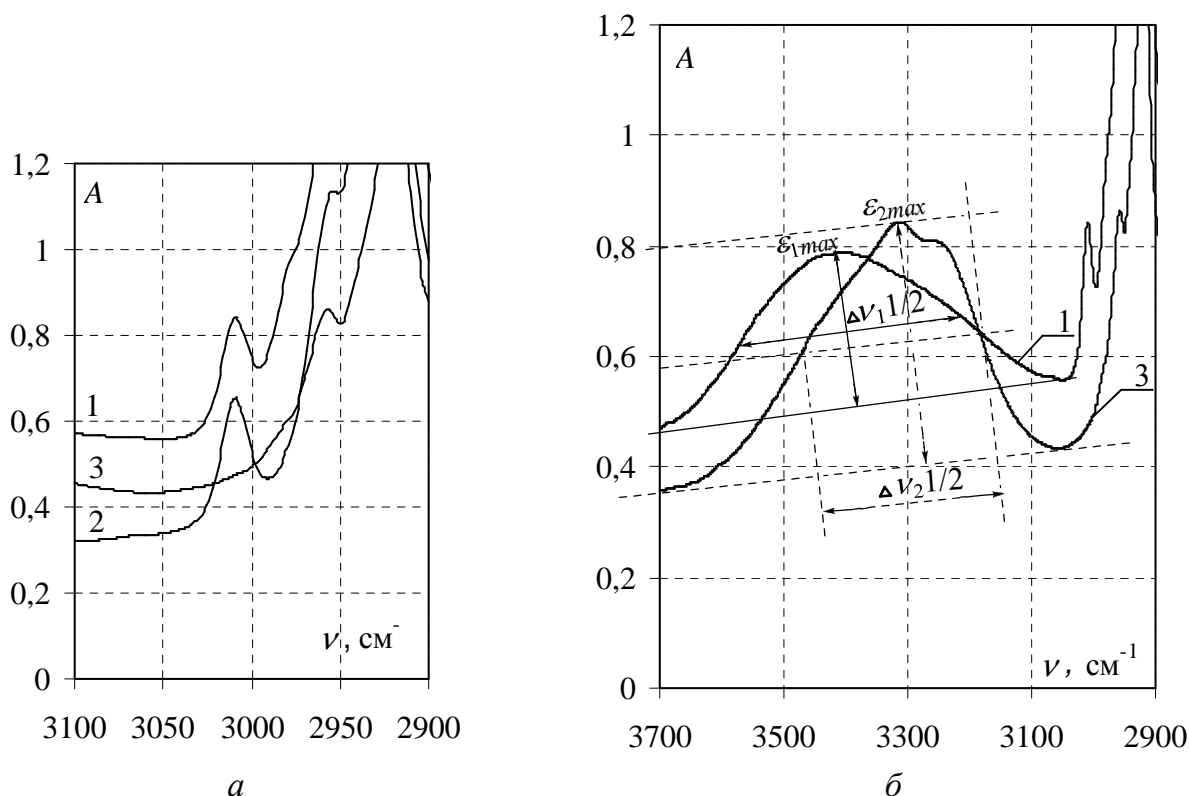


Рисунок 2.18 – Порівняння інтенсивності смуг валентних коливань ЕАГП (1); рафінованої соняшникової олії (2); емульгатора Е471 (3) за хвильового числа: a – 3009 см^{-1} — $\nu_{as}(\text{C}=\text{H})$ в $-\text{CH}=\text{CH}-$ у *цис*-формі; b – $3435\text{...}3365\text{ см}^{-1}$ — $\nu(\text{O}-\text{H})$

ІЧ-спектри досліджуваних зразків рафінованої соняшникової олії та ЕАГП схожі, оскільки їх склад близький і вони мають практично ідентичні спектри частотних характеристик сигналів, що відповідають карбоновому ланцюгу жирнокислотних фрагментів молекули й однаковим функціональним групам — естерній, асоційованій гідроксильній у складі карбоксильної, вільних жирних кислот. Відрізняються ІЧ-спектри ЕАГП наявністю широкої смуги (рис. 2.18 *б*), зареєстрованої за $3435\text{...}3365\text{ см}^{-1}$ і характерної для валентних коливань $\nu(\text{O}-\text{H})$ вільних гідроксильних груп, асоційованих у вигляді мономерів і димерів, смуги за 1061 см^{-1} , характерної для валентних коливань гідроксильних груп первинних спиртів [150–152].

Згідно з розрахованою площею, обмеженою кривою і горизонтальною нульовою лінією, яка для зразків 1 і 3 дорівнювала 486 і 440 відповідно, і рівнянням калібрувальної прямої ($S = 9,07 \cdot W_{\text{МАГ-ДАГ}} - 0,23$) масова частка МАГ і ДАГ в ЕАГП становить $53,62 \pm 0,26\%$; емульгаторі Е471 — $48,50 \pm 0,25\%$.

Отримані результати свідчать про вагомні переваги одержаного за м'яких умов нового емульгатора: збереження в ньому ненасичених жирних кислот у *цис*-формі, відсутність *транс*-ізомерів, більший, ніж у дослідженому промисловому емульгаторі, вміст МАГ і ДАГ.

Визначені фізико-хімічні показники емульгаторів (табл. 2.27) також підтверджують переваги ЕАГП за величиною кислотного, йодного, пероксидного чисел, питомого поглинання порівняно з промисловими емульгаторами Е471.

Таблиця 2.27 – Фізико-хімічні показники ЕАГП та інших емульгаторів Е471

Показник	ЕАГП	МД 40	S-200К
Основні параметри переестерифікації	$t = 37 \pm 2^\circ \text{C}$, $\tau = (10 \dots 12) \cdot 60 \text{ c}$	$t = 245^\circ \text{C}$, $\tau = (20 \dots 30) \cdot 60 \text{ c}$	$t = 245^\circ \text{C}$, $\tau = (20 \dots 30) \cdot 60 \text{ c}$
Кислотне число, мг КОН	$0,20 \pm 0,01$	$1,10 \pm 0,02$	$1,80 \pm 0,02$
Число омилення, мг КОН	$163,0 \pm 0,5$	$173,0 \pm 0,6$	$162,0 \pm 0,5$
Йодне число, г I ₂ /100 г	$121,0 \pm 0,2$	$50,0 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,1$
Пероксидне число, ммоль I/2O/кг	$3,34 \pm 0,01$	$3,42 \pm 0,01$	$3,67 \pm 0,01$
Показник ГЛБ	$6,1 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1$	$5,6 \pm 0,1$
Показник заломлення за 20° С	$1,4737 \pm 0,001$	$1,4560 \pm 0,001$	$1,4536 \pm 0,001$
Питоме поглинання за 232 нм за 268 нм	$3,84 \pm 0,01$ –	$3,98 \pm 0,01$ $1,03 \pm 0,01$	$4,11 \pm 0,01$ $1,14 \pm 0,01$

Результати дослідження окисної стабільності ЕАГП (рис. 2.19) підтвердили їх спроможність стабілізувати окисну деструкцію ліпідів [237]. На думку деяких дослідників [123], МАГ як інгібітори можуть виявляти активність у результаті передачі ланцюгів і регенерації жирнокислотних ліпідних залишків.

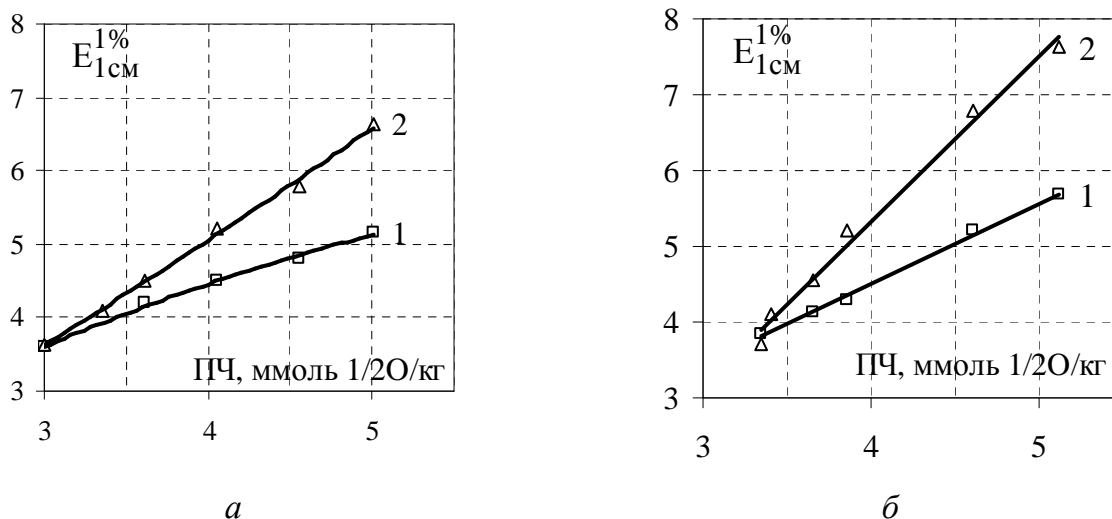


Рисунок 2.19 – Залежність питомого поглинання за 232 нм ЕАГП (1) і соняшникової олії (2) від пероксидного числа під час їх зберігання: а – 100 діб за температури 20±2° С ; б – 60 діб за температури 50±2° С

За визначеними мікробіологічними показниками (табл. 2.28) ЕАГП відповідають чинним вимогам МБТ і СН №5061, СанПіН 42-123-4940-88 [138] і у них відсутні патогенні мікроорганізми, бактерії групи кишкової палички, дріжджі, плісняві гриби; кількість МАФAM в 1 г зразка дорівнює 310 і не перевищує встановлених норм.

Таблиця 2.28 – Мікробіологічні показники ЕАГП

Показник	Допустимий рівень	Фактичне значення
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, не більш ніж	500	110
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , у 25 г	Не дозволено	Не виявлено
Бактерії групи кишкових паличок (колі форми), в 1 г	Не дозволено	Не виявлено
Дріжджі, КУО/г	Не дозволено	Не виявлено
Плісняві гриби, КУО/г, не більш ніж	100	Не виявлено

Згідно з токсикологічними випробуваннями (табл. 2.29) визначено, що вміст токсичних елементів, мікотоксинів, пестицидів у ЕАГП не перевищує допустимих рівнів, установлених МБТ і СН №5061.

Таблиця 2.29 – Вміст токсичних елементів, мікотоксинів, пестицидів в ЕАГП

Показник	Допустимий рівень	Фактичне значення
Токсичні елементи, мг/кг, не більше:		
Плюмбум (свинець)	0,10	0,02
Кадмій	0,05	0,02
Арсен (миш'як)	0,10	0,03
Меркурій (ртуть)	0,03	0,01
Купрум (мідь)	0,50	0,04
Цинкум (цинк)	5,00	0,07
Ферум (залізо)	5,00	0,05
Мікотоксини, мг/кг, не більше:		
афлатоксин В1	0,005	не виявлено
зеараленон	1,0	не виявлено
Пестициди, мг/кг, не більше:		
ГХЦГ гама-ізомер (гексахлоран)	0,05	не виявлено
гептахлор	не дозволено	не виявлено
ДДТ	0,1	не виявлено

На підставі аналітичних досліджень встановлено, що продукт ЕАГП належить до класу безпечних харчових добавок E471 зі статусом GRAS, які використовуються у складі харчових продуктів за технологічної необхідності без обмежень і кількісно не регламентуються [114–116].

Таким чином, результати дослідження складу та показників якості підтверджують відповідність ЕАГП вимогам державної системи контролю харчової продукції й можливість їх використання в технології МСВ.

Проведені дослідження з визначення показників якості та безпечності ЕАГП покладено в основу проекту технічних умов «Емульгатори ацилгліцеринної природи на основі соняшникової олії (ЕАГП)».

Згідно з основною функцією емульгаторів у м'ясних виробках емульсійної структури знижувати міжфазний натяг між фазами м'ясної емульсії, жировою і водною, проведено оцінку поверхнево-активних властивостей ЕАГП.

Оскільки ЕАГП у воді мають знижену розчинність, їх безпосередній вплив на поверхневий натяг води на межі з повітрям було досліджено за допомогою методу лежачої краплі (визначення поверхневого натягу води, вкритої моношарами нерозчинної ПАР), в основі якого є визначення форми і розмірів краплі, що знаходиться на незмочуваній поверхні [165]. Оцінку диспергуючої дії ЕАГП проводили за зміною поверхневого натягу в системі парафін–рідка фаза–повітря

з ними та за їх відсутності методом лежачої краплі. Розглянуто випадки рівноважного змочування рідиною (вода, олія, ЕАГП) твердої гідрофобної поверхні парафіну, а також змінної за гідрофобністю поверхні парафіну з масовою часткою ЕАГП 1...15% або вкритої плівкою ЕАГП. Гідрофілізація поверхні парафіну зі збільшенням масової частки ЕАГП суттєво погіршує змочування і створює сприятливі умови для визначення поверхневого натягу рідких фаз олії й ЕАГП на межі з повітрям.

Крапля рідини (води, олії, ЕАГП) з малими розмірами (радіусом $0,78 \cdot 10^{-6}$ м) і об'ємом $2 \cdot 10^{-9}$ м³ на твердій поверхні була сформована за допомогою мікрошприца HAMILTON 701N (10 мкл). За рівноважних умов (через 300 с) і температури 22° С за допомогою окуляр-мікрометра визначали геометричні параметри краплі, за якими розраховували поверхневий натяг σ , мН/м, за формулою

$$\sigma = h\rho_{\text{рід}}g(r_1^{-1} + r_2^{-1}), \quad (2.15)$$

де h – висота краплі, м;

r_1 і r_2 – головні радіуси кривизни, м;

$\rho_{\text{рід}}$ – густина рідини, кг/м³;

g – прискорення сили тяжіння, м/с²;

а також рівноважний крайовий кут θ_p :

$$\cos\theta_p = (r_k^2 - h^2)/(r_k^2 + h^2), \quad (2.16)$$

де h – висота краплі, м;

r_k – радіус площі контакту краплі з поверхнею, м.

Значення міжфазного натягу олії та ЕАГП на межі поділу з водою розраховано за даними поверхневого натягу рідких фаз води, олії та ЕАГП на межі з повітрям у системі парафін–рідка фаза–повітря згідно з правилом Антонова [98].

За визначеними за рівноважних умов розмірами краплі води, олії, ЕАГП на пластині парафіну залежно від масової частки ЕАГП у ньому, розраховано поверхневий натяг рідких фаз на межі з повітрям і рівноважний крайовий кут змочування (табл. 2.30).

Згідно з даними табл. 2.30 зі збільшенням вмісту ЕАГП у парафіні відбувається закономірне зниження поверхневого натягу води на межі з повітрям у системі парафін–вода–повітря і крайового кута змочування краплі води на парафіновій поверхні. Так, уведення ЕАГП масовою часткою до 1% зумовлює зниження поверхневого натягу на 5,32 мН/м, рівноважного кута — на 1,46°. Збільшення ЕАГП у парафіні викликає зростання їх адсорбції на межі поділу парафін–повітря, у результаті чого відбувається гідрофілізація поверхні парафіну і поступове зменшення крайових кутів до $93,38 \pm 1,41^\circ$ (на 13%), а також зни-

ження до $41,53 \pm 0,64$ мН/м (на 43%) величини поверхневого натягу. За 10,2% ЕАГП у парафіні (точка інверсії) спостерігається інверсія змочування.

Таблиця 2.30 – Вплив ЕАГП на поверхневі властивості в системі парафін–рідка фаза–повітря

$W_{\text{параф}}(\text{ЕАГП}),$ %	Поверхневий натяг $\sigma_{\text{пов.}}$, мН/м			Крайовий кут змочування θ_p , град.		
	Вода	Олія	ЕАГП	Вода	Олія	ЕАГП
0	$72,35 \pm 0,62$	$13,13 \pm 0,46$	$15,11 \pm 0,39$	$107,63 \pm 1,48$	$24,22 \pm 0,87$	$20,51 \pm 0,98$
1	$67,03 \pm 0,56$	$14,73 \pm 0,45$	$10,76 \pm 0,40$	$106,17 \pm 2,18$	$25,60 \pm 0,81$	$21,04 \pm 0,95$
2	$64,84 \pm 0,58$	$17,79 \pm 0,43$	$13,72 \pm 0,43$	$105,41 \pm 3,71$	$25,84 \pm 0,89$	$22,36 \pm 0,91$
3	$62,95 \pm 0,64$	$21,10 \pm 0,54$	$12,35 \pm 0,45$	$104,88 \pm 3,60$	$26,46 \pm 1,25$	$21,72 \pm 0,97$
4	$58,94 \pm 0,65$	$22,79 \pm 0,48$	$13,86 \pm 0,46$	$100,30 \pm 3,25$	$26,76 \pm 1,15$	$21,89 \pm 1,05$
5	$44,42 \pm 0,70$	$20,85 \pm 0,40$	$12,85 \pm 0,50$	$93,96 \pm 1,51$	$27,17 \pm 1,26$	$21,39 \pm 1,12$
10	$41,53 \pm 0,64$	$23,94 \pm 0,38$	$17,45 \pm 0,42$	$93,38 \pm 1,41$	$33,52 \pm 1,45$	$27,48 \pm 1,24$
15	$7,19 \pm 0,67$	$32,91 \pm 0,43$	$27,76 \pm 0,38$	$27,65 \pm 3,60$	$49,08 \pm 1,51$	$35,03 \pm 1,37$
100	$4,95 \pm 0,52$	$33,64 \pm 0,44$	$29,62 \pm 0,37$	$20,37 \pm 0,98$	$50,58 \pm 1,21$	$43,92 \pm 2,67$

Парафін добре змочується олією та ЕАГП, що зумовлює низькі значення рівноважного крайового кута і поверхневого натягу (рис. 2.20 а): для олії — $24,22 \pm 0,87^\circ$ і $13,13 \pm 0,46$ мН/м; ЕАГП — $20,51 \pm 0,98^\circ$ і $15,11 \pm 0,39$ мН/м відповідно.

На гідрофілізованій 15% ЕАГП поверхні парафіну значення σ для олії (корелюють із даними, визначеними іншими методами [98]) та ЕАГП підвищуються до 30...35 мН/м.

Оскільки активність ліпофільних ЕАГП має виявитися насамперед на межі поділу жиру з водою, що і визначатиме їх поверхневі властивості, побудовано залежності розрахованого міжфазного натягу від масової частки ЕАГП у парафіні (рис. 2.20 б).

Підвищення частки ЕАГП у парафіні від 1 до 5% викликає значне зниження міжфазного натягу на межі вода–олія (1) і вода–ЕАГП (2), яке становить 35,6 і 25,6 мН/м відповідно, що свідчить про достатню поверхневу активність ЕАГП.

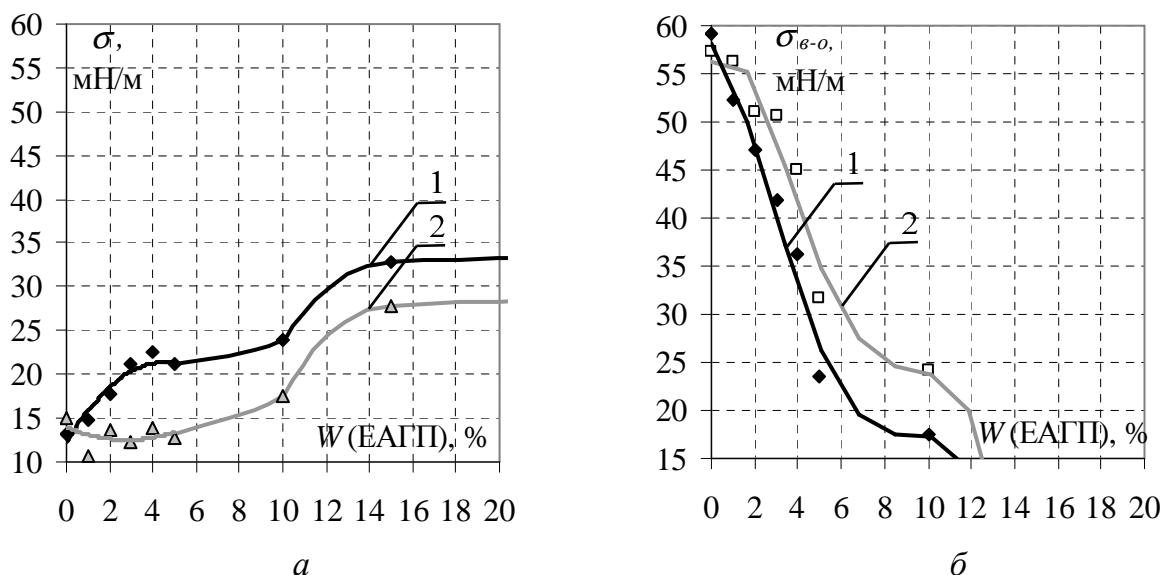


Рисунок 2.20 – Залежність поверхневого натягу на межі з повітрям (а) і міжфазного натягу на межі поділу з водою (б) рідкої фази в системі парафін–рідка фаза–повітря від масової частки ЕАГП у парафіні і природи рідкої фази: 1 – олія; 2 – ЕАГП

Характеристикою поверхневої активності ЕАГП у системі парафін–рідка фаза–повітря також є показники роботи змочування, адгезії, розраховані за $\sigma_{нов.}$, θ_p води, олії та ЕАГП (табл. 2.31).

Таблиця 2.31 – Порівняння показників адгезії і змочування води, олії, ЕАГП у системі парафін–рідка фаза–повітря залежно від масової частки ЕАГП у парафіні

$W_{\text{параф}}(\text{ЕАГП}), \%$	Робота змочування, Дж/м ²			Робота адгезії, Дж/м ²			Відносна робота адгезії		
	Вода	Олія	ЕАГП	Вода	Олія	ЕАГП	Вода	Олія	ЕАГП
0	-21,91	11,97	14,15	50,44	25,10	29,27	0,349	0,956	0,968
1	-19,23	13,28	10,04	47,80	28,01	20,80	0,357	0,950	0,967
2	-17,22	16,01	12,69	47,62	33,80	26,41	0,367	0,950	0,962
3	-16,16	18,89	11,47	46,78	39,99	23,81	0,372	0,948	0,964
4	-12,54	20,35	12,86	48,40	43,14	26,71	0,411	0,947	0,964
5	-3,07	18,55	11,97	41,35	39,40	24,82	0,465	0,945	0,966
10	-2,45	19,96	15,48	39,08	43,90	32,93	0,471	0,917	0,944
15	6,37	21,55	22,73	13,56	54,46	50,48	0,943	0,827	0,909
100	4,64	21,36	21,33	9,60	55,01	50,95	0,969	0,812	0,860

На підставі експериментальних даних визначено, що зі зростанням концентрації ЕАГП у парафіні, на якому формували краплі рідин, різних за характером змочування — води, олії і власне ЕАГП, показники робіт змочування й адгезії для води знижуються, для олії й ЕАГП — загалом зростають. Значення показників відносної адгезії на рівні $0,965 \pm 0,005$ наближаються до одиниці та інтерпретуються таким чином: сили зчеплення між молекулами емульгатора (ЕАГП) і рідкої фази (води, олії або ЕАГП) в адсорбційному шарі парафін–ЕАГП за величиною наближаються до сил зчеплення молекул в емульгаторі. Отже, високі значення цього показника для випадків контактуючих поверхонь вода–ЕАГП, олія–ЕАГП на рівні $0,81 \dots 0,97$ можуть бути свідченням того, що в таких системах сформовано структуру, що наближається до однорідної за відсутності значущих дефектів. За наявності МАГ-ДАГ на гідрофобних поверхнях за умов контакту з водними розчинами відбувається формування й утворення чітко виражених адсорбційних шарів з ЕАГП.

Таким чином, установлені закономірності впливу адсорбції МАГ-ДАГ на змочування твердих поверхонь та адгезійну взаємодію з ними води, олії, ЕАГП; значне зниження поверхневого і міжфазного натягу в системі вода–олія–ЕАГП; утворення на межі поділу фаз вода–олія адсорбційного шару з ЕАГП доводять, що ЕАГП повною мірою виявляє свої функціональні властивості як емульгатор для м'ясних січених виробів.

Сучасні погляди на природу агрегативної стійкості ліофобних колоїдних систем розрізняються своїми уявленнями щодо чинників, регулюючих коагуляційні взаємодії. Із усіх процесів, що відображають нестійкість емульсій, лише коалесценція крапель є характерним необоротним процесом їх остаточного руйнування — розшарування, а результати зміни часу життя елементарних крапель емульсії добре корелюють із даними міцності міжфазних шарів [223]. Тому вивчення коалесценції емульсій важливе для визначення функціональних властивостей ЕАГП.

Дослідження агрегативної стійкості емульсії, стабілізованої ЕАГП та Е 471 (S-200K), проводили за методикою С.С. Воюцко [108] за часом життя її окремих крапель біля міжфазної поверхні масло–вода. Ураховуючи, що в діапазоні об'єму крапель $(0,005 \dots 0,01) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ помітної залежності їх часу життя від розміру не спостерігалось [108], саме такий розмір крапель для дослідження було забезпечено застосуванням мікрошприца HAMILTON 701N (10 мкл).

Визначення часу життя краплі емульсії за наявності ЕАГП та емульгатора Е471 біля міжфазної поверхні з боку обох рідин проводили за температури $23 \pm 0,1^\circ \text{ C}$ через 60·60 с після утворення міжфазного шару на межі поділу «вода–розчин емульгатора в олії».

Тип утвореної емульсії визначали за співвідношенням швидкості коалесценції емульсії, яка обернено пропорційна часу життя краплі, до фази розділення згідно з умовами таких співвідношень:

$$\begin{aligned} \text{якщо } \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{v_2}{v_1} \geq 1, \text{ то утворюється емульсія масло/вода;} \\ \text{якщо } \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{v_2}{v_1} \leq 1, \text{ то — емульсія вода/масло,} \end{aligned} \quad (2.17)$$

де τ_1 – час життя краплі масла у воді за наявності емульгатора;

τ_2 – час життя краплі води в маслі за наявності емульгатора;

v_1 – швидкість коалесценції краплі з водою;

v_2 – швидкість коалесценції краплі з маслом.

Агрегативну стійкість емульсій [108] за наявності ЕАГП і емульгатора Е471 (S-200К) було визначено за часом існування (τ) краплі емульсії розміром $(0,005 \dots 0,01) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ біля міжфазної поверхні масло–вода з боку обох рідин.

За даними коефіцієнта швидкості коалесценції емульсії з ЕАГП і Е471 розраховано показники ГЛБ цих емульгаторів (табл. 2.32).

Таблиця 2.32 – Агрегативна стійкість емульсії, стабілізованої МАГ-ДАГ ($23 \pm 0,1^\circ \text{ C}$)

$W_{\text{олія}}(\text{МАГ-ДАГ}), \%$	ЕАГП				Е471			
	Час життя краплі, с		$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{v_1}{v_2}$	ГЛБ	Час життя краплі, с		$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{v_1}{v_2}$	ГЛБ
	масла у воді, τ_1	води в маслі, τ_2			масла у воді, τ_1	води в маслі, τ_2		
0,050	8,8±0,4	57,1±0,5	0,15	6,15	2,9±0,2	59,4±0,5	0,05	5,63
0,075	9,1±0,5	59,4±0,4	0,15	6,15	3,0±0,3	61,4±0,5	0,05	5,63
0,100	9,3±0,4	61,2±0,5	0,15	6,14	3,1±0,2	62,0±0,4	0,05	5,64
0,150	9,3±0,5	61,6±0,4	0,15	6,14	3,2±0,2	62,6±0,5	0,05	5,64

Дані табл. 2.32 свідчать, що за умов одержання емульсії з ЕАГП і Е471 стійкість краплі води в стабілізованому маслі (τ_2) вища за стійкість краплі масла біля міжфазної поверхні у водному розчині (τ_1) (утворюється зворотна емульсія типу вода–масло). Це пояснюється тим, що МАГ і ДАГ краще розчиняються в дисперсійному середовищі (маслі) та знаходяться біля поверхні з зовнішнього боку краплі, перешкоджаючи коалесценції крапель.

Стійкість емульсії, стабілізованої ЕАГП з 0,15% МАГ-ДАГ, знаходиться на рівні стійкості з емульгатором Е471 — $61,6 \pm 0,4$ і $62,6 \pm 0,5$ с відповідно. Стійкість краплі масла біля міжфазної поверхні у водному розчині вища для системи вода–розчин ЕАГП в олії ($9,3 \pm 0,5$ с) порівняно з системою вода–розчин Е471 в олії ($3,2 \pm 0,2$ с), що можна пояснити більш значною відштовхувальною взаємодією між частками в міжфазному адсорбційному шарі та краплі, пов'язаною з більшою розчинністю у воді ЕАГП унаслідок переважання в жирнокислотному складі ненасичених кислот, ніж емульгатора Е471, у складі якого здебільшого насичені кислоти.

Показник ГЛБ ЕАГП та Е471 визначали експериментально за даними коефіцієнтів швидкості коалесценції емульсії за умови, що кінетичні фактори стикування масляної краплі й відповідних фаз (водної та масляної) однакові, і розраховували за формулою Давієса [166; 167]:

$$\ln(v_2 / v_1) = 2,2(\text{ГЛБ}-7). \quad (2.18)$$

Ураховуючи формулу (2.9), ГЛБ ПАР обчислювали за формулою

$$\text{ГЛБ} = \ln(\tau_1 / \tau_2) / 2,2 + 7. \quad (2.19)$$

Отримані значення ГЛБ емульгаторів ЕАГП і Е471 дорівнюють 6,1; 5,6 відповідно. Значення показника ГЛБ емульгатора Е471 (S-200К) корелює з даними, заявленими виробником (5,3). Отримані результати агрегативної стійкості емульсії з ЕАГП свідчать про достатню поверхневу міцність адсорбційних шарів, утворених ними, і відображають міжмолекулярну взаємодію МАГ, ДАГ емульгатора, яка може призводити до певної структуризації часток у поверхневому шарі.

Результати проведеної оцінки функціональних властивостей ЕАГП за системою гідрофільно-ліпофільного балансу, поверхневими та емульгувальними властивостями довели їх спроможність відігравати суттєву роль в утворенні стабільних м'ясних емульсій.

Поліпшені порівняно з аналогами показники якості ЕАГП, одержаних за технологічних параметрів переестерифікації, що передбачають зниження енергоємності та трудомісткості, доводять перспективність нової технології.

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ З ЕМУЛЬГАТОРАМИ АЦИЛГЛЦЕРИННОЇ ПРИРОДИ

3.1. Моделювання технології і складу м'ясних січених виробів з ЕАГП

Інноваційну стратегію створення МСВ з ЕАГП було реалізовано на основі методів системного аналізу із застосуванням сучасних підходів і методів моделювання для вивчення статичних і динамічних систем м'ясних емульсій, готових виробів і їх властивостей [211]. Реалізація концепції розробки МСВ передбачає дослідження моделі «структура системи» (рис. 3.1), яка певною мірою дозволяє спрогнозувати, алгоритмізувати і розробити технологію виробництва нової продукції та її рецептурний склад.

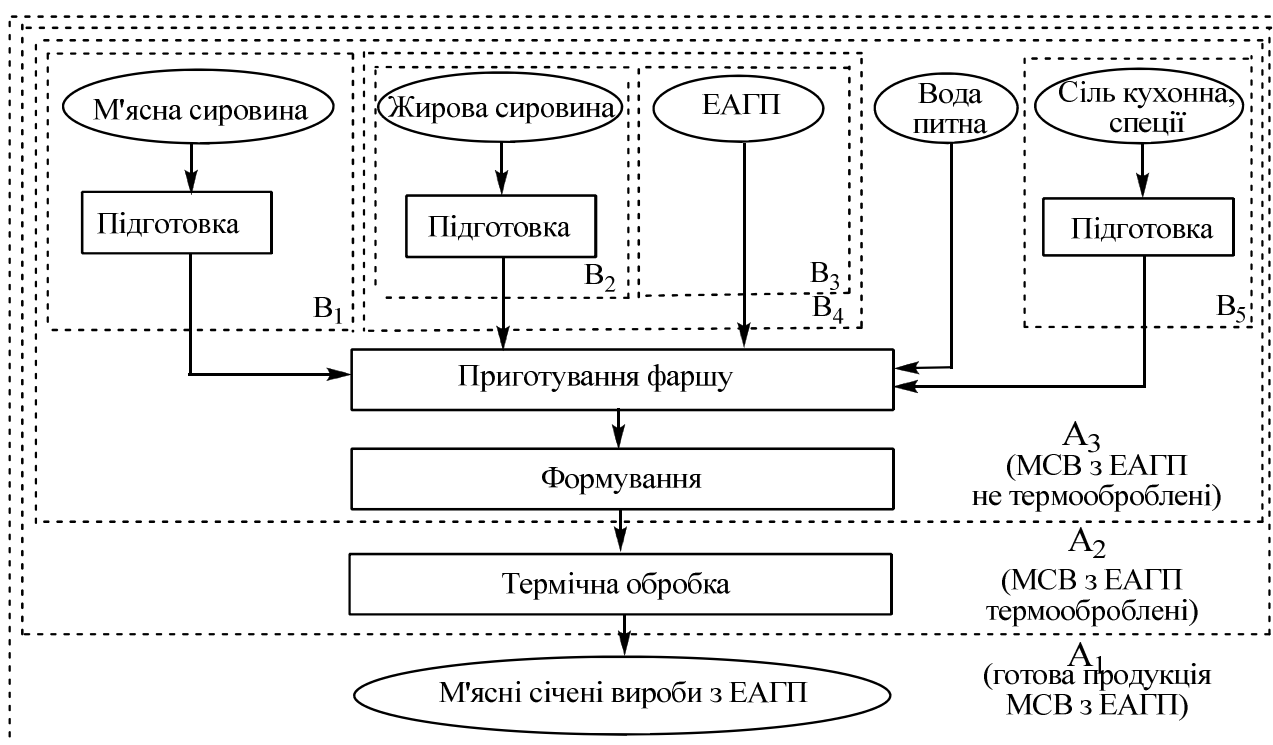


Рисунок 3.1 – Модель «структура системи» МСВ з ЕАГП

Модель «структура системи» представлено як цілісну технологічну систему А, яку згідно з асортиментом МСВ, що прогнозується, деталізовано до підсистем А₁, А₂, А₃, В₁, В₂, В₃, В₄, В₅. Вирішення науково-технологічних завдань у межах підсистем В₁–В₅ і встановлення закономірностей функціонування підсистем А₁, А₂, А₃ дозволять одержати м'ясні січені вироби та напівфабрикати термооброблені (А₂) у запакованому вигляді (А₁), які можуть бути реалізовані в закладах ресторанного господарства, через роздрібну торговельну мережу.

Підготовку жирової сировини — підсистему B_4 — можна реалізувати двома способами (рис. 3.2): роздільним уведенням емульгатора і жирової сировини (I варіант) або одержанням водно-жирової емульсії з ЕАГП (II варіант) шляхом перемішування жирової сировини, води, ЕАГП із подальшим емульгуванням.

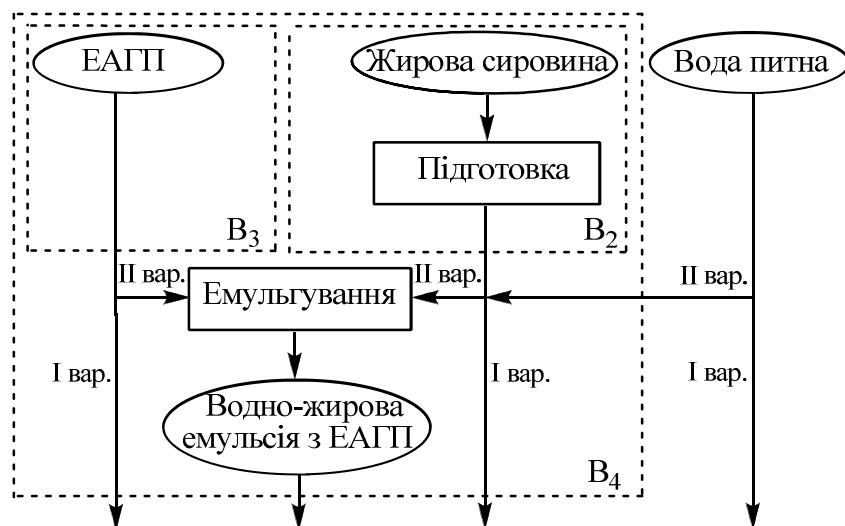


Рисунок 3.2 – Способи реалізації підсистеми B_4 в моделі «структура системи» МСВ з ЕАГП

Надалі передбачається вивчити закономірності формування функціонально-технологічних властивостей МСВ залежно від кількості ЕАГП і запропонованих способів підготовки жирової сировини, обґрунтувати переваги та недоліки кожного способу й ефективність їх реалізації в технологічній схемі виробництва м'ясних січених виробів.

На підставі здійснених аналітичних досліджень, скерованих інноваційною стратегією (підрозділ 2.1), встановлено, що ключовою операцією технології м'ясних січених виробів є приготування стабільної м'ясної емульсії — фаршу, що зумовлює необхідність забезпечення оптимального динамічного стану рецептурної суміші (підсистема A_3). У межах дослідження оперування терміном «динамічний стан» передбачає вивчення таких властивостей і показників рецептурної суміші, які забезпечать утворення стабільної м'ясної емульсії, а саме: емульгувальних властивостей, волого-, жируотримувальної здатності, структурно-механічних характеристик фаршу, виходу й органолептичних показників готової продукції.

Вищезначений процес у теорії фаршів [18; 19; 21; 64] пов'язаний зі зміною стану вологи м'ясного фаршу, дисперсністю жирової складової і її взаємодією з білками, що ініціюється різними технологічними чинниками: на етапі обґрунтування рецептурного складу — співвідношенням основних компонентів м'ясної емульсії (білок:жир:волога); на етапі обґрунтування приготування фаршу — ступенем подрібнення м'ясної сировини, дисперсністю жиру, інтервалом ізоелек-

тричного стану, температурою фаршу, тривалістю подрібнення (гомогенізації), послідовністю внесення компонентів, умовами термообробки.

До основних чинників, що визначатимуть технологічні критерії регулювання функціонально-технологічних властивостей фаршевих м'ясних емульсій, слід віднести природу та вміст ЕАГП, склад, спосіб підготовки жирової сировини, ступінь подрібнення м'ясної сировини.

У межах поставлених завдань незмінність хімічного складу дослідних зразків фаршів досягається і забезпечується як використанням у рамках кожного експерименту однакового виду м'ясної і жирової сировини, так і введенням замість жиру досить малої кількості ЕАГП, які мають з ним одну природу і загалом не впливають на хімічний склад продукції. Це дещо звужує коло досліджень і концентрує на головному — вивченні ролі ЕАГП у процесах утворення організованих структур, адсорбції води і жиру в м'ясній емульсії, що в межах її «динамічного стану» суттєво впливає на функціонально-технологічні властивості фаршу, вихід та органолептичні показники готових виробів.

3.2. Визначення закономірностей формування функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів з ЕАГП

Із метою визначення емульгуювальних властивостей і раціонального вмісту розроблених ЕАГП у складі м'ясних січених виробів було досліджено м'ясні емульсії м'ясо–олія–вода, м'ясні фарші (фаршеві м'ясні емульсії), у тому числі виготовлені з використанням ЕАГП.

Модельні м'ясні емульсії м'ясо–вода–олія виготовлялися шляхом гомогенізації подрібненого котлетного м'яса яловичини за ДСТУ 6030:2008 [143] із різним співвідношенням білок:жир:волога в м'ясі, а саме 1:(0,5...0,7):(4,0...4,3) та 1:(0,6...0,8):(4,5...5,2), води, олії за відсутності та наявності ЕАГП із різною масовою часткою (від 0,3 до 1,1% від маси всіх компонентів).

Для м'ясної емульсії м'ясо–вода–олія та емульсії з ЕАГП визначалися емульгуювальна здатність за формулою (2.13), кінетична (КС) й агрегативна (АС) стійкість, стабільність [182].

Агрегативну (АС) та кінетичну стійкість (КС) емульсії м'ясо–вода–олія розраховували за такими формулами:

$$AC = \frac{V_2}{10} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де V_2 – об'єм відокремленої олії, см^3 ; 10 – загальний об'єм емульсії, см^3 .

$$KC = \frac{V_3}{10} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де V_3 – об'єм відокремленої води, см^3 ; 10 – загальний об'єм емульсії, см^3 .

Стабільність емульсії м'ясо–вода–олія [182] визначали шляхом нагрівання за температури 75...80° С впродовж 30·60 с і охолодження водопровідною водою впродовж 15·60 с до температури 12...15° С. Надалі емульсією заповнювали чотири відкалібровані центрифужні пробірки об'ємом 10 см³ і центрифугували за 500 с⁻¹ впродовж 5·60 с. Після чого визначали об'єм емульгованого шару і розраховували стабільність емульсії за формулою

$$\varphi_{\text{н-емул.}}(\text{ЕО}) = \frac{V_1}{V_{\text{н-емул.}}} \cdot 100, \quad (3.3)$$

де V_1 – об'єм емульгованої олії, см³;

$V_{\text{н-емул.}}$ – об'єм незруйнованої емульсії, см³.

З урахуванням того, що ефективність колоїдно-хімічних явищ у реальних умовах емульгування залежатиме від багатьох техніко-технологічних чинників, і в першу чергу від якості м'ясної сировини, дослідження проводили зі зразками котлетного м'яса з різним співвідношенням білок:жир:волога в м'ясі.

Результати досліджень зразків на основі м'яса зі співвідношенням білок:жир:волога 1,0:(0,5...0,7):(4,0...4,3) наведено в табл. 3.1 і на рис. 3.2–3.4 та 1,0:(0,6...0,8):(4,5...5,2) — на рис. 3.2, 3.5.

Таблиця 3.1 – Емульгувальні властивості ЕАГП у м'ясних емульсіях м'ясо–вода–олія

$W_{\text{ЕАГП}}, \%$	Об'ємна частка фази, відокремленої після центрифугування $\varphi, \%$				Емульгувальні властивості		
	Осад	Водна фаза	Емульсія	Жирова фаза	ЕЗ, %	КС, %	АС, %
0 (контроль)	13,0±0,2	36,5±0,1	46,0±0,3	4,5±0,2	89,7±0,3	36,5±0,1	4,5±0,2
0,1	12,5±0,3	36,5±0,1	47,5±0,1	3,5±0,2	92,0±0,2	36,5±0,1	3,5±0,2
0,2	12,0±0,2	36,5±0,1	48,2±0,1	2,5±0,1	94,3±0,3	36,5±0,1	2,5±0,1
0,3	12,0±0,2	36,5±0,2	49,5±0,2	2,0±0,1	95,5±0,2	36,4±0,2	2,3±0,1
0,4	11,5±0,1	36,5±0,2	51,5±0,1	0,5±0,1	98,9±0,3	36,5±0,2	0,5±0,1
0,5	11,0±0,1	36,4±0,2	52,6±0,3	0	99,9±0,2	36,4±0,2	0
0,7	10,0±0,1	36,3±0,2	52,7±0,2	0	99,9±0,1	36,3±0,2	0
0,9	10,5±0,2	36,0±0,1	53,5±0,3	0	99,9±0,1	36,3±0,1	0
1,1	10,0±0,2	35,5±0,2	54,5±0,2	0	99,9±0,2	35,5±0,2	0

Установлено (табл. 3.1), що у м'ясних емульсіях із використанням ЕАГП емульгувальні властивості поліпшуються: підвищуються показники ЕЗ, АС за стабільних показників КС. Більш стабільні емульсії утворюються завдяки зміцненню міжфазної адсорбційної плівки внаслідок адсорбції молекул МАГ і ДАГ емульгатора, а також здатності молекул МАГ ненасичених жирних кислот до самоорганізації за температур близько $28\pm 5^\circ\text{C}$ [112].

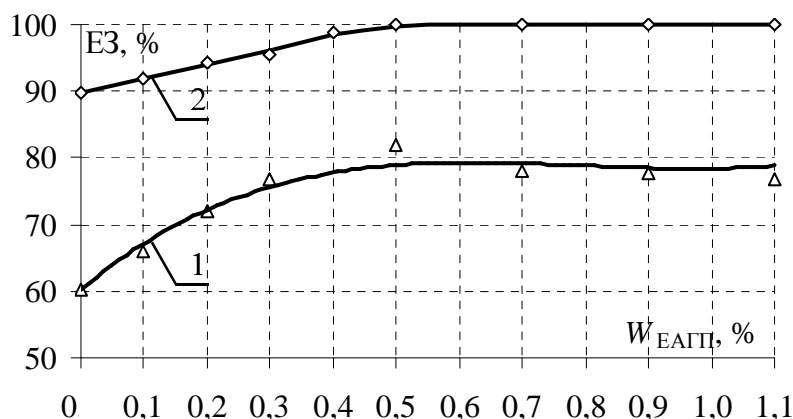


Рисунок 3.2 – Емульгувальна здатність м'ясних емульсій м'ясо–вода–олія за різної масової частки ЕАГП і залежно від співвідношення білок:жир:волога в м'ясній сировині: 1 – 1,0:(0,6...0,8):(4,5...5,2); 2 – 1,0:(0,5...0,7):(4,0...4,3)

На рис. 3.2 можна спостерігати зростання емульгувальної здатності у м'ясних емульсіях з уведенням ЕАГП. За масової частки ЕАГП 0,1% значення ЕЗ підвищується порівняно з контролем на 20% для зразків (1) із більшим коефіцієнтом жир:білок у м'ясній сировині (0,6...0,8), на 2% — для зразків (2) із меншим коефіцієнтом (0,5...0,7). За вмісту емульгатора 0,5% ЕЗ відповідно зростає до максимального значення 81,8% (1) і 100% (2), утримуючись на цьому рівні в інтервалі концентрацій 0,5...0,8% (1) та 0,5...1,1% (2).

На рис. 3.3 наведено профілі стратифікації м'ясної емульсії м'ясо–вода–олія за різної масової частки ЕАГП. Проаналізувавши наведені дані можна відзначити, що для всіх досліджених зразків м'ясних емульсій зі збільшенням у них масової частки ЕАГП від 0,3 до 1,1% спостерігається зростання об'ємної частки незруйнованої емульсії порівняно з контролем (46%). Так, з уведенням кількості емульгатора з найменшою масовою часткою 0,3% об'ємна частка фази емульсії зростає від 46,0 до 49,5% (на 3,5% порівняно з контролем), із масовою часткою емульгатора від 0,3 до 1,1% — зростає від 49,5 до 54,5%, (на 9% порівняно з контролем).

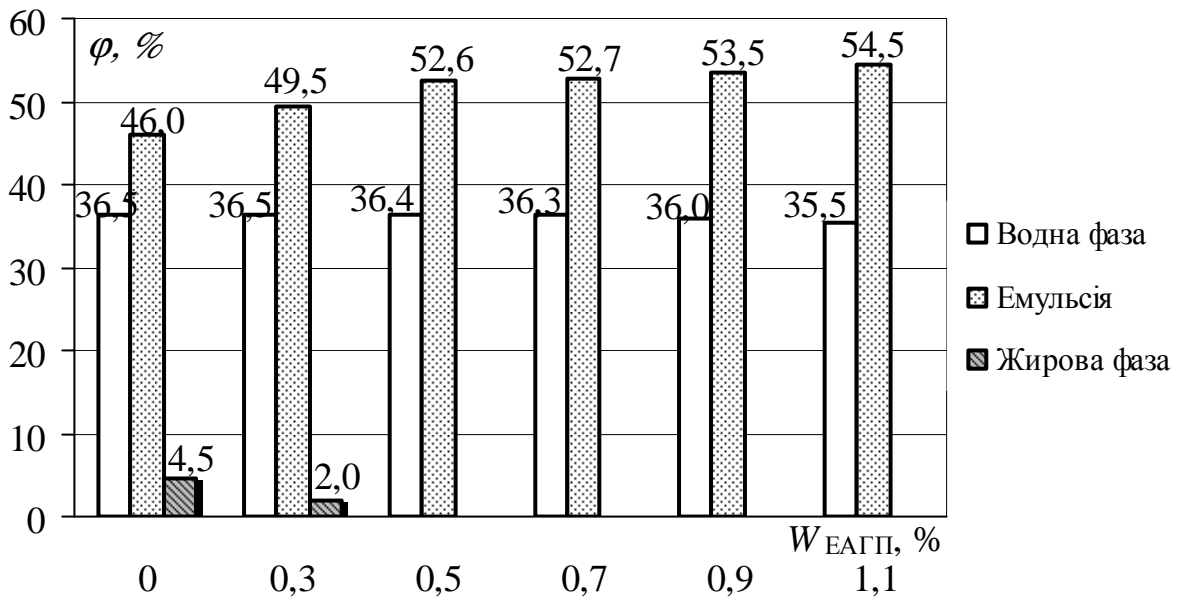


Рисунок 3.3 – Профілі стратифікації м'ясних емульсій м'ясо–вода–олія залежно від масової частки ЕАГП

Об'ємна частка відокремленого жиру (олії) після додавання ЕАГП із масовою часткою 0,3% знижується на 2,5% порівняно з контролем. Після уведення емульгатора з масовою часткою 0,5%, жир не відокремлюється. Водночас, уведення 1,1% емульгатора (рис. 3.3) практично не впливає на відокремлення водної фази (від 36,5 до 35,5%) і її об'єм змінюється в межах 1% (похибка експерименту становить $\pm 0,2\%$), що більш наочно ілюструє рис. 3.4.

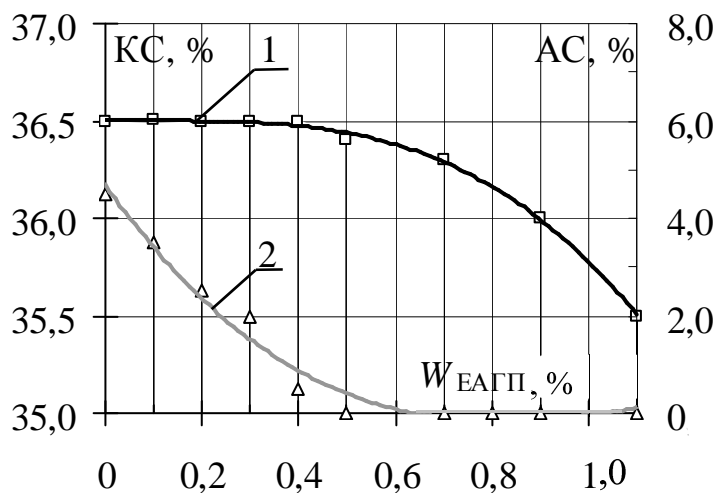


Рисунок 3.4 – Залежність кінетичної (1) й агрегативної (2) стійкості м'ясних емульсій м'ясо–вода–олія від масової частки ЕАГП

Згідно з даними табл. 3.1 і рис. 3.4 в емульсії (коефіцієнт жир:білок у м'ясній сировині становить 0,5...0,7) за масової частки ЕАГП до 0,4% об'ємна

частка відокремленої водної фази не змінюється. Підвищення вмісту ЕАГП до 0,5% викликає її зменшення порівняно з контролем на 0,2%, подальше збільшення масової частки ЕАГП до 0,9 і 1,1% — зменшення на 0,5 і 1,0% відповідно. Додавання ЕАГП сприяє поліпшенню емульгувальних властивостей м'ясних емульсій на основі м'ясної сировини (коефіцієнт жир:білок становить 0,6...0,8) із більшим на $3 \pm 0,2\%$ вмістом жиру в сухому залишку (рис. 3.5).

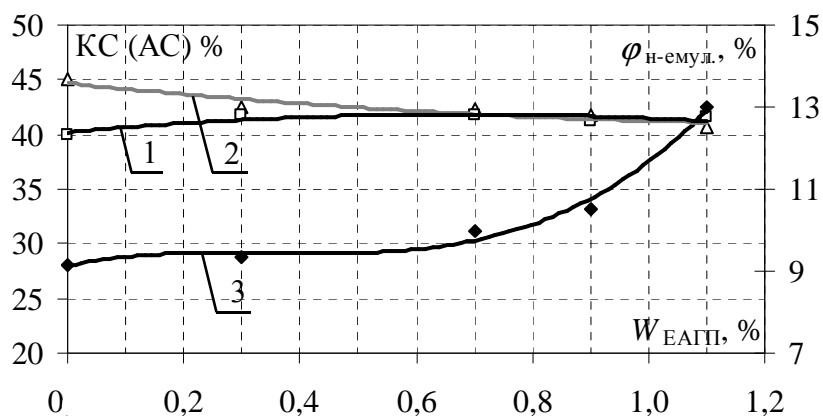


Рисунок 3.5 – Залежність кінетичної (1), агрегативної (2) стійкості та об'ємної частки незруйнованої емульсії (3) м'ясо-вода-олія від масової частки ЕАГП (білок:жир:волога у м'ясній сировині — 1,0:(0,6...0,8):(4,5...5,2))

Зокрема, із підвищенням концентрації ЕАГП від 0 до 1,1% показники емульсії поліпшуються: зменшуються об'ємні частки відокремленої води і жиру на 1,25 і 7,25% відповідно, на 6,25% зростає частка незруйнованої емульсії.

Високі значення показників емульгувальної здатності (рис. 3.2), агрегативної стійкості (рис. 3.4 і 3.5 — залежність 2) зі збереженням стабільних показників кінетичної стійкості (рис. 3.4 і 3.5 — залежність 1) емульсій із різним вмістом жиру і води підтверджують спрямовану дію емульгатора ЕАГП на структуру адсорбційних шарів в емульсії. Унаслідок конкурентної адсорбції молекул МАГ і ДАГ емульгатора, а також здатності молекул МАГ, ДАГ ненасичених жирних кислот, наявних у жирнокислотному складі ЕАГП, до самоорганізації й утворення певної кристалічної структури, стабільної за температур $28 \pm 5^\circ \text{C}$ [112], відбувається зміцнення міжфазної адсорбційної плівки. Це дозволяє за масової частки ЕАГП у жирі від 0,5 до 1,1% забезпечити утворення стабільніших емульсій.

Емульгувальні властивості [182] ЕАГП у складі емульсії «М'ясний фарш-вода-олія» [співвідношення білок:жир:волога у м'ясній сировині становить 1,0:(0,5...0,7):(4,0...4,3)] було досліджено за умов термообробки $t=80 \pm 0,2^\circ \text{C}$; $\tau=30 \cdot 60 \text{ c}$ (табл. 3.2, рис. 3.6).

Таблиця 3.2 – Емульгувальні властивості ЕАГП в емульсії м'ясо–вода–олія за умов термообробки

$W_{\text{ЕАГП}}, \%$	Стабільність емульсії, %	КС, %	АС, %
0 (контроль)	$77,5 \pm 0,3$	$37,0 \pm 0,1$	$14,0 \pm 0,2$
0,3	$80,3 \pm 0,2$	$36,0 \pm 0,2$	$9,0 \pm 0,1$
0,5	$80,9 \pm 0,2$	$36,0 \pm 0,2$	$7,0 \pm 0,2$
0,7	$81,6 \pm 0,1$	$36,0 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,2$
0,9	$81,8 \pm 0,1$	$36,0 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,1$
1,1	$81,7 \pm 0,2$	$35,5 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,1$

Результати досліджень за умов термообробки показали підвищення на 4,2% стабільності емульсії з ЕАГП порівняно з контролем.

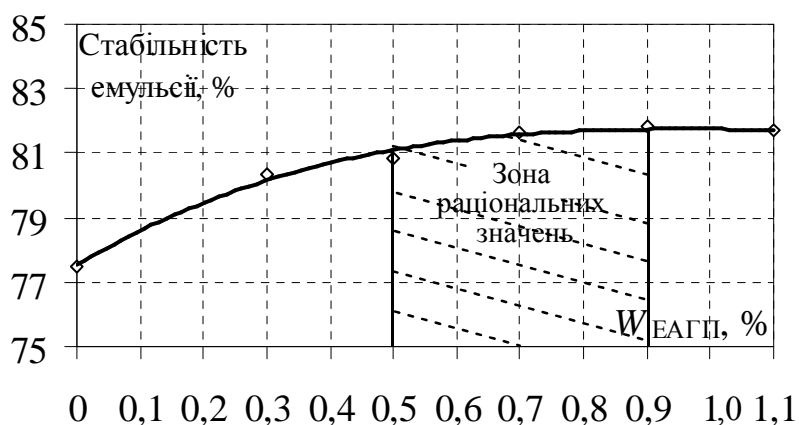


Рисунок 3.6 – Стабільність емульсії м'ясо–вода–олія за умов термообробки залежно від масової частки ЕАГП

Згідно з графіком на рис. 3.6 за масової частки ЕАГП 0,7% відбувається вирівнювання показника стабільності емульсії м'ясо–вода–олія за умов термообробки до значення $81,7 \pm 0,2\%$, яке далі не змінюється зі збільшенням концентрації емульгатора.

Свідченням підвищення рівня показників КС і АС (рис. 3.7) стало зменшення об'ємної частки відокремленої води на 1,5% і жиру — на 10,5% порівняно з контрольним зразком. Аналіз тенденцій зміни показників КС і АС (рис. 3.7) емульсії м'ясо–олія за умов термообробки ($t = 80^\circ \text{C}$; $\tau = 30-60 \text{ с}$) залежно від масової частки емульгатора свідчить про поліпшення емульгувальних властивостей і покращене зв'язування води і жиру завдяки МАГ і ДАГ ЕАГП.

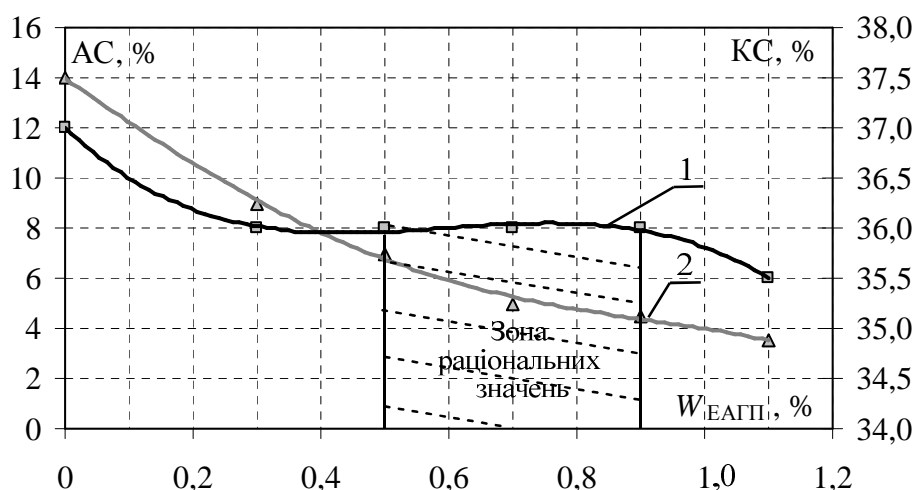


Рисунок 3.7 – Залежність кінетичної (1), агрегативної (2) стійкості емульсії м'ясо-вода-олія за умов термообробки від масової частки ЕАГП

Крім того, за вмісту ЕАГП 1,1% показники КС, АС термооброблених зразків, які становлять 35,5 та 3,5% відповідно, виходять на рівень значень нетермооброблених (табл. 3.1).

На підставі отриманих результатів з'ясовано, що за масової частки ЕАГП 0,5...0,9% в емульсіях м'ясо-вода-олія на основі м'ясної сировини зі співвідношенням білок:жир:волога 1,0:(0,5...0,7):(4,0...4,3) та 1,0:(0,6...0,8):(4,5...5,2) забезпечується достатньо високий рівень емульгувальних властивостей (ЕЗ 80,0...99,9%; КС 42,0...36,4%; АС 13,0...0,0%; стабільність емульсії 81,8%).

Дані емульгувальних властивостей ЕАГП у м'ясних емульсіях м'ясо-вода-олія також підтверджено результатами дослідження впливу ЕАГП на стійкість фаршевих м'ясних емульсій, визначену за методикою [182] і обчислену за формулою (2.2).

Модельні м'ясні фарші з різним співвідношенням білок:жир:волога, вмістом ЕАГП і ступенем подрібнення м'ясної сировини виготовляли за рецептурами, наведеними в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Рецептури модельних м'ясних фаршів

Вміст сировини, г			
Котлетне м'ясо яловичини	Сало шпик	Вода	ЕАГП
80,00	12,00	8,00	0 (контроль)
80,00	11,70	8,00	0,30
80,00	11,50	8,00	0,50
80,00	11,30	8,00	0,70
80,00	11,10	8,00	0,90
80,00	10,90	8,00	1,10

Як контроль брали фарш, у якому співвідношення білок:жир:волога становило 1:(1,0...1,7):(4,3...5,0) або 1,0:(1,5...2,5):(5,0...6,0), виготовлений із котлетного м'яса яловичини за ДСТУ 6030:2008 [143] із співвідношенням білок:жир:волога 1:(0,5...0,7):(4,0...4,3) або 1:(0,6...0,8):(4,5...5,2) відповідно та сала шпикую за ОСТ 49 38-85 [144]. У дослідних зразках частина жиру замінювалася на ЕАГП (від 0,3 до 1,1% від маси всіх компонентів).

Дрібне подрібнення здійснювали м'ясорубкою з діаметром отворів решітки $(2...3) \cdot 10^{-3}$ м, тонке — лабораторним кутером (середньостатистичні розміри часток $d=(0,5...0,7) \cdot 10^{-3}$ м) [145].

Із даних табл. 3.4 видно, що показник СЕ більший для всіх зразків фаршів з ЕАГП порівняно з контрольним зразком у досліджуваному інтервалі концентрацій і зростає з підвищенням масової частки ЕАГП.

Таблиця 3.4 – Порівняння стійкості фаршевої м'ясної емульсії залежно від масової частки ЕАГП і ступеня подрібнення м'ясної сировини

W _{ЕАГП} , %	Стійкість емульсії СЕ, %	
	Дрібний	Тонкий
0 (контроль)	82,8±0,4	87,2±0,3
0,3	88,1±0,3	90,3±0,2
0,5	90,1±0,5	91,5±0,2
0,7	90,8±0,5	92,1±0,2
0,9	91,1±0,3	92,8±0,3
1,1	90,9±0,3	93,0±0,2

Згідно з отриманими результатами (табл. 3.4) фаршева емульсія, виготовлена за умов тонкого подрібнення компонентів у кутері, є більш стійкою порівняно з емульсією, виготовленою за дрібного подрібнення. Зокрема, показники СЕ контролю (0% ЕАГП) дорівнюють 87,2±0,3 і 82,8±0,4%; зразків із масовою часткою 1,1% ЕАГП — 90,9±0,3 і 93,0±0,2% відповідно. Отримані результати наочно ілюструють побудовані залежності (рис. 3.8).

На рис. 3.8 видно, що на початковій ділянці графіків (1, 2) за масової частки ЕАГП до 0,3% спостерігається найзначніше зростання СЕ (на 5,2 і 3,1% відповідно), далі, від 0,3 до 0,5%, стійкість емульсії зростає повільніше і СЕ підвищується лише на 2 і 1,2%, після чого на ділянці від 0,5 до 1,1% залишається незмінною на рівні 91,1±0,3 і 92,8±0,3%. На ділянці, що обмежується масовими частками ЕАГП від 0,5 до 1,1%, стійкість фаршевої емульсії залишається незмінною і відповідає найбільшому підвищенню — на 8,2% порівняно з контролем.

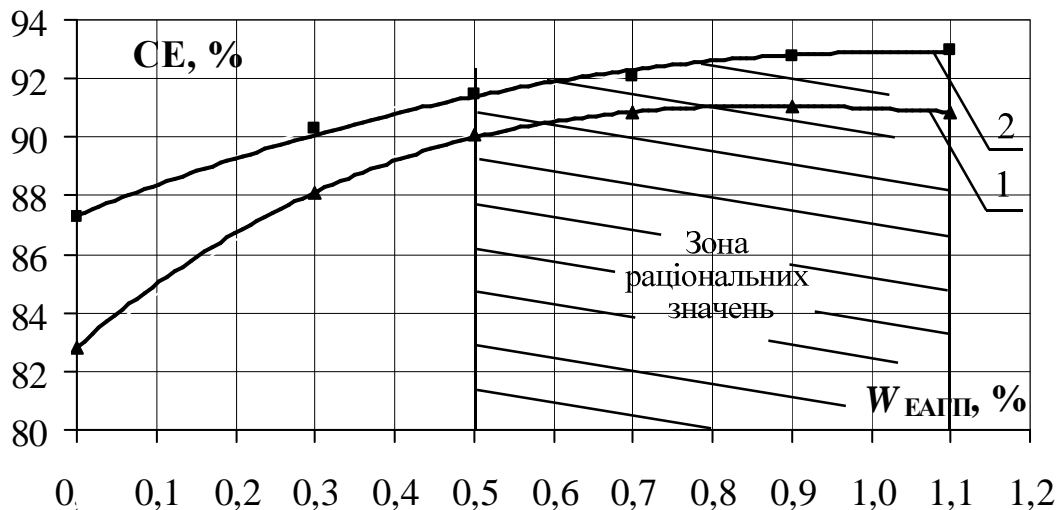


Рисунок 3.8 – Стійкість фаршевої м'ясної емульсії залежно від масової частки ЕАГП і ступеня подрібнення компонентів: 1 – дрібний; 2 – тонкий

Залежності 1 і 2 (рис. 3.8) демонструють, що ділянку, на якій зі зростанням масової частки ЕАГП від 0,5 до 1,1% стійкість фаршевих емульсій, виготовлених як за дрібного, так і за тонкого подрібнення компонентів, залишається практично незмінною і відповідає найбільшому підвищенню порівняно з контролем — на 8,2% (1) і 5,8% (2), можна вважати ділянкою значень раціонального вмісту ЕАГП у фаршевих м'ясних емульсіях.

Таким чином, на підставі отриманих результатів вивчення емульгувальних властивостей ЕАГП у складі м'ясних емульсій можна стверджувати, що за широкого інтервалу вмісту в них жиру і води емульгатор у кількості 0,5...0,7% виявляє достатню емульгувальну здатність (80...100%), стабільність за умов термообробки (81,8%), сприяє підвищенню їх стійкості (до 91,1...92,8% залежно від ступеня подрібнення м'ясної сировини).

За отриманих результатів, що демонструють поліпшення емульгувальних властивостей у фаршевих м'ясних емульсіях з ЕАГП, подальші дослідження спрямовані на визначення шляхів регулювання функціонально-технологічних властивостей фаршевих систем і вивчення їх вологоутримувальної (ВУЗ) і жирутримувальної (ЖУЗ) здатностей, структурно-механічних показників. Їх формування значною мірою визначається особливостями складу, властивостей і структури основних компонентів. Вивчення закономірностей впливу ЕАГП на функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини проводилося на зразках м'ясних фаршів, виготовлених за рецептурами (табл. 3.3).

Вологоутримувальну і жирутримувальну здатності фаршу визначали за методикою [182], за якою проводили визначення стійкості емульсії. Зокрема, зразки фаршу масою 100 г поміщали у скляні бюкси з відшліфованими кришками, зважували і термообробляли за температур 75...80° С упродовж 60-60 с,

після чого охолоджували до 12...15° С. Далі бульйон і накопичений жир, що відокремилися, переносили до попередньо зважених кварцевих тиглів. Після видалення бульйону і жиру фарш висушували фільтрувальним папером і зважували. Тиглі з бульйоном поміщали до сушильної шафи і висушували до постійної маси за температур 105...110° С. Показник ВУЗ розраховували за формулою

$$\text{ВУЗ} = W - ((m_{\text{б1}} \cdot m_{\text{в}}) \cdot 100\% / (m_{\text{б2}} \cdot m)), \quad (3.4)$$

де W – масова частка вологи у фарші, %;

$m_{\text{б1}}$ – маса всього бульйону з жиром, що відокремилися, г;

$m_{\text{б2}}$ – маса досліджуваного бульйону з жиром, г;

$m_{\text{в}}$ – маса води в досліджуваному бульйоні, г.

У тиглях із залишками бульйону і жиру екстрагували жир 10...15 см³ розчинника (суміш хлороформ:етанол за співвідношення 1:2). Жироутримувальну здатність фаршу розраховували за формулою

$$\text{ЖУЗ} = W_{\text{ж}} - ((m_{\text{б1}} \cdot m_{\text{ж}}) \cdot 100 / (m_{\text{б2}} \cdot m)), \quad (3.5)$$

де $W_{\text{ж}}$ – масова частка жиру у фарші, %;

$m_{\text{ж}}$ – маса жиру в досліджуваному бульйоні, г.

Вологоутримувальна здатність білкових речовин, як і ступінь дисперсності компонентів фаршу, має вирішальне значення для міцності, однорідності, зв'язності структури, а також виходу готової продукції. Результати досліджень зміни ВУЗ і ЖУЗ фаршевих м'ясних емульсій [182] залежно від масової частки введеного ЕАГП та ступеня подрібнення м'ясної сировини наведено в табл. 3.5 та на рис. 3.9.

Таблиця 3.5 – Функціонально-технологічні властивості фаршевої м'ясної емульсії залежно від масової частки ЕАГП і ступеня подрібнення м'ясної сировини

$W_{\text{ЕАГП}}, \%$	ЖУЗ, %		ВУЗ, %	
	Дрібний	Тонкий	Дрібний	Тонкий
0	13,31±0,28	15,59±0,23	63,30±0,40	64,65±0,41
0,3	15,92±0,29	16,13±0,24	63,71±0,39	66,06±0,43
0,5	16,13±0,21	16,52±0,22	64,32±0,41	67,21±0,41
0,7	16,12±0,27	16,55±0,21	65,32±0,38	67,51±0,42
0,9	16,23±0,33	16,52±0,22	65,63±0,37	67,55±0,48
1,1	16,24±0,31	16,56±0,20	65,64±0,37	67,57±0,46

Установлено (табл. 3.5), що в разі дрібного подрібнення сировини показники ЖУЗ і ВУЗ суттєво підвищуються зі збільшенням вмісту ЕАГП у фаршевих м'ясних емульсіях і перевищують абсолютні значення цих показників порівняно з контрольними зразками відповідно на 2,93 і 2,34% (відносні — 22,0 і 3,7%). Від масової частки ЕАГП у фарші 0,7% показник ВУЗ змінюється несуттєво — від 65,32 до 65,64%; на рівні $16,18 \pm 0,12\%$ знаходиться показник ЖУЗ зразків із масовою часткою ЕАГП від 0,3 до 1,1%.

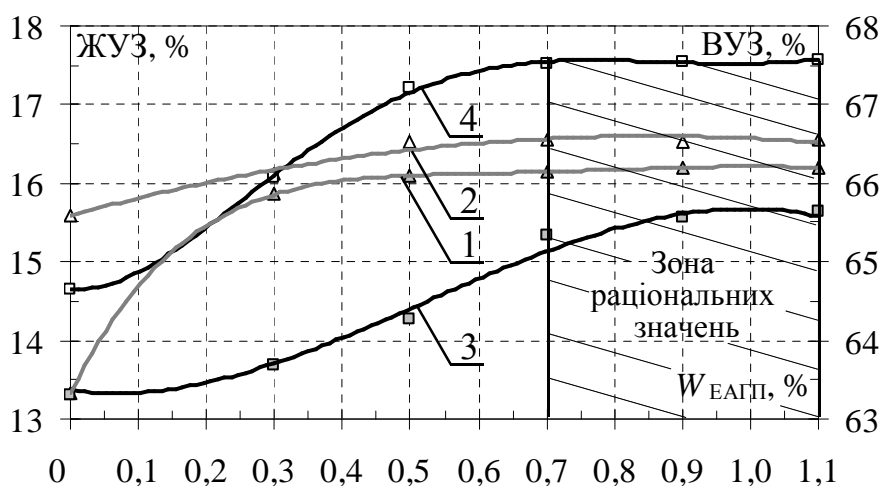


Рисунок 3.9 – ЖУЗ (1, 2), ВУЗ (3, 4) фаршевої м'ясної емульсії залежно від масової частки ЕАГП і ступеня подрібнення сировини: 1, 3 – дрібний; 2, 4 – тонкий

Тонке подрібнення сировини сприяє поліпшенню функціонально-технологічних властивостей і підвищенню показників, але більше впливає на значення ВУЗ (абсолютне підвищення становить 2,92%, відносне — 4,5%), ніж ЖУЗ (абсолютне — 0,97%, відносне — 6,2%). В інтервалі концентрацій ЕАГП від 0 до 0,5% абсолютні значення ВУЗ тонкоподрібнених фаршів підвищуються найбільше — на 2,56% (відносне — на 3,96%). В інтервалі від 0,5 до 1,1% показник ВУЗ практично не змінюється і дорівнює 67,21...67,57%.

Раціональним вмістом емульгатора у фарші з дрібним подрібненням сировини (залежності 1, 3) вважатимемо масові частки ЕАГП від 0,7 до 1,1%, оскільки за такої кількості суттєво підвищуються ВУЗ (на 3,7%) і ЖУЗ (на 22,0%) порівняно з контрольним зразком.

Характер залежностей ЖУЗ і ВУЗ від масової частки ЕАГП (рис. 3.9) і ступеня подрібнення розрізняється (залежності 1, 3 проти 2, 4). Зокрема, більш істотно — для ЖУЗ (залежність 2 проти 1), оскільки виявляється менша залежність цього показника в разі тонкого подрібнення сировини від вмісту ЕАГП. Результати свідчать, що спроможність ЕАГП під час приготування тонкої фаршевої емульсії проявилася не повною мірою. Це може бути пов'язано

з роздільним способом (рис. 3.2, варіант 1) підготовки жирової сировини та ЕАГП і послідовним їх уведенням до подрібненої м'ясної сировини (ЕАГП, жир).

Ураховуючи викладене вище, доцільно провести подальші дослідження з визначення впливу ЕАГП на функціонально-технологічні властивості в тонкій фаршевій м'ясній емульсії за іншого способу підготовки жирової сировини з ЕАГП, а саме у вигляді емульсії жиру з ЕАГП (рис. 3.2, варіант 2). Результати досліджень СЕ, ВУЗ, ЖУЗ фаршевої м'ясної емульсії наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Функціонально-технологічні властивості фаршевої м'ясної емульсії з тонким подрібненням залежно від масової частки ЕАГП і способу підготовки жирової сировини

$W_{\text{ЕАГП}}, \%$	Спосіб підготовки жирової сировини з ЕАГП					
	Роздільне введення			Приготування емульсії з ЕАГП		
	СЕ, %	ЖУЗ, %	ВУЗ, %	СЕ, %	ЖУЗ, %	ВУЗ, %
0	87,2±0,3	15,59±0,2	64,65±0,4	87,4±0,3	16,79±0,3	65,15±0,2
0,3	90,3±0,2	16,13±0,2	66,06±0,4	90,5±0,2	17,12±0,2	66,86±0,2
0,5	91,5±0,2	16,52±0,2	67,21±0,4	91,8±0,2	17,42±0,3	67,81±0,2
0,7	92,1±0,1	16,55±0,2	67,51±0,4	92,7±0,1	17,59±0,2	68,13±0,3
0,9	92,8±0,3	16,52±0,2	67,55±0,5	92,9±0,2	17,65±0,2	68,45±0,2
1,1	93,0±0,1	16,56±0,2	67,57±0,5	93,4±0,1	17,72±0,2	68,63±0,2

Абсолютна різниця між показниками ЖУЗ і ВУЗ для зразків фаршу з емульсією жир–вода з ЕАГП та зразків фаршу з роздільно підготовленою жировою складовою з ЕАГП становить 0,91...1,22 і 0,51...1,05% відповідно. Недоцільність використання емульсії жир–вода з ЕАГП для приготування тонкоподрібненого фаршу підтверджується збільшенням на 6,0% (відносна зміна дорівнює 6,9%) значення показника стійкості емульсії зразка з масовою часткою ЕАГП 1,1% порівняно з контрольним, тоді як використання жиру з ЕАГП, підготовленого в інший спосіб, підвищує значення показника на 5,8% (відносна зміна — 6,7%).

Підвищення СЕ за способу підготовки жирової сировини у вигляді емульсії з ЕАГП можна пояснити кращим диспергуванням жиру в білковому матриці внаслідок утворення рівномірніших за розмірами часток жиру, асоційованих з ЕАГП.

Отримані експериментальні залежності функціонально-технологічних властивостей фаршевих м'ясних емульсій від ступеня подрібнення м'ясної сировини та способу підготовки жирової сировини з ЕАГП (дрібний/роздільний;

тонкий/роздільний; тонкий/емульсія) (масова частка 0,7...1,1%) під впливом ЕАГП демонструють порівняно з контролем відносно підвищення показників ВУЗ (3,7; 4,5; 5,3%), ЖУЗ (22,0; 6,2; 5,5%) і дозволяють прогнозувати належний рівень структурно-механічних показників та органолептичних характеристик м'ясних фаршів і готових виробів.

Із метою комплексної оцінки закономірностей зміни властивостей м'ясних фаршів з ЕАГП у процесі технологічної обробки важливим показником є реологічні властивості емульсійних систем. Залежно від характеру діючих навантажень це можуть бути зсувні, компресійні й поверхневі характеристики. У реальних умовах усі вони поєднуються, а превалювання однієї з них визначається спрямованістю процесу. Визначення реологічних показників фаршів, які відносять до пластично-в'язких середовищ, залежно від масової частки ЕАГП, ступеня подрібнення м'ясної та способу підготовки жирової сировини дозволять керувати технологічним процесом виробництва фаршу, асортиментом готових виробів.

Адгезія (липкість) належить до поверхневих показників структурно-механічних властивостей і характеризується зусиллям, яке діє на межі контактуючих поверхонь за умов нормального відриву або зсуву та залежить від величини тяжіння, діючого між частками обох поверхонь [185; 224; 225]. Вона має важливе значення в технологічних процесах, де можливим є контакт між продуктом і стінкою машини, яка його обробляє.

Вимірювання адгезії м'ясних фаршів з ЕАГП проводили на приладі для візуального вимірювання сил прилипання, розробленому в ХДУХТ [182; 184]. Величину сили прилипання, що діє між поверхнями металевого диска (матеріал — сталь; площа контакту — $0,0016 \text{ м}^2$) і досліджуваних зразків фаршу товщиною шару $0,005 \pm 0,001 \text{ м}$, знаходили шляхом визначення нормальних зусиль відриву $F_{\text{від}}$ за умов їх контакту впродовж 10 с, тиску контакту 61,25 Па (важки масою 10 г) і швидкості відриву диску від поверхні фаршу 0,004 м/с.

В умовах експерименту встановлено, що розділення всіх контактуючих тіл відбувалося за варіантом адгезійного відриву — за межею поділу фарш–диск. Зусилля відриву визначали за калібрувальним графіком $F_{\text{від}} = 12185 \cdot l - 2083$ за даними вимірюваної довжини l , на яку розтягувалася пружина після опускання досліджуваних зразків до моменту розділення поверхонь.

Результати дослідження адгезії м'ясних фаршів з ЕАГП залежно від масової частки ЕАГП і ступеня подрібнення сировини подано в табл. 3.7 та на рис. 3.10.

Таблиця 3.7 – Показники адгезії фаршевих м'ясних емульсій залежно від масової частки ЕАГП і ступеня подрібнення м'ясної сировини

$W_{\text{ЕАГП}}, \%$	Довжина l , на яку розтягується пружина після опускання досліджуваних зразків до моменту розділення поверхонь, $\cdot 10^3$, м		Зусилля відриву $F_{\text{від}}$ поверхонь диску і досліджуваних зразків фаршів за умов контакту, $\cdot 10^4$, Па	
	Дрібний	Тонкий	Дрібний	Тонкий
0 (контроль)	29,2±0,3	19,2±1,3	35,4±0,4	23,2±0,2
0,3	20,3±0,2	16,0±0,2	24,5±0,3	19,3±0,1
0,5	15,5±0,2	14,3±0,2	18,7±0,2	17,3±0,1
0,7	14,2±0,1	13,7±0,1	17,1±0,1	16,5±0,2
0,9	14,4±0,1	13,7±0,1	17,4±0,1	16,5±0,1
1,1	14,5±0,2	13,7±0,1	17,5±0,2	16,5±0,1

Згідно з даними табл. 3.7 за умов швидкого попереднього контакту тривалістю 10 с (за даними [185] тривалість може становити від 3 до 600 с) зразок фаршу з ЕАГП має меншу липкість до поверхні диска, бо внаслідок більшої в'язкості й меншої здеформованості він повільніше наближається до поверхні диска, як наслідок, тривалість контакту з поверхнею збільшується. Так, уведення ЕАГП масовою часткою до 0,7% призводить до зменшення сили прилипання до поверхні диска і зусилля відриву майже вдвічі (на $18,3 \cdot 10^4$ Па), значно полегшуючи відривання зразків фаршу від поверхні диска порівняно з контрольними.

Оскільки фарш можна розглядати як дисперсну структуру з водо-білково-сольовими шарами на поверхні часток, то можна передбачити, що у результаті адсорбції використаного ліпофільного ЕАГП, імовірно, відбувається гідрофобізація поверхні зразків фаршів. Дані показника адгезії фаршів узгоджуються з експериментальними даними щодо підвищення внаслідок уведення ЕАГП емульгуювальної здатності м'ясних емульсій, стійкості, ВУЗ, ЖУЗ фаршевих емульсій.

Отримані дані (табл. 3.7) щодо впливу ступеня подрібнення на показники адгезії свідчать про менші його значення і дещо більшу гідрофобізацію поверхні для зразків тонкоподрібненого фаршу порівняно зі зразками з дрібним подрібненням. Так, зусилля відриву контрольних зразків із різним ступенем подрібнення розрізняються найбільше, на $12,2 \cdot 10^4$ Па, за масової частки ЕАГП 0,3% — на $5,2 \cdot 10^4$ Па, дорівнюючи $19,26 \cdot 10^4$ і $24,5 \cdot 10^4$ Па відповідно. Уведення ЕАГП кількістю 0,5% до дрібноподрібненого фаршу зменшує показник адгезії на $16,7 \cdot 10^4$ Па порівняно з контролем, у той час як у випадку тонкоподрібненого фаршу зменшення становить $5,9 \cdot 10^4$ Па. Збільшення частки емульгатора від 0,5

до 1,1% менше впливає на сили прилипання до поверхні металевого диска і зусилля відриву, яке залишається практично незмінним — на рівні $17,3 \cdot 10^4$ Па у випадку дрібного і $16,5 \cdot 10^4$ Па тонкого подрібнення м'ясної сировини.

На рис. 3.10 наочно продемонстрована загальна тенденція до зниження адгезії фаршу до металевої поверхні зі збільшенням вмісту емульгатора.

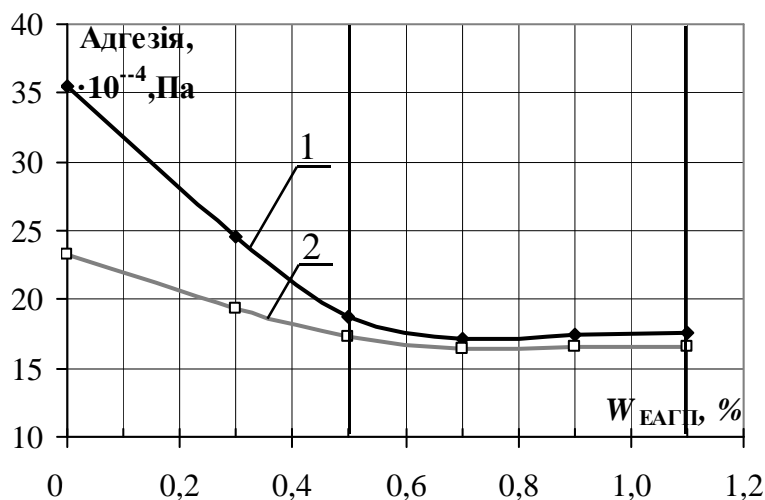


Рисунок 3.10 – Залежність показників адгезії фаршевої м'ясної емульсії від масової частки ЕАГП і ступеня подрібнення м'ясної сировини: 1 – дрібний; 2 – тонкий

Досліджені поверхневі властивості фаршевих м'ясних емульсій дають можливість оцінити результат міжчасткової взаємодії і гідрофобізації поверхні фаршів як зміну структури їх поверхневого шару, викликану втручанням ЕАГП у формування адсорбційного шару на межі контакту двох поверхонь м'ясна емульсія–металева поверхня. Отримані результати свідчать, що ЕАГП виконує роль змащувального агента, зменшуючи липкість м'ясного фаршу до металевих поверхонь, що зумовлюватиме меншу липкість і до конструкційного матеріалу внутрішньої поверхні подрібнювального обладнання.

До структурно-механічних властивостей, які є визначальними з точки зору аналізу дисперсних систем, належать також зсувні властивості. Вони характеризують поведінку об'єму продукту за умов дії на нього зсувних, дотичних напруг.

У ході подальшого експериментального обґрунтування технології МСВ із ЕАГП досліджено деформаційну поведінку м'ясних фаршів з ЕАГП під впливом зсувних зусиль. Пластично-еластичні властивості м'ясних фаршів як твердоподібних систем було вивчено на еластопластометрі Толстого, який відноситься до приладів із площинно-паралельним зазором і застосовується для дослідження зсувних характеристик в області практично незруйнованих структур за малих величин деформацій [183; 184]. Деформацію зсуву γ визначали за зміщенням голки,

закріпленої на верхній пластині. Експериментальні дані виражали у вигляді кривих кінетики деформації (рис. 3.11):

[OA] – γ_0 пружна умовно-миттєва деформація (виникає під дією прикладеної напруги та миттєво зникає після її зняття);

[OC] – γ_m максимально досягнута деформація під дією прикладеної напруги;

[OB₁] – $\gamma_{зв}$ високоеластична деформація (повністю оборотна відносна деформація: $\gamma_{зв} = \gamma_0 + \gamma_{ве}$);

[AB₁] – $\gamma_{ве}$ високоеластична деформація (відносна деформація, яка поступово зникає після зняття напруги: $\gamma_{ве} = \gamma_{зв} - \gamma_0$).

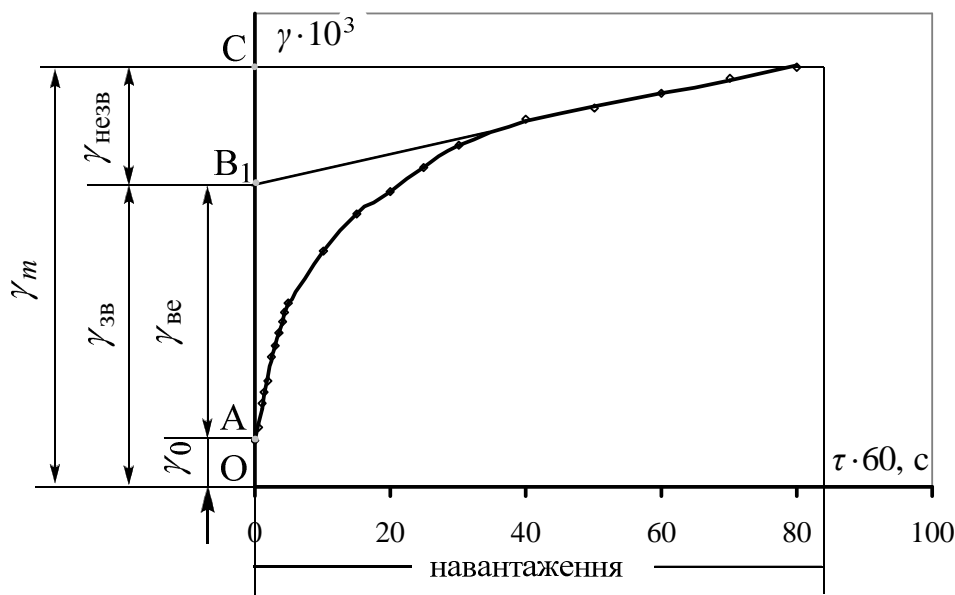


Рисунок 3.11 – Крива кінетики розвитку деформації досліджуваного зразка фаршу під дією прикладеної напруги за умов навантаження (γ – деформація під час зсуву)

Розділення загальної деформації на зворотну і незворотну здійснювали спрощеним методом екстраполяції лінійної ділянки графіку $\gamma = f(\tau)$ на ось ординат (рис. 3.11).

Розрахунок в'язкопружних характеристик (миттєвий модуль пружності $G_{пр}$, зворотну $\gamma_{зв}$ і незворотну $\gamma_{незв}$ деформації, коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної K_γ , податливість I , високоеластичний модуль $G_{ел}$, пластичну в'язкість η_0^* , в'язкість пружної післядії $\eta_{пр}$) проводили за даними кривих деформації згідно з [183; 184].

За експериментальними даними, виміряними за температури $16 \pm 0,5^\circ \text{C}$, побудовано залежності відносної деформації зразків м'ясних фаршів із дрібним подрібненням за різного вмісту ЕАГП від часу дії напруги $\gamma = f(t)$ (рис. 3.12).

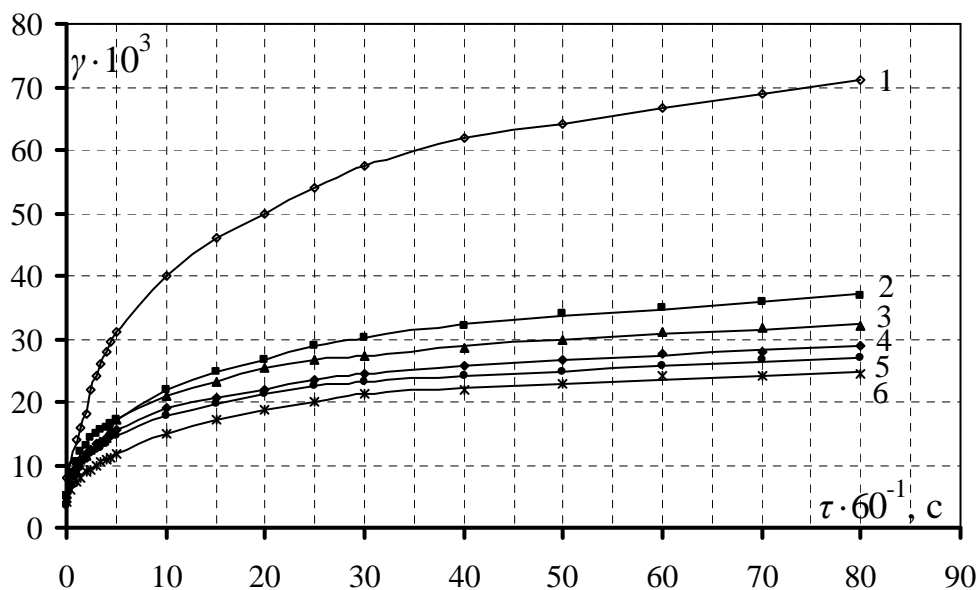


Рисунок 3.12 – Динаміка розвитку деформації м'ясних фаршевих емульсій (дрібне подрібнення; роздільна підготовка жиру й ЕАГП) за масової частки ЕАГП: 1 – 0% (контроль); 2 – 0,3%; 3 – 0,5%; 4 – 0,7%; 5 – 0,9%; 6 – 1,1%

Слід відзначити певний розкид кривих повзучості (рис. 3.12), що вказує на помітний вплив концентрації емульгатора у м'ясній емульсії з дрібним подрібненням компонентів на характеристики міцності зразків. Крім того, для контрольного і зразків із невеликою масовою часткою емульгатора (від 0,3 до 0,5%) графіки залежності деформації менш пологі й мають дещо більші значення тангенса нахилу (k) дотичної до кінцевої лінійної ділянки кривої.

Найважливіші зсувні характеристики емульсійних систем із ЕАГП [співвідношення білок:жир:волога — 1,0:(1,0...1,7):(4,3...5,0)] розраховано за отриманими експериментальними даними і наведено в табл. 3.8.

Аналіз динаміки розвитку деформації фаршевих м'ясних емульсій (рис. 3.12) показує, що в досліджуваному діапазоні концентрацій за абсолютних та відносних значень для всіх зразків характерною є незворотна деформація плинину. Із підвищенням концентрації ЕАГП від 0 (зразок 1 — контроль) до 1,1% (зразок б) абсолютна величина загальної деформації фаршів із дрібним подрібненням зменшується. Так, зі збільшенням масової частки ЕАГП від 0,3 до 1,1% (табл. 3.8) загальна деформація зменшується в 1,5 разу, від 0 (контроль) до 0,3% — в 1,9 разу для зразків із роздільним введенням жирової сировини та ЕАГП

(рис. 3.2, варіант 1) й у 2 та 1,2 разу відповідно — для зразків з емульсією жир–вода з ЕАГП (рис. 3.2, варіант 2).

Таблиця 3.8 – Зведені дані структурно-механічних показників м'ясних фаршевих емульсій за різної масової частки ЕАГП і способу підготовки жирової сировини

Показник	Масова частка ЕАГП, %					
	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1
Зворотна деформація $\gamma_{зв} \cdot 10^3$	<u>52,72</u> 23,72	<u>27,85</u> 19,20	<u>25,45</u> 17,40	<u>22,72</u> 15,79	<u>21,13</u> 14,27	<u>19,76</u> 10,82
Незворотна деформація $\gamma_{нез} \cdot 10^3$	<u>18,40</u> 8,64	<u>9,20</u> 7,85	<u>6,98</u> 7,77	<u>6,24</u> 5,73	<u>5,96</u> 5,69	<u>4,96</u> 2,93
Загальна деформація $\gamma_{заг} \cdot 10^3$	<u>71,12</u> 32,36	<u>37,05</u> 27,05	<u>32,44</u> 25,17	<u>28,96</u> 21,52	<u>27,09</u> 19,96	<u>24,72</u> 13,76
Відношення деформації зворотної до загальної K	<u>0,74</u> 0,73	<u>0,75</u> 0,71	<u>0,78</u> 0,69	<u>0,78</u> 0,73	<u>0,78</u> 0,71	<u>0,80</u> 0,79
Податливість $I \cdot 10^4, \text{Па}^{-1}$	<u>2,72</u> 9,90	<u>1,42</u> 8,03	<u>1,24</u> 7,70	<u>1,11</u> 6,58	<u>1,04</u> 6,10	<u>0,95</u> 5,26
Умовно-миттєвий модуль пружності $G_{пр} \cdot 10^{-4}, \text{Па}$	<u>3,27</u> 6,39	<u>4,43</u> 6,10	<u>4,61</u> 6,22	<u>5,03</u> 7,36	<u>5,90</u> 9,14	<u>5,83</u> 10,51
Високоеластичний модуль $G_{ел} \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	<u>5,85</u> 17,58	<u>11,92</u> 19,55	<u>13,22</u> 26,93	<u>14,93</u> 28,82	<u>15,67</u> 30,59	<u>17,12</u> 31,39
Пластична в'язкість $\eta^* \cdot 10^{-7}, \text{Па} \cdot \text{с}$	<u>6,8</u> 18,2	<u>13,6</u> 18,9	<u>18,0</u> 20,2	<u>20,1</u> 27,4	<u>21,1</u> 30,6	<u>25,3</u> 40,8
В'язкість пружної післядії $\eta_{пр} \cdot 10^{-5}, \text{Па} \cdot \text{с}$	<u>30,18</u> 61,31	<u>40,25</u> 55,34	<u>50,78</u> 114,4	<u>43,60</u> 124,3	<u>45,92</u> 124,3	<u>67,65</u> 121,8
Примітка. Над рискою наведено значення показника, що відповідає зразку з дрібним подрібненням сировини з роздільним уведенням жирової сировини та ЕАГП; під рискою — приготуванням емульсії жиру з ЕАГП.						

Водночас для зразків із роздільним уведенням жирової сировини та ЕАГП спостерігається відносно підвищення частки зворотної деформації в її загальному обсязі від 0,74 (контроль) до 0,75 (зразок 2 — 0,3%) і до 0,80 (зразок 6 — 1,1%), що свідчить про певне зниження пластичних властивостей фаршу. Деяк інакше змінюється цей показник для зразків з емульсією жир–вода з ЕАГП: знижується від 0,73 до 0,69 в інтервалі масових часток ЕАГП від 0% (контроль) до 0,5%, знаходиться на рівні 0,69...0,73 в інтервалі масових часток від 0,5 до 0,9% і свідчить, що зразок фаршу з масовою часткою ЕАГП 0,5% є найбільш пластичним.

Установлено, що в разі прикладання деформуючого навантаження відбувається миттєва деформація зразків, у той час як еластична і пластична деформації розвиваються повільно. Згідно з даними табл. 3.8 показники високоеластичної податливості зразків м'ясних фаршів зі способом підготовки шляхом приготування емульсії жиру з ЕАГП перевищують відповідні значення для зразків фаршу з роздільним уведенням жирової сировини та ЕАГП. Так, для контролю показники відрізняються в 3,64 разу, для зразків з ЕАГП із підвищенням його масової частки від 0,3 до 1,1% — у 5,65; 6,21; 5,93; 5,86; 5,54 разу відповідно. Найбільш суттєво спосіб підготовки жирової сировини впливає на показники високоеластичної податливості зразків фаршу в інтервалі масових часток емульгатора від 0,5 до 0,7%, у якому вони найбільше відрізняються і дорівнюють відповідно $1,24 \cdot 10^{-4}$ і $1,11 \cdot 10^{-4} \text{ Па}^{-1}$ (для зразків фаршу з роздільним уведенням жиру та ЕАГП) та $7,70 \cdot 10^{-4}$ і $6,58 \cdot 10^{-4} \text{ Па}^{-1}$ (для зразків фаршу з емульсією жиру з ЕАГП).

Помітне зменшення високоеластичної податливості ($\tau=30-60 \text{ с}$) зразків фаршу з роздільним уведенням жирової сировини та ЕАГП — від $1,42 \cdot 10^{-4}$ до $0,95 \cdot 10^{-4} \text{ Па}^{-1}$ (у 1,5 разу) відбувається з підвищенням вмісту ЕАГП (від 0,3 до 1,1%) та порівняно з контролем $2,72 \cdot 10^{-4} \text{ Па}^{-1}$ (у 2,9 разу).

Аналогічно високоеластична податливість знижується і для зразків фаршу з емульсією жир–вода з ЕАГП: у 1,5 разу з підвищенням вмісту ЕАГП і 1,9 разу — порівняно з контролем. Це пов'язано зі зміною зсувних і об'ємних властивостей продукції, підвищенням міцнісних властивостей, збільшенням внутрішньої взаємодії між частками за наявності ЕАГП.

Залежність умовно-миттєвого модуля пружності зразків фаршу від вмісту емульгатора і способу підготовки жирової сировини наведено на рис. 3.13.

Значення умовно-миттєвого модуля пружності м'ясних фаршів як у випадку роздільного введення жиру та ЕАГП (1), так і у випадку приготування емульсії жир–вода з ЕАГП (2) зростає зі збільшенням емульгатора і за вмісту ЕАГП 1,1% сягає значення $5,83 \cdot 10^4 \text{ Па}$ (контроль — $3,27 \cdot 10^4 \text{ Па}$) і $10,51 \cdot 10^4 \text{ Па}$ (контроль — $6,39 \cdot 10^4 \text{ Па}$) відповідно, що є свідченням утворення структури, яка характеризується міцністю і не так швидко, як контроль, змінюється під впливом деформуючої сили, особливо для зразків фаршу з емульсією (2).

Залежність в'язкості пружної післядії зразків фаршу з жировою сировиною, уведеною роздільно з ЕАГП та у вигляді емульсії жир–вода–ЕАГП, від масової частки ЕАГП наведено на рис. 3.14.

Уведення ЕАГП масовою часткою 0,3% практично не змінює показники в'язкості пружної післядії зразків 1, 2, що розрізняються способом підготовки жирової сировини. Подальше збільшення концентрації ЕАГП найбільше впливає на величину показників зразка 2, які за масової частки ЕАГП 0,5% зростають у 1,9 разу порівняно з контролем і дорівнюють $114,4 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Зростання

значення показника в'язкості пружної післядії зразка 1 за цієї концентрації відбувається в 1,7 разу порівняно з контрольним зразком ($30,18 \cdot 10^5$ Па·с).

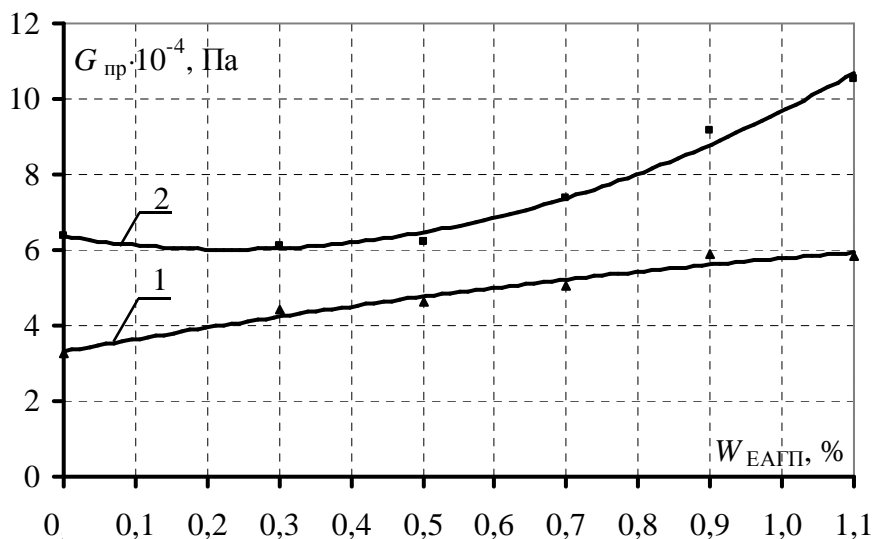


Рисунок 3.13 – Залежність умовно-миттєвого модуля пружності зразків м'ясних фаршевих емульсій від вмісту ЕАГП і способу підготовки жирної сировини: 1 – роздільне введення жиру та ЕАГП; 2 – приготування емульсії жир-вода-ЕАГП

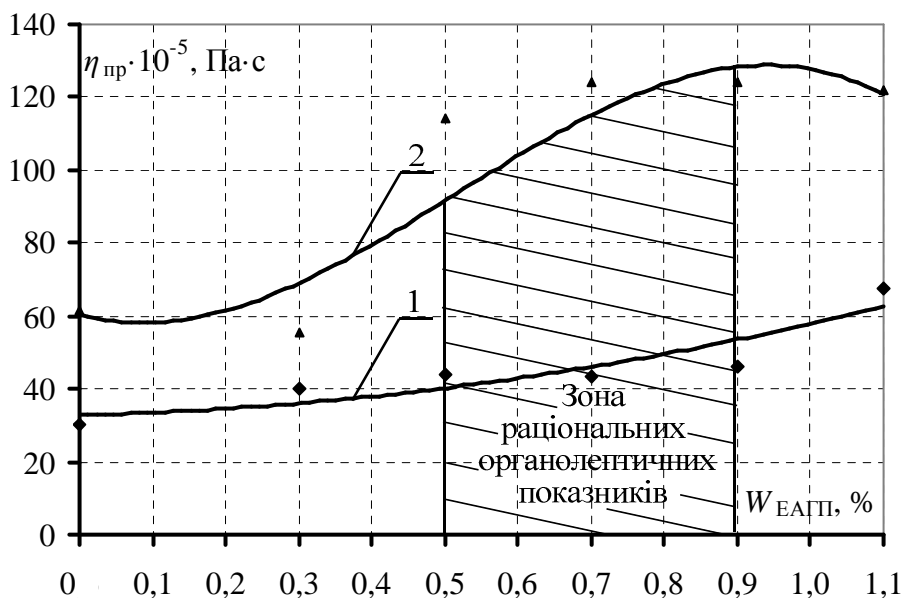


Рисунок 3.14 – Залежність в'язкості пружної післядії зразків м'ясних фаршевих емульсій від вмісту ЕАГП і способу підготовки жирної сировини: 1 – роздільне введення жиру та ЕАГП; 2 – приготування емульсії жир-вода-ЕАГП

Миттєва і високоеластична деформації є зворотними. На рис. 3.15 наведено графік залежності високоеластичного модуля досліджуваних зразків фаршу.

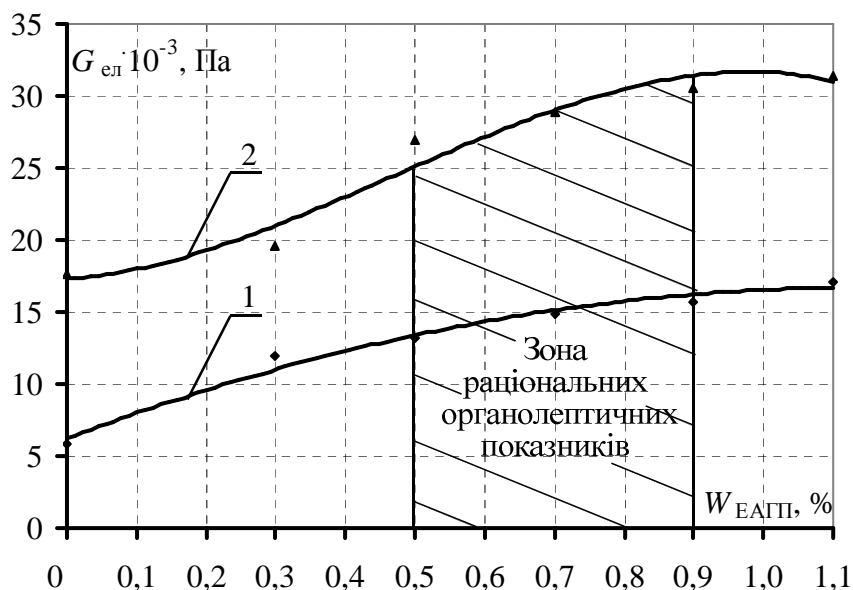


Рисунок 3.15 – Залежність високоеластичного модуля зразків м'ясних фаршевих емульсій від вмісту ЕАГП і способу підготовки жирної сировини: 1 – роздільне введення жиру та ЕАГП; 2 – приготування емульсії жир–вода–ЕАГП

Високоеластична деформація характеризує пружну деформацію, яка запізнюється і зникає впродовж деякого часу після зняття напруги. Чим більше ЕАГП у м'ясному фарші (рис. 3.15), тим еластичнішим він стає: значення показників високоеластичного модуля $G_{ел}$ лінійно зростають: крива 1 — від $5,85 \cdot 10^3$ Па (контроль) до $17,12 \cdot 10^3$ Па (зразок із масовою часткою ЕАГП 1,1%); крива 2 — від $17,58 \cdot 10^3$ до $31,39 \cdot 10^3$ Па. Зразки фаршу з жирною сировиною, підготовленою з емульсією жир–вода з ЕАГП, занадто еластичні, що впливатиме на органолептичні показники (зменшення ніжності особливо не бажане для таких виробів, як сосиски).

Незворотна деформація характеризує в'язку течію системи, у якій відбувається безперервне переміщення часток м'ясної системи, що не повертаються у початковий стан після зняття напруги.

Як свідчать дані табл. 3.8, незворотна деформація $\gamma_{нез}$ мінімальна ($4,96 \cdot 10^{-3}$ і $2,93 \cdot 10^{-3}$) для зразків із вмістом ЕАГП 1,1%. Зокрема, вона значно менша за значень цих показників для контролю ($18,40 \cdot 10^{-3}$ і $8,64 \cdot 10^{-3}$) і зразків із масовою часткою ЕАГП 0,3% ($9,20 \cdot 10^{-3}$ і $7,85 \cdot 10^{-3}$), які є найбільш пластичними. Зразки з вмістом емульгатора 0,5; 0,7 і 0,9% відповідно — менш пластичні порівняно з контролем і мають близькі значення незворотної деформації як для зразків

фаршу з роздільно підготовленою жировою сировиною з ЕАГП ($6,98 \cdot 10^{-3}$; $6,24 \cdot 10^{-3}$; $5,96 \cdot 10^{-3}$), так і зразків з емульсією жир–вода–ЕАГП ($7,77 \cdot 10^{-3}$; $5,73 \cdot 10^{-3}$; $5,69 \cdot 10^{-3}$). У свою чергу, зразки фаршу з роздільно введеною жировою сировиною та ЕАГП більш пластичні, ніж зразки з емульсією вода–жир–ЕАГП. Це також впливатиме на сенсорні характеристики.

Дані показників пластичної в'язкості (рис. 3.16) свідчать про підвищення релаксаційної в'язкості м'ясних фаршів зі збільшенням у них масової частки ЕАГП.

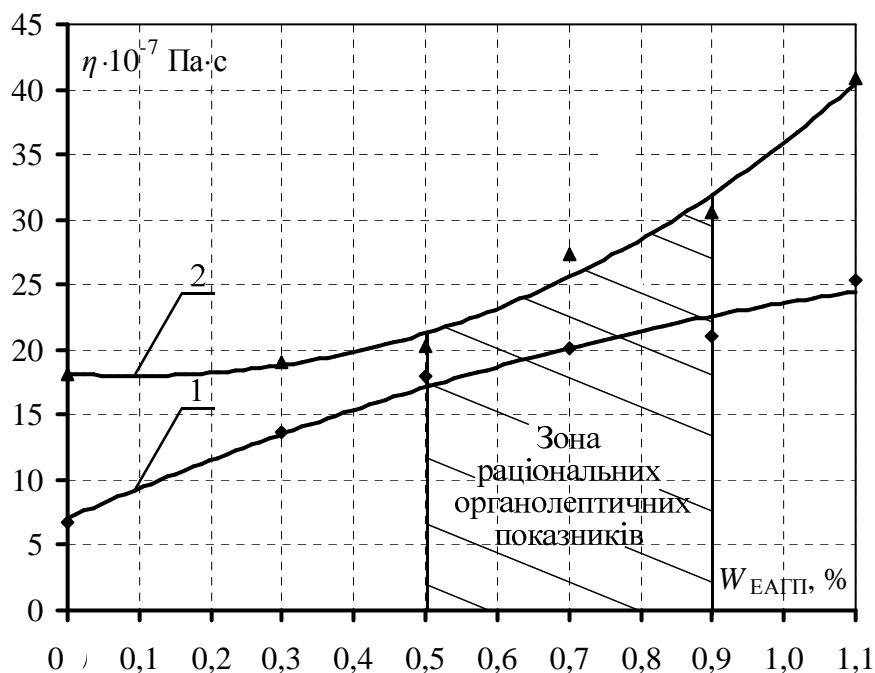


Рисунок 3.16 – Залежність пластичної в'язкості зразків м'ясних фаршевих емульсій від вмісту ЕАГП і способу підготовки жирової сировини:

1 – роздільне введення жиру та ЕАГП; 2 – приготування емульсії жир–вода–ЕАГП

У разі роздільного введення жирової сировини та ЕАГП (1) пластична в'язкість зростає не так стрімко (контроль — $6,82 \cdot 10^7$ Па·с, зразок з 1,1% ЕАГП — $25,32 \cdot 10^7$ Па·с), як у випадку (2) зразків фаршу з емульсією жир–вода–ЕАГП (контроль — $18,20 \cdot 10^7$ Па·с, зразок з 1,1% ЕАГП — $40,80 \cdot 10^7$ Па·с).

В інтервалі масових часток ЕАГП від 0,5 до 0,9% зразки фаршів з роздільно введеною жировою сировиною та ЕАГП (залежність 1), демонструють значення пластичної в'язкості, яка практично не змінюється і знаходиться на рівні значень $20,10 \cdot 10^7$ Па·с.

За способу підготовки жирової сировини у вигляді емульсії жир–вода–ЕАГП відбувається утворення більш в'язкої м'ясної емульсії, для якої з підвищенням

вмісту ЕАГП значення показника пластичної в'язкості зростає у 2,2 разу порівняно з контролем.

За встановлених функціонально-технологічних властивостей фаршевих м'ясних емульсій важливою є їх здатність до гелеутворення під час термообробки за наявності ЕАГП. Структурно-механічні характеристики готових м'ясних виробів досліджували за допомогою методу пенетрації на пенетрометрі ПМДП за методикою [183; 185; 186]. Вимірювання глибини проникнення конуса приладу в товщу зразка проводили за тривалості проникнення 5 с. Показник граничної напруги зсуву визначали за формулою

$$Q_0 = \frac{k \cdot m}{h^2}, \quad (3.6)$$

де Q_0 — гранична напруга зсуву незруйнованої структури, Па;

k — константа конуса, що залежить від кута α при вершині ($\alpha=60^\circ$, $k=2,1$);

m — маса конуса, кг;

h — глибина занурювання індентора, м.

Було досліджено граничну напругу зсуву готових м'ясних січених виробів, виготовлених із використанням емульсії жир–вода–ЕАГП: зразків із тонким подрібненням сировини, термооброблених способом запікання і зразків із дрібним подрібненням, термооброблених смаженням основним способом (рис. 3.17).

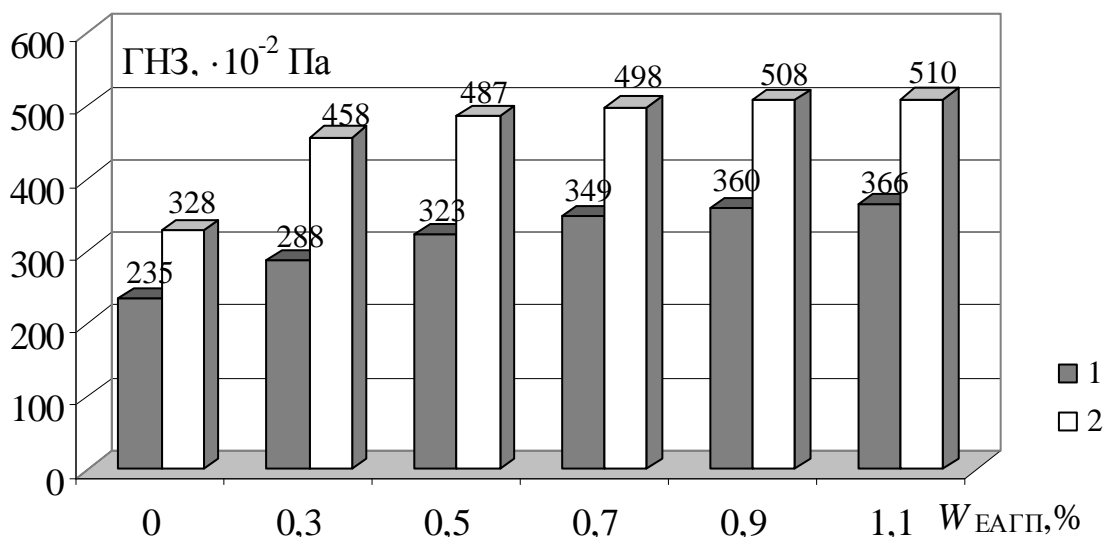


Рисунок 3.17 – Гранична напруга зсуву зразків з емульсією жир–вода–ЕАГП залежно від вмісту ЕАГП і ступеня подрібнення сировини: 1 — дрібний; 2 — тонкий

Результати досліджень свідчать (рис. 3.17), що з підвищенням частки ЕАГП від 0,3 до 1,1% відбувається зростання показника граничної напруги зсуву готових м'ясних січених виробів.

Із підвищенням у фаршах масової частки емульгатора їх здатність до geleутворення під час термообробки суттєво зростає і за масової частки 0,3% значення граничної напруги зсуву готових виробів збільшується. Зокрема, для зразків із дрібним подрібненням компонентів (1) показник зростає більше, ніж у 1,2 разу порівняно з контрольним зразком, зразків із тонким подрібненням (2) — в 1,4 разу. Отримані результати свідчать про пружно-еластичні властивості готових м'ясних виробів і корелюють із даними структурно-механічних показників фаршів та органолептичними характеристиками.

На підставі результатів досліджень із визначення структурно-механічних показників м'ясних фаршевих емульсій з ЕАГП і закономірностей впливу кількості емульгатора і способу підготовки жирової сировини встановлено, що раціональний рівень визначених показників, за якого буде забезпечено формування необхідного комплексу органолептичних характеристик м'ясних січених виробів із дрібним подрібненням сировини, може бути досягнутий уведенням ЕАГП кількістю, що не перевищує 0,7% у випадку роздільного введення жирової сировини з ЕАГП та 0,5% — за умови використання емульсії жиру з ЕАГП.

Проведені дослідження показали, що використання ЕАГП у фаршевих м'ясних емульсіях дозволяє в широких межах регулювати реологічні, а отже й органолептичні властивості м'ясних напівфабрикатів і виробів, такі як консистенція, соковитість, ніжність, крихкість, липкість.

Таким чином, завдяки використанню ЕАГП у технології м'ясних фаршевих емульсій із дрібним і тонким ступенями подрібнення сировини, що призводить до підвищення диспергування, рівномірнішого розподілу жиру в білковому матриці шляхом зміцнення адсорбційного шару в результаті конкурентної адсорбції ЕАГП і міофібрилярних білків, утворюються більш стійкі порівняно зі зразками без емульгаторів емульсійні системи з підвищеними емульгувальними (ЕЗ, СЕ, АС, КС), поліпшеними функціонально-технологічними властивостями (підвищений рівень ВУЗ, ЖУЗ із можливістю регулювання структурно-механічних показників).

Доведено, що спосіб підготовки жирової сировини суттєво впливає на зазначені властивості фаршів з ЕАГП, особливо на рівень їх структурно-механічних показників, які можна регулювати залежно від комплексу необхідних органолептичних характеристик готової м'ясної продукції, і визначає раціональний вміст ЕАГП для виробництва м'ясних січених виробів на основі фаршів зі співвідношенням білок:жир:волога 1:(1,0...2,5):(4,3...6,0) із тонким і дрібним подрібненням сировини за способу підготовки жиру з ЕАГП роздільним уведенням — 0,7%, у вигляді емульсії жиру з ЕАГП — 0,5%.

3.3. Наукове обґрунтування технологічних параметрів, розробка принципової технологічної схеми виробництва МСВ із використанням ЕАГП

Проведені дослідження, спрямовані на обґрунтування технологічних параметрів одержання м'ясних січених виробів з використанням ЕАГП, дозволили визначити закономірності зміни функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів залежно від технологічних чинників — концентрації ЕАГП у рецептурній суміші, вмісту білка, жиру і води у м'ясній сировині (співвідношення білок:жир:волога становить $1,0:(0,5...0,7):(4,0...4,3)$ та $1,0:(0,6...0,8):(4,5...5,2)$, її ступеня подрібнення, способу підготовки жирової сировини. Отримані результати є експериментальним підґрунтям для оптимізації процесу утворення фаршевих м'ясних емульсій та визначення раціональних параметрів одержання МСВ з ЕАГП.

Обґрунтування технологічних параметрів приготування м'ясних фаршів зі співвідношенням білок:жир:волога $1,0:(1,0...2,5):(4,3...6,0)$ дозволило визначити інтервал раціональних значень масових часток ЕАГП ($0,5...0,7\%$) із точки зору забезпечення необхідного динамічного стану рецептурних сумішей, що проявляється в підвищенні емульгуювальної здатності, стабільності, стійкості, ВУЗ, ЖУЗ, пластичної в'язкості, зниженні податливості під дією зсувних зусиль тощо.

Таким чином, на основі проведених досліджень обґрунтовано ефективність використання харчових емульгаторів ЕАГП у технології м'ясних січених виробів.

Узагальнення результатів аналітичних та експериментальних досліджень відповідно до моделі «структура системи» (рис. 3.1) у межах підсистеми A_1 , функціонування підсистем B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 (рис. 3.2) і виявлення закономірностей зміни функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршевих емульсій залежно від технологічних чинників (масової частки ЕАГП, ступеня подрібнення м'ясної сировини, способу підготовки жирової сировини з ЕАГП) дозволили обґрунтувати параметри окремих технологічних операцій, визначити раціональний вміст емульгатора та розробити принципову технологічну схему виробництва м'ясних січених виробів з використанням ЕАГП (рис. 3.18).

Мету функціонування окремих підсистем у межах принципової технологічної схеми виробництва МСВ з ЕАГП наведено в табл. 3.9.

Технологічний процес виробництва МСВ у межах визначених підсистем відповідно до сформульованої мети їх функціонування і згідно з експериментально визначеними раціональними параметрами можна охарактеризувати таким чином.

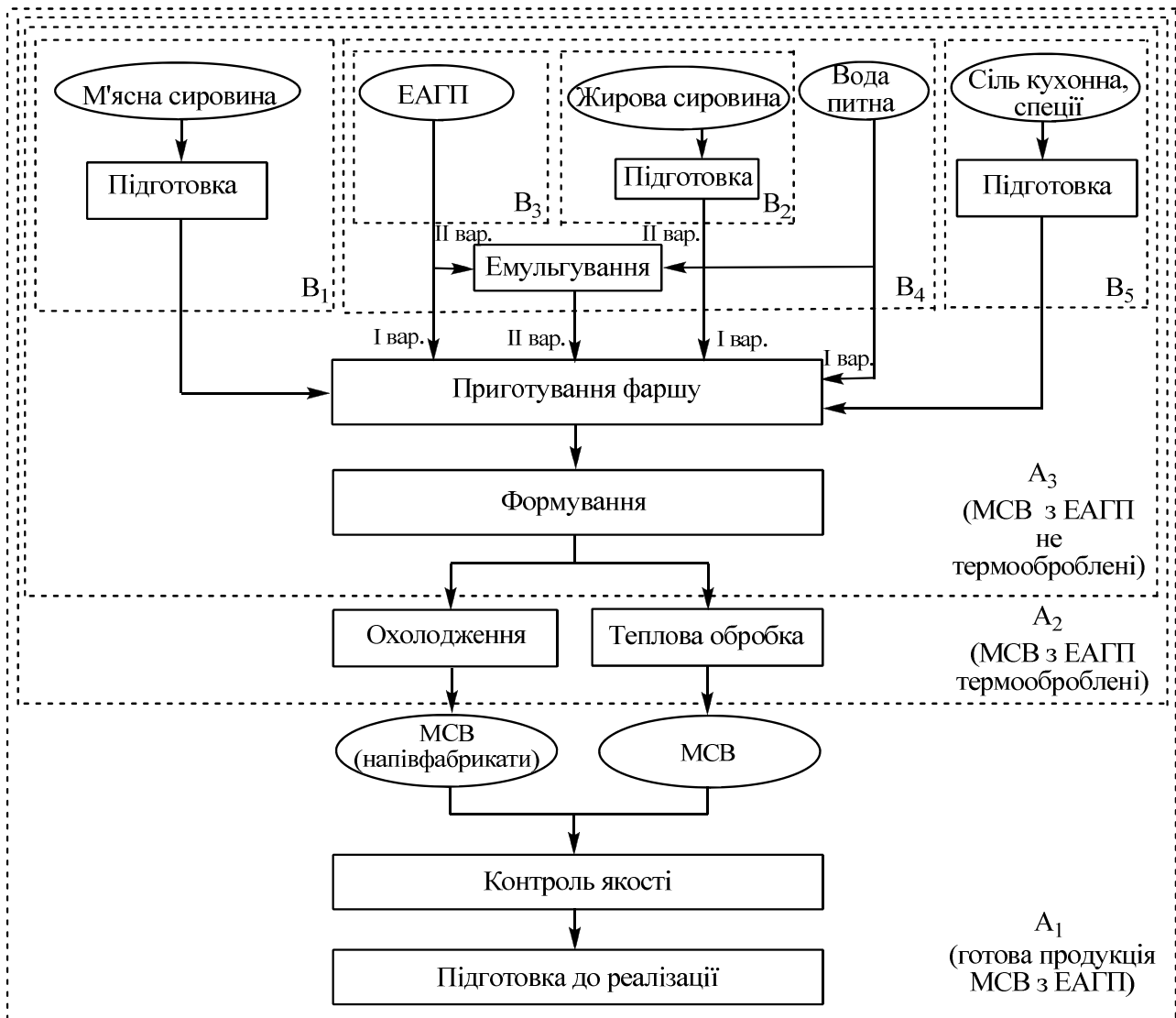


Рисунок 3.18 – Принципова технологічна схема виробництва м'ясних січених виробів з емульгаторами ацилгліцеринної природи

Підготовка основних компонентів МСВ здійснюється в межах підсистем V_1 «Підготовка м'ясної сировини» і V_4 «Підготовка жирової сировини».

Основною білковмісною сировиною нової продукції є жилована яловичина II гатунку, котлетне м'ясо (м'якоть шийної частини; спинна частина; задня частина; пахвина; лопаткова частина; тазостегнова частина). Жилована яловичина в ході відповідних технологічних операцій перетворюється на підготовлений напівфабрикат. Надалі яловичину подрібнюють на механічному подрібнювальному обладнанні з діаметром отворів решітки $(2...3) \cdot 10^{-3}$ м. Підсистема V_4 «Підготовка жирової сировини з ЕАГП» включає підсистеми підготовки жирової сировини — V_2 (подрібнення на механічному подрібнювальному обладнанні з діаметром отворів решітки $(3...4) \cdot 10^{-3}$ м) та емульгатора «ЕАГП» (розпаковування) — V_3 .

**Таблиця 3.9 – Структура принципової технологічної схеми
і мета функціонування її складових**

Підсистема	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
A ₁	Одержання МСВ з ЕАГП, контроль якості, пакування, зберігання і реалізація	Одержання продукції із заданими властивостями, готової до реалізації
A ₂	Одержання термооброблених МСВ з ЕАГП і напівфабрикатів шляхом теплової обробки та охолодження відповідно	Теплова обробка м'ясного фаршу з реалізацією її за різних способів залежно від складу рецептурних компонентів, ступеня подрібнення сировини та одержання стабілізованої м'ясними білками за сумісної дії з ЕАГП конденсаційно-кристалізаційної структури готової продукції; одержання охолоджених напівфабрикатів
A ₃	Приготування фаршу	Одержання фаршевої м'ясної емульсії (тонке або дрібне подрібнення сировини) шляхом здійснення окремих технологічних операцій в обґрунтованій послідовності, що забезпечують перебіг фізичних і фізико-хімічних процесів за сумісної участі з ЕАГП, наслідком яких є формування м'ясної емульсійної структури (тиксотропного гелю коагуляційної структури)
B ₁	Підготовка м'ясної сировини	Механічна обробка
B ₂	Підготовка жирової (жировмісної) сировини	Механічна обробка, охолодження
B ₃	Підготовка емульгатора «ЕАГП»	Розпаковування
B ₄	Підготовка жирової сировини з ЕАГП	Роздільне введення або одержанням жирової емульсії з ЕАГП
B ₅	Підготовка смакових рецептурних компонентів	Просіювання рецептурних компонентів з метою видалення сторонніх домішок

Дослідження функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів з ЕАГП, проведені з метою оптимізації процесу їх приготування, дали можливість у межах функціонування підсистеми B₄ варіативно реалізовувати той чи інший спосіб підготовки жирової сировини з ЕАГП (рис. 3.2, 3.18) залежно від

технологічних завдань. Зокрема, було попередньо виявлено, що для виробництва м'ясних січених виробів більш раціональним і економічним способом є одержання напівфабрикатів «Сало шпик або жир-сирець», «ЕАГП» роздільним уведенням.

Функціонування підсистеми V_5 «Підготовка солі кухонної і спецій» включає механічну обробку спецій — просіювання та приготування водного розчину солі кухонної.

Підсистема A_3 «Приготування фаршу» передбачає перемішування або вторинне подрібнення — кутерування підготовлених напівфабрикатів (підсистеми V_1 ; V_4 ; V_5), яке відповідно до проведених експериментальних досліджень і виробничих відпрацювань у межах цієї підсистеми здійснюють залежно від ступеня подрібнення м'ясної сировини — дрібний або тонкий відповідно.

Реалізація технологічних завдань виробництва м'ясних фаршів із дрібним подрібненням м'ясної сировини в межах підсистеми «Приготування фаршу» відбувається в такій послідовності: уведення підготовлених напівфабрикатів «М'ясо подрібнене», «Розчин солі», «Спеції просіяні», «ЕАГП», «Сало шпик або жир-сирець подрібнені», ретельне перемішування за температури $12...15^\circ\text{C}$ протягом $(3...5)\cdot 60$ с до рівномірного розподілення компонентів і утворення м'ясної фаршевої емульсії з дрібним подрібненням.

Реалізація технології м'ясних фаршів із тонким подрібненням сировини в межах зазначеної підсистеми є більш складним завданням, яке передбачає ефективне проведення операції кутерування (гомогенізації) за трьома стадіями. Загальна тривалість кутерування становить $(4...6)\cdot 60$ с.

На першій, короткочасній, що триває протягом $(1...2)\cdot 60$ с (залежить від вмісту сполучної тканини, швидкості різання, температурних характеристик сировини), із досягненням температури від 6 до 8°C в умовах механічного подрібнення відбувається екстракція та інтенсивне набування білків — зв'язування води та ініціювання процесу гелеутворення.

Друга стадія кутерування здійснюється за температур від 8 до 10°C за високої швидкості обертання ножів і чаші. На цій стадії спочатку до фаршу додають водний розчин солі кухонної, спеції, ЕАГП, а потім вводять жирову сировину. Нижня межа температури кутерування 8°C зумовлена специфікою як жирнокислотного складу жирової сировини, так і емульгатора з вмістом переважно ненасичених жирних кислот.

Друга стадія кутерування направлена на забезпечення умов для максимальної участі жиру в процесі емульгування й одержання емульсії. Високе диспергування жиру і його більш рівномірний розподіл у білковому матриксі забезпечуються ЕАГП, дифільні молекули якого відповідно орієнтовані навколо жирових

глобул і безпосередньо беруть участь в утворенні міжфазного адсорбційного шару. Фракції МАГ і ДАГ як низькомолекулярні емульгатори можуть діяти шляхом часткового або повного витискування білків із поверхні поділу жир-вода, бо таке заміщення є вигідним із точки зору ентропії у зв'язку з різницею розмірів і рухливості цих речовин. Пряма взаємодія емульгаторів і білків може чинитися шляхом утворення електростатичних і водневих зв'язків.

На заключній стадії кутерування кінцева (оптимальна) температура фаршу визначається рецептурним складом. Переважання в рецептурі частки яловичини II гатунку зумовлює вищу температуру м'ясної емульсії, що становить 10° С.

Формування напівфабрикатів МСВ з ЕАГП із дрібно- або тонкоподрібненої сировини передбачено в підсистемі А₃, після чого напівфабрикати піддаються термічній обробці відповідним способом або охолоджуються.

Функціонування підсистеми А₁ спрямоване на одержання м'ясних січених виробів з ЕАГП, контроль їх якості, пакування і реалізацію. Функціонування підсистем А₁, А₂ пов'язане з наданням продукції необхідних органолептичних властивостей: зовнішнього вигляду, кольору, запаху, смаку тощо.

Представлений технологічний процес виробництва МСВ з ЕАГП не потребує суттєвих змін в організації роботи м'ясних цехів і може бути реалізований на підприємствах будь-якої потужності.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ З ЕМУЛЬГАТОРАМИ АЦИЛГЛІЦЕРИНОЇ ПРИРОДИ

4.1. Розробка рецептурного складу і технологічної схеми виробництва м'ясних січених виробів з використанням ЕАГП

Ураховуючи сучасні тенденції розвитку системи ресторанного господарства, наукові підходи до харчування людини і її здорового способу життя, у межах реалізації інноваційної стратегії «Одержання ЕАГП — одержання МСВ» потребує розвитку напрям розширення асортименту якісних м'ясних січених виробів зі стабільними впродовж нормативного терміну зберігання властивостями, який не передбачає заміни м'ясної сировини в рецептурному складі.

Асортимент м'ясної кулінарної продукції емульсійної структури на основі фаршів із тонким подрібненням сировини, регламентований законодавчо (накази МінЗЕЗТ України №365 від 23.07.1997 р., №484 від 06.07.1999 р.), досить обмежений [87; 88; 132]. Згідно з традиційними технологіями кулінарної продукції більш високий ступінь подрібнення м'ясної сировини досягається шляхом застосування паштетної решітки, збиванням, подвійним подрібненням у м'ясорубці. У зв'язку з такими обмеженнями розробку рецептурного складу м'ясних січених кулінарних виробів на основі тонкоподрібненої сировини та вибір виробів-аналогів пропонується здійснити з урахуванням наукових досягнень м'ясної галузі з теоретичних і практичних питань виробництва м'ясної продукції емульсійної структури — варених ковбас, сосисок, сардельок, м'ясних хлібів.

Із точки зору формування якості нової продукції у результаті технологічного процесу важливо забезпечити відповідний рівень комплексу показників загалом. У підрозділі 3.3 було обґрунтовано, що цього можна досягти варіюванням концентрації ЕАГП у рецептурній суміші від 0,5 до 0,7%; параметрами, які визначають ефективність емульгування: співвідношення у фарші білок:жир:волога — 1,0:(1,0...1,7):(4,3...5,0) та 1,0:(1,5...2,5):(5,0...6,0); ступінь подрібнення сировини — дрібний і тонкий; спосіб підготовки жирової сировини — роздільний із послідовним уведенням до подрібненої м'ясної сировини ЕАГП та жиру або у вигляді емульсії жиру з ЕАГП.

Виробництво м'ясних січених виробів із використанням ЕАГП на основі фаршів з емульсійною структурою за різного ступеня подрібнення сировини визначає доцільність вивчення впливу термічної обробки на їх показники якості.

У більшості випадків технології виробництва МСВ на основі фаршу як за дрібного, так і тонкого подрібнення сировини з коефіцієнтом волога:білок

2,5...4,5 передбачають термообробку переважно методом смаження [87; 88]. Методи запікання та варіння застосовуються у випадках, коли в рецептурному складі закладено підвищене співвідношення вмісту води до білка з відповідним коефіцієнтом 5,5...6,0. На цьому етапі слід розв'язати завдання визначення виду і раціональних параметрів термообробки, під час якої відбувається стабілізація структуроутворення модельних м'ясних фаршевих емульсій, якій можуть сприяти ЕАГП.

Вивчено вплив термічної обробки на показники якості зразків, виготовлених на основі модельного м'ясного фаршу з 0,5 і 0,7% ЕАГП, уведених у вигляді емульсії з жиром та роздільно з жиром відповідно.

Доведення дослідних зразків до моменту досягнення кулінарної готовності — температури в центрі виробу $(85\pm 1)^\circ\text{C}$ — проводили різними способами термічної обробки — смаженням, варінням на парі, запіканням. Смаження здійснювали основним способом за температури поверхні смаження $150...160^\circ\text{C}$ [146]; запікання — в електричному параконвектоматі «Упохс» за температури $150...160^\circ\text{C}$; варіння на парі — за температури $98...100^\circ\text{C}$.

Втрати маси під час термообробки дослідних зразків на основі модельного м'ясного фаршу та показники їх органолептичної оцінки наведено в табл. 4.1, 4.2.

Експериментально визначено (табл. 4.1, 4.2), що дослідні зразки, термооброблені варінням на парі та запіканням, характеризуються соковитою, ніжною, у міру щільною консистенцією.

Під час термічної обробки всіх зразків з ЕАГП на основі дрібноподрібненої м'ясної сировини (табл. 4.1) способом запікання і варіння на парі втрати становлять 9,0...11,5 та 12,0...13,2% відповідно, що відповідно на 25,3...32,8% та 19,9...23,4% менше за втрати контрольних зразків.

Смаження всіх зразків з ЕАГП на основі фаршу з дрібним ступенем подрібнення сировини (табл. 4.1) супроводжується втратою їх маси до 20,5...25,2%, що на 19,2...29,5% менше за втрати контрольних зразків (29,1...31,2%), виготовлених за традиційною технологією. За умов використання ЕАГП спостерігається збереження соковитості, поліпшення зовнішнього вигляду смажених виробів.

Із урахуванням вищезазначених результатів смаження та запікання як способи термічної обробки, за яких спостерігається більш значне зниження втрат за наявності ЕАГП, є раціональними для виробництва МСВ на основі фаршів із дрібним подрібненням сировини, у яких коефіцієнти жир:білок і волога:білок дорівнюють 1,0...1,7 і 4,3...5,0 відповідно.

Становлять інтерес (табл. 4.2) результати аналізу втрат під час термічної обробки зразків з ЕАГП на основі фаршів з тонкоподрібненої сировини.

Таблиця 4.1 – Вплив термічної обробки на показники якості дослідних зразків на основі модельного фаршу з дрібноподрібненої сировини

Масова частка ЕАГП, %	Особливості введення жирової сировини	Співвідношення у фарші білок:жир:волога	Загальний вміст вологи у фарші, %	Втрати під час термообробки, %			Органолептична оцінка, бал		
				Смаження основним способом	Варіння на парі	Запікання	Смаження основним способом	Варіння на парі	Запікання
0,0 (контроль)	Традиційним способом	1,0:(1,0...1,7): (4,3...5,0)	65,8±0,8	29,1±0,9	15,1±0,5	13,4±0,4	4,84	4,85	4,85
0,5	У вигляді емульсії	1,0:(1,0...1,7): (4,3...5,0)	65,8±0,8	20,5±0,6	12,0±0,4	9,0±0,3	4,88	4,89	4,90
0,7	Роздільне введення ЕАГП та жиру	1,0:(1,0...1,7): (4,3...5,0)	65,8±0,8	21,0±0,6	12,1±0,4	9,3±0,3	4,89	4,88	4,89
0,0 (контроль)	Традиційним способом	1,0:(1,5...2,5): 5,0...6,0	67,3±0,8	31,2±0,9	17,1±0,5	15,4±0,4	4,60	4,63	4,63
0,5	У вигляді емульсії	1,0:(1,5...2,5): 5,0...6,0	67,3±0,8	22,5±0,7	13,1±0,3	10,6±0,3	4,83	4,87	4,88
0,7	Роздільне введення ЕАГП та жиру	1,0:(1,5...2,5): 5,0...6,0	67,3±0,8	25,2±0,7	13,2±0,4	11,5±0,3	4,85	4,86	4,87

Таблиця 4.2 – Вплив термічної обробки на показники якості дослідних зразків на основі модельного фаршу з тонкоподрібненої сировини

Масова частка ЕАГП, %	Особливості введення жирової сировини	Співвідношення у фарші білок:жир:волога	Загальний вміст вологи у фарші, %	Втрати під час термообробки, %			Органолептична оцінка, бал		
				Смаження основним способом	Варіння на парі	Запікання	Смаження основним способом	Варіння на парі	Запікання
0,0 (контроль)	Традиційним способом	1,0:(1,0...1,7): (4,3...5,0)	65,8±0,8	27,5±0,7	10,7±0,3	8,4±0,2	4,75	4,75	4,86
0,5	У вигляді емульсії	1,0:(1,0...1,7): (4,3...5,0)	65,8±0,8	20,2±0,5	5,8±0,2	4,8±0,2	4,88	4,93	4,94
0,7	Роздільне введення ЕАГП та жиру	1,0:(1,0...1,7): (4,3...5,0)	65,8±0,8	20,5±0,4	6,1±0,2	5,0±0,2	4,87	4,92	4,92
0,0 (контроль)	Традиційним способом	1,0:(1,5...2,5): 5,0...6,0	67,3±0,8	31,0±0,7	11,7±0,3	8,9±0,2	4,62	4,66	4,65
0,5	У вигляді емульсії	1,0:(1,5...2,5): 5,0...6,0	67,3±0,8	22,3±0,5	6,4±0,2	5,3±0,2	4,85	4,90	4,92
0,7	Роздільне введення ЕАГП та жиру	1,0:(1,5...2,5): 5,0...6,0	67,3±0,8	24,8±0,6	6,8±0,2	5,6±0,2	4,85	4,88	4,89

Отримані результати свідчать про суттєве підвищення виходу готової продукції для всіх зразків з ЕАГП під час варіння на парі або запікання і зниження втрат на 46,2...51,7% порівняно з відповідними зразками з дрібним ступенем подрібнення сировини (табл. 4.1). Втрати контрольних зразків (табл. 4.2) знижуються на 31,6...42,2%. Під час смаження значного зниження втрат зразків із підвищенням ступеня подрібнення сировини не отримано (0,9...2,4%).

Найбільшою органолептичною оцінкою та меншими втратами під час термообробки (табл. 4.1, 4.2) характеризуються зразки зі співвідношенням у фарші білок:жир:волога 1,0:(1,0...1,7):(4,3...5,0). Наявність ЕАГП у фарші з підвищеним вмістом вологи і жиру, де співвідношення білок:жир:волога становить 1,0:(1,5...2,5):(5,0...6,0), позитивно впливає на рівень показників якості термооброблених зразків. Вони мають значно менші втрати під час термообробки (смаження — на 19,2...28,1%; запікання — на 25,3...40,5%; варіння на парі — на 22,8...45,3%) і вищу органолептичну оцінку (4,8...4,9) порівняно з контрольними зразками (4,6...4,7).

Термооброблені зразки з 0,5% ЕАГП (табл. 4.1, 4.2), уведених до подрібненої м'ясної сировини у вигляді емульсії з жиром, характеризуються несуттєво вищими показниками виходу (0,3...3,3%), органолептичної оцінки порівняно зі зразками виготовленими з роздільним уведенням ЕАГП та жиру, що доводить техніко-економічну недоцільність застосування першого способу підготовки жирової сировини в технології МСВ на основі м'ясної сировини стандартної якості.

На підставі отриманих результатів та аналізу існуючих рецептур, рекомендованих раціональних параметрів термообробки, під час якої відбувається стабілізація структури м'ясних фаршевих емульсій з ЕАГП, доцільно піддавати смаженню напівфабрикати з дрібним ступенем подрібнення сировини зі співвідношенням білок:жир:волога у фарші 1,0:(1,0...1,7):(4,3...5,0), варінню або запіканню — напівфабрикати з тонким подрібненням і співвідношенням 1:(1,5...2,5):(5,0...6,0).

Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити раціональні співвідношення білок:жир:волога у фарші з ЕАГП на основі дрібноподрібненої сировини — 1:(1,0...1,7):(4,3...5,0) і тонкоподрібненої — 1:(1,5...2,5):(5,0...6,0), а також вміст основних рецептурних компонентів м'ясних січених виробів з ЕАГП.

Розробка нової продукції у вигляді МСВ передбачає використання додаткових рецептурних компонентів, зокрема солі кухонної, яка, як компонент емульсії, забезпечує розчинність м'язових білків, формує смак і підвищує стійкість продуктів під час зберігання. Аналітично встановлено, що раціональна концентрація солі кухонної становить 1,0...1,2% у фарші з дрібним, 1,4...1,5% — із тонким подрібненням.

Розробку рецептури та технології МСВ з використанням ЕАГП здійснювали відповідно до методичних рекомендацій з розробки рецептур на нові та фірмові страви (вироби) у закладах ресторанного господарства [207; 208], а також керуючись ДСТУ 3946 «Продукція харчова. Основні положення» [209], наказом Міністерства економіки України № 210 від 25.09.00 р. «Про порядок розробки і затвердження технологічної документації на фірмові страви, кулінарні і борошняні кондитерські вироби на підприємствах громадського харчування» [210].

Результати відпрацювання рецептурного складу напівфабрикатів і м'ясних січених виробів з ЕАГП із дрібним подрібненням м'ясної сировини (біфштекс січений) і тонким (ковбаски, м'ясні хлібці) наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Рецептурний склад м'ясних січених виробів з ЕАГП

Найменування сировини	Витрати сировини, г					
	Біфштекс січений «Ранковий»		Ковбаски «Гришівські»		М'ясні хлібці «Наснага»	
	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
Яловичина (котлетне м'ясо)	99,00	72,80	100,00	73,00	96,00	69,00
Сало шпик або жир-сирець	10,60	10,20	18,20	17,50	21,00	20,50
Сіль кухонна	1,07	1,07	1,60	1,60	1,60	1,60
Перець чорний мелений	0,03	0,03	0,10	0,10	0,10	0,10
Емульгатори ацилгліцеринної природи	0,65	0,65	0,80	0,80	0,80	0,80
Вода питна	6,15	6,15	14,50	14,50	14,50	14,50
Маса напівфабрикату	–	90,90	–	107,50	–	106,50
Олія соняшникова рафінована дезодорована	7,00	7,00	–	–	–	–
Маса термообробленого виробу	–	70,00	–	100,00	–	100,00

На підставі проведених досліджень розроблено технологічну схему виробництва м'ясних січених виробів з ЕАГП на основі фаршів із дрібним і тонким подрібненням м'ясної сировини, яку наведено на рис. 4.1.

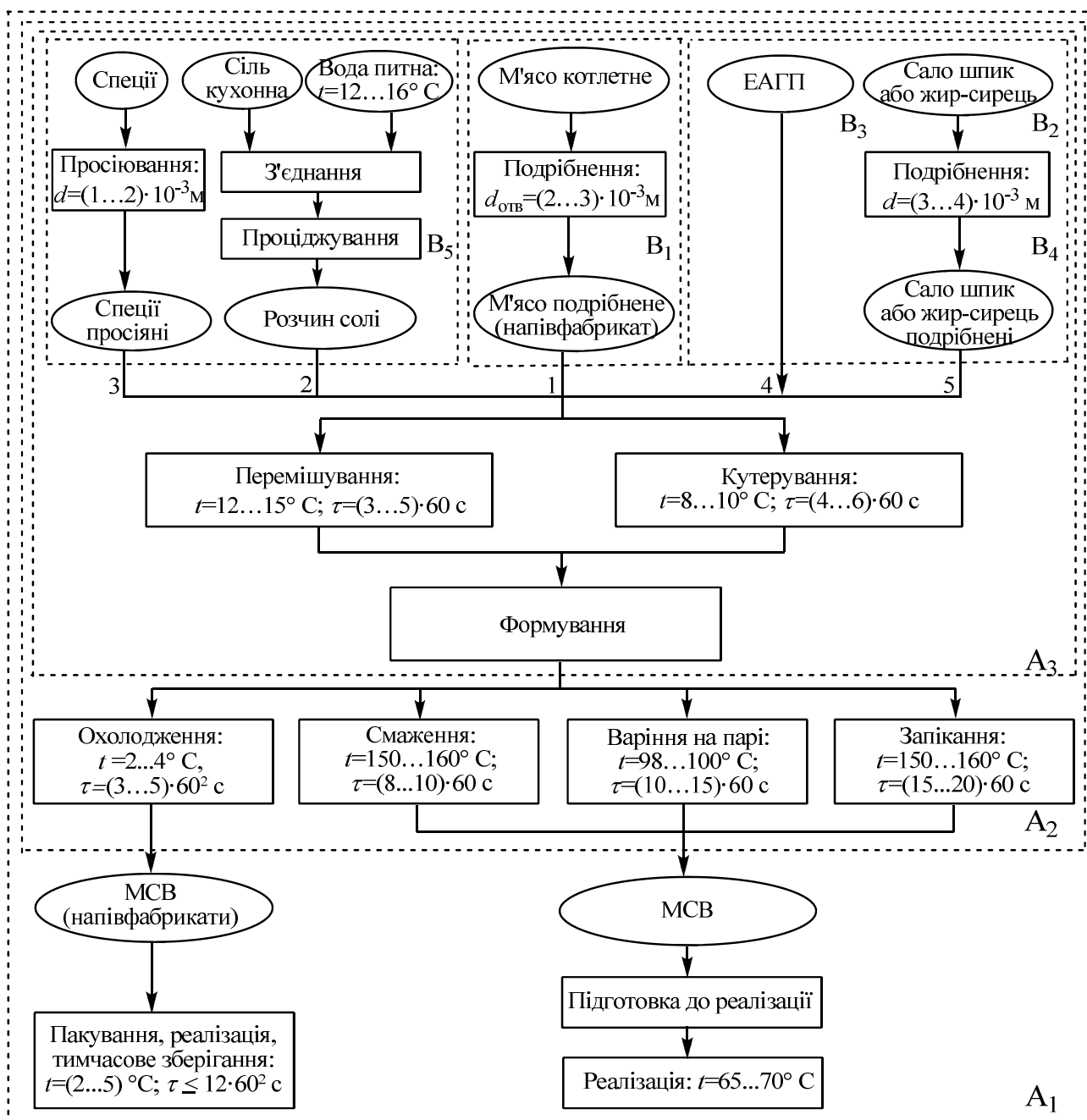


Рисунок 4.1 – Технологічна схема виробництва м'ясних січених виробів з емульгаторами ацилгліцеринної природи

Проведені дослідження покладено в основу нормативної та технологічної документації з виробництва нової продукції (ТУУ 15.1–01566330–265:2011 «Напівфабрикати м'ясні січені», проект ТУУ 15.1–01566330–2012 «М'ясні січені вироби емульсійної структури»).

4.2. Дослідження основних показників якості та безпечності м'ясних січених виробів з ЕАГП

М'ясні січені напівфабрикати і готові вироби з ЕАГП — біфштекс січений «Ранковий», ковбаски «Гришівські», м'ясні хлібці «Наснага», одержані згідно з технологічною схемою (рис. 4.1), — є продукцією, органолептичні властивості якої визначаються дрібним і тонким ступенем подрібнення м'ясної і роздільним уведенням жирової сировини з ЕАГП, співвідношенням білок:жир:волога у фарші, видом термічної обробки. Ці вироби є новими в асортименті кулінарної м'ясної продукції, тому доцільно комплексно дослідити їх основні показники якості (функціонально-технологічні, органолептичні, фізико-хімічні, харчову цінність) та безпечності (якість ліпідів, мікробіологічні, токсикологічні).

Для виготовлення м'ясних січених напівфабрикатів, кулінарної продукції з дрібним (біфштекс січений) і тонким ступенем подрібнення м'ясної сировини (ковбаски, м'ясні хлібці) використано котлетне м'ясо яловичини зі співвідношенням білок:жир:волога 1:(0,5...0,7):(4,0...4,3). Напівфабрикати і кулінарна продукція були виготовлені за відсутності (контроль) та з використанням ЕАГП.

М'ясні січені біфштекси виробляли з фаршу яловичого, виготовленого за допомогою м'ясорубки з діаметром отворів решітки $(2...3) \cdot 10^{-3}$ м, що забезпечувало дрібний ступінь подрібнення із середньостатистичним розміром часток $(2,0...7,0) \cdot 10^{-3}$ м. За контроль взято фарш і біфштекс із котлетного м'яса яловичини і жиру за масового співвідношення, г/г, 80,00:12,00 з додаванням води, перцю чорного, солі масою відповідно 6,76; 0,04; 1,20 г згідно з рецептурою №654 [87]. У дослідних зразках частина шпику замінювалася на ЕАГП (0,7% від маси всіх компонентів).

Фарш для ковбасок і м'ясних хлібців виготовляли за допомогою кутера, що забезпечувало тонкий ступінь подрібнення із середньостатистичним розміром часток $(0,5...0,7) \cdot 10^{-3}$ м. За контроль взято фарш із котлетного м'яса яловичини і жиру за масового співвідношення, г/г, для ковбасок — 73,00:18,30, м'ясних хлібців — 69,00:21,30 згідно з рецептурами №199, 249 [89] із додаванням води, перцю чорного, солі масою відповідно 14,50; 0,10; 1,60 г. У дослідних зразках частина шпику замінювалася на ЕАГП (0,7% від маси всіх компонентів).

Доведення до готовності (температура в центрі виробу $(85 \pm 1)^\circ \text{C}$) січених біфштексів проводили смаженням основним способом за температури поверхні смаження $150...160^\circ \text{C}$; ковбасок — варінням на парі за температури $98...100^\circ \text{C}$; м'ясних хлібців — запіканням в електричному параконвектоматі «Unoxs» за температури $150...160^\circ \text{C}$ у прямокутних металевих формах.

Відбір і підготовку проб для визначення органолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних показників м'ясних виробів проводили за ГОСТ 4288 [168], ГОСТ 26929 [169], ГОСТ 26668 [170], ГОСТ 26669 [171], ГОСТ 26670 [172].

Визначення фізико-хімічних показників і маси нетто проводили за ДСТУ 4437 [174], ГОСТ 4288 [168], ДСТУ ISO 1841-2 [177], ГОСТ 9793 [178].

Визначення показників якості напівфабрикатів і готових виробів проводили порівняно з контрольними зразками: біфштексом січеним [55]; ковбасками і м'ясними хлібцями, виготовленими згідно з рецептурою (табл. 4.3) за масового співвідношення м'ясо:жир для ковбасок — 73,00:18,30, м'ясних хлібців — 69,00:21,30 та за відсутності ЕАГП.

Таблиця 4.4 – Показники функціонально-технологічних властивостей фаршів, втрати під час термообробки МСВ

Показник	Біфштекс січений		Ковбаски		М'ясні хлібці	
	Контроль	«Ранковий»	Контроль	«Гришівські»	Контроль	«Наснага»
Вологоутримувальна здатність, %	63,5±0,3	65,3±0,3	64,8±0,3	67,5±0,3	65,1±0,3	68,0±0,3
Жироутримувальна здатність, %	13,3±0,3	16,2±0,2	15,6±0,2	16,5±0,2	15,3±0,2	16,6±0,2
Стійкість емульсії, %	83,0±0,4	90,9±0,4	87,5±0,3	92,8±0,4	87,7±0,3	93,0±0,3
Модуль пружності · 10 ⁻⁴ , Па	3,3±0,1	5,0±0,1	4,5±0,3	5,5±0,3	4,6±0,3	5,7±0,3
Модуль еластичності · 10 ⁻³ , Па	5,9±0,2	14,9±0,3	17,7±0,4	20,9±0,3	17,3±0,4	17,5±0,3
Пластична в'язкість · 10 ⁻⁷ , Па·с	6,8±0,2	20,1±0,4	13,8±0,3	24,9±0,4	13,2±0,3	23,5±0,4
Втрати під час термообробки, %	29,0±0,7	23,0±0,5	10,5±0,3	7,0±0,2	8,5±0,2	6,0±0,2

Як показує аналіз результатів (табл. 4.4), усі зразки нової продукції порівняно з контролем характеризуються високими показниками ВУЗ, ЖУЗ, стійкості емульсії, структурно-механічних властивостей, зменшеними втратами під час термообробки. Зокрема, поліпшення функціонально-технологічних властивостей фаршів біфштекса січеного «Ранковий», ковбасок «Гришівські», м'ясних хлібців «Наснага» порівняно з контролем пов'язане з помітним впливом емуль-

гатора в фарші на збільшення внутрішньої взаємодії між частками. Характеристики міцності утворених структурованих м'ясних емульсійних систем підтверджуються зростанням ВУЗ на 2,8, 4,2, 4,5%; ЖУЗ — на 21,8, 5,8, 8,5%; стійкості емульсії — на 9,5, 6,1, 6,0%; а також модулів пружності та еластичності, пластичної в'язкості.

Зниження втрат під час термообробки МСВ порівняно з контролем становить 20,7% для біфштексів, 33,4% — ковбасок, 29,4% — м'ясних хлібців і свідчить про значні переваги нової продукції, оскільки такі високі показники досягаються за рахунок підвищення стабільності м'ясної фаршевої емульсії і МСВ завдяки використанню розроблених ЕАГП з науково обґрунтованим складом та кількістю (0,7%).

Визначення органолептичних показників проводили згідно з ДСТУ 3862 [173], ДСТУ 4437 [174], ГОСТ 4288 [168], ГОСТ 9959 [175], ДСТУ 4823.2 [176].

Для оцінювання органолептичних показників розроблено шкалу сенсорної оцінки (табл. 2.4), згідно з якою визначено загальні органолептичні оцінки МСВ з ЕАГП і контролю (ЕАГП відсутній). Результати органолептичної оцінки наведено в табл. 4.5–4.7.

Статистично оброблені результати подано графічно на рис. 4.2 у вигляді окремих дескрипторів (осі 1–5) на профілях зовнішнього вигляду (ЗВ), консистенції (К), вигляду фаршу на розрізі (ВР), запаху (З) і смаку (С). Значення кожної зі складових сенсорної оцінки відмічено на відповідній осі за п'ятибальною шкалою без урахування коефіцієнтів вагомості окремих дескрипторів та показника у цілому.

Аналізуючи дані рис. 4.2, слід зазначити, що МСВ відповідають вимогам інноваційного задуму нової продукції. За зовнішнім виглядом біфштекс січений «Ранковий», ковбаски «Гришівські», м'ясні хлібці «Наснага» мають відповідну форму (1 — оцінка, балів: 5; 4,9; 5), незлиплу і недеформовану (3 — оцінка, балів: 4,8; 4,9; 4,9), цілісну структуру (2 — оцінка, балів: 4,9; 4,9; 4,9), із чистою сухою поверхнею для ковбасок і рівномірно обсмаженою для біфштекса і хлібців (4 — оцінка, балів: 4,9; 5,0; 5,0), із відсутніми на поверхні краплями жиру і вологи (5 — оцінка, балів: 4,9; 4,9; 4,9).

За консистенцією МСВ характеризуються пружністю (1 — оцінка, балів: 5,0; 4,9; 4,9), однорідністю та щільністю (3, 4 — оцінка, балів: 4,9; 4,9; 4,9), відсутністю крихкості (2 — оцінка, балів: 4,9; 5,0; 5,0), соковитістю (5 — оцінка, балів: 5,0; 5,0; 5,0). На розрізі фарші відзначаються однорідністю структури (1 — оцінка, балів: 5,0; 4,9; 4,9), світло-рожевим кольором (2 — оцінка, балів: 4,9; 5,0; 5,0), рівномірністю розподілу практично однакових за розміром шматочків шпику (3 — оцінка, балів: 4,8; 4,9; 4,9), наявністю дрібної пористості (5 — оцінка, балів: 4,9; 4,9; 4,9).

Таблиця 4.5 – Результати органолептичної оцінки біфштексів січених

Показник	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості дескриптора	Характеристика	Оцінка, бал	
				Контр-роль	«Ранковий»
Зовнішній вигляд	1	0,1	Відповідність формі, розмірам: біфштекси – форма округло-приплюснута, товщина 10...17 мм; ковбаски – батончики довжиною до 10 см, діаметром 12...25 мм; м'ясні хлібці – форма прямокутна трапецієподібна або ін.	5,0	5,0
	2	0,2	Цілісність структури, відсутність пор та раковин	4,9	4,9
	3	0,2	Відсутність напливів фаршу, злипань, форма не злипла, не деформована	4,7	4,8
	4	0,2	Стан поверхні: чиста, суха – для ковбасок; рівномірно обсмажена – для біфштексів, м'ясних хлібців	4,9	4,9
	5	0,3	Відсутність крапель жиру і вологи на поверхні – для біфштексів, м'ясних хлібців; бульйонних та жирових набряків – для ковбасок	4,7	4,9
Сумарна оцінка				4,81	4,89
Коефіцієнт вагомості показника				0,2	0,2
Підсумкова оцінка за показником				0,96	0,98
Консистенція	1	0,3	Пружність (ніжність для ковбасок)	4,9	5,0
	2	0,3	Відсутність крихкості	4,7	4,9
	3	0,2	Однорідність, властива даному виду продукції	4,8	4,9
	4	0,1	Щільність	4,9	4,9
	5	0,1	Соковитість	4,8	5,0
Сумарна оцінка				4,81	4,94
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,44	1,48
Вигляд фаршу на розрізі	1	0,4	Однорідність структури – рівномірно перемішаний, без порожнин	4,9	5,0
	2	0,2	Колір – від рожевого до світло-рожевого, без сірих плям	4,8	4,9
	3	0,2	Рівномірність розподілу шматочків шпику білого кольору або з блідо-рожевим відтінком, жиру-сирцю	4,8	4,8
	4	0,1	Наявність окремих шматочків шпику білого кольору, жиру з жовтуватим відтінком без ознак осалювання	4,8	4,8
	5	0,1	Наявність дрібної пористості	4,8	4,9
Сумарна оцінка				4,84	4,91
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,48	0,49
Запах	1	0,3	Властивий даному виду продукції	5,0	5,0
	2	0,2	Чистий, без сторонніх запахів	4,8	4,9
	3	0,2	Збалансований	4,9	4,9
	4	0,2	Приємний, з ароматом спецій	4,9	5,0
	5	0,1	Швидкість вивільнення	4,6	4,8
Сумарна оцінка				4,88	4,94
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,49	0,49
Смак	1	0,3	Властивий даному виду продукції	4,9	4,9
	2	0,2	Чистий, без стороннього присмаку	4,7	4,9
	3	0,2	Збалансований	4,9	5,0
	4	0,2	Приємний, властивий спеціям	5,0	5,0
	5	0,1	У міру солоний	5,0	5,0
Сумарна оцінка				4,89	4,95
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,47	1,49
Загальна				4,84	4,93

Таблиця 4.6 – Результати органолептичної оцінки ковбасок

Показник	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості дескриптора	Характеристика	Оцінка, бали	
				Контроль	«Гришівські»
Зовнішній вигляд	1	0,1	Відповідність формі, розмірам: біфштекси – форма округло-приплюснута, товщина 10...17 мм; ковбаски – батончики довжиною до 10 см, діаметром 12...25 мм; м'ясні хлібці – форма прямокутна трапецієподібна або ін.	4,8	4,9
	2	0,2	Цілісність структури, відсутність пор та раковин	4,7	4,9
	3	0,2	Відсутність напливів фаршу, злипань, форма не злипла, не деформована	4,8	4,9
	4	0,2	Стан поверхні: чиста, суха – для ковбасок; рівномірно обсмажена – для біфштексів, м'ясних хлібців	4,9	5,0
	5	0,3	Відсутність крапель жиру і вологи на поверхні – для біфштексів, м'ясних хлібців; бульйонних та жирових набряків – для ковбасок	4,6	4,9
Сумарна оцінка				4,74	4,92
Коефіцієнт вагомості показника				0,2	0,2
Підсумкова оцінка за показником				0,95	0,98
Консистенція	1	0,3	Пружність (ніжність для ковбасок)	4,8	4,9
	2	0,3	Відсутність крихкості	4,7	5,0
	3	0,2	Однорідність, властива даному виду продукції	4,7	4,9
	4	0,1	Щільність	4,7	4,9
	5	0,1	Соковитість	4,6	5,0
Сумарна оцінка				4,72	4,94
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,42	1,48
Вигляд фаршу на розрізі	1	0,4	Однорідність структури – рівномірно перемішаний, без порожнин	4,6	4,9
	2	0,2	Колір – від рожевого до світло-рожевого, без сірих плям	4,7	4,9
	3	0,2	Рівномірність розподілу шматочків шпиків білого кольору або з блідо-рожевим відтінком, жиру-сирцю	4,8	4,9
	4	0,1	Наявність окремих шматочків шпиків білого кольору, жиру з жовтуватим відтінком без ознак осалювання	4,7	4,8
	5	0,1	Наявність дрібної пористості	4,7	4,9
Сумарна оцінка				4,68	4,89
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,47	0,49
Запах	1	0,3	Властивий даному виду продукції	4,8	5,0
	2	0,2	Чистий, без сторонніх запахів	4,8	4,9
	3	0,2	Збалансований	4,8	5,0
	4	0,2	Приємний, з ароматом спецій	4,9	4,9
	5	0,1	Швидкість вивільнення	4,6	4,9
Сумарна оцінка				4,80	4,95
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,48	0,50
Смак	1	0,3	Властивий даному виду продукції	4,7	4,9
	2	0,2	Чистий, без стороннього присмаку	4,7	4,9
	3	0,2	Збалансований	4,7	5,0
	4	0,2	Приємний, властивий спеціям	4,9	5,0
	5	0,1	У міру солоний	4,7	4,9
Сумарна оцінка				4,74	4,94
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,42	1,48
Загальна				4,73	4,93

Таблиця 4.7 – Результати органолептичної оцінки м'ясних хлібців

Показник	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості дескриптора	Характеристика	Оцінка, бал	
				Конт-роль	«Насна-га»
Зовнішній вигляд	1	0,1	Відповідність формі, розмірам: біфштекси – форма округло-приплюснута, товщина 10...17 мм; ковбаски – батончики довжиною до 10 см, діаметром 12...25 мм; м'ясні хлібці – форма прямокутна трапецієподібна або ін.	4,7	5,0
	2	0,2	Цілісність структури, відсутність пор та раковин	4,6	4,9
	3	0,2	Відсутність напливів фаршу, злипань, форма не злипла, не деформована	4,7	4,9
	4	0,2	Стан поверхні: чиста, суха – для ковбасок; рівномірно обсмажена – для біфштексів, м'ясних хлібців	4,6	5,0
	5	0,3	Відсутність крапель жиру і вологи на поверхні – для біфштексів, м'ясних хлібців; бульйонних та жирових набряків – для ковбасок	4,6	4,9
Сумарна оцінка				4,63	4,93
Коефіцієнт вагомості показника				0,2	0,2
Підсумкова оцінка за показником				0,93	0,99
Консистенція	1	0,3	Пружність (ніжність для ковбасок)	4,6	4,9
	2	0,3	Відсутність крихкості	4,6	5,0
	3	0,2	Однорідність, властива даному виду продукції	4,7	4,9
	4	0,1	Щільність	4,7	4,9
	5	0,1	Соковитість	4,6	5,0
Сумарна оцінка				4,63	4,94
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,39	1,48
Вигляд фаршу на розрізі	1	0,4	Однорідність структури – рівномірно перемішаний, без порожнин	4,6	4,9
	2	0,2	Колір – від рожевого до світло-рожевого без сірих плям	4,7	4,9
	3	0,2	Рівномірність розподілу шматочків шпику білого кольору або з блідо-рожевим відтінком, жиру-сирцю	4,8	4,9
	4	0,1	Наявність окремих шматочків шпику білого кольору, жиру з жовтуватим відтінком без ознак осалювання	4,7	4,8
	5	0,1	Наявність дрібної пористості	4,7	4,9
Сумарна оцінка				4,68	4,89
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,47	0,49
Запах	1	0,3	Властивий даному виду продукції	4,8	5,0
	2	0,2	Чистий, без сторонніх запахів	4,8	5,0
	3	0,2	Збалансований	4,8	5,0
	4	0,2	Приємний, з ароматом спецій	4,9	4,9
	5	0,1	Швидкість вивільнення	4,6	4,9
Сумарна оцінка				4,80	4,97
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,48	0,50
Смак	1	0,3	Властивий даному виду продукції	4,7	4,9
	2	0,2	Чистий, без стороннього присмаку	4,7	5,0
	3	0,2	Збалансований	4,7	5,0
	4	0,2	Приємний, властивий спеціям	4,8	5,0
	5	0,1	У міру солоний	4,6	5,0
Сумарна оцінка				4,71	4,97
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,41	1,49
Загальна				4,68	4,95

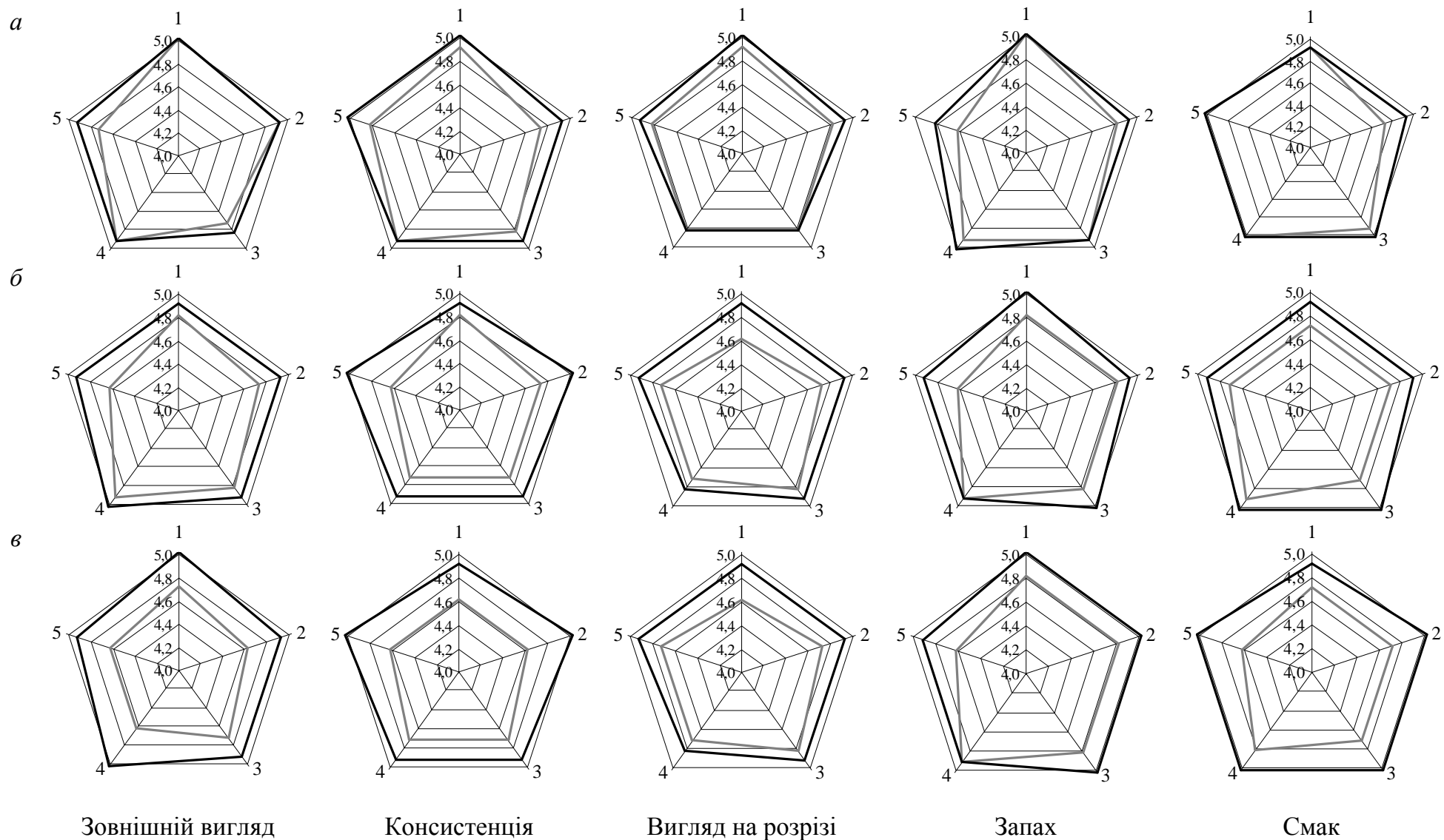


Рисунок 4.2 – Профілі органолептичної оцінки МСВ (—): а – біфштекс січений «Ранковий»; б – ковбаски «Гришівські», в – м'ясні хлібці «Наснага» порівняно з контролем (---)»

Запах і смак МСВ оцінено як властиві продукції (1 — оцінка, балів: 5,0 і 4,9; 5,0 і 4,9; 5,0 і 4,9); чисті (2 — оцінка, балів: 4,9 і 4,9; 4,9 і 4,9; 5,0 і 5,0), збалансовані (3 — оцінка, балів: 4,9 і 5,0; 5,0 і 5,0; 5,0 і 5,0), приємні з ароматом спецій (4 — оцінка, балів: 5,0 і 5,0; 4,9 і 5,0; 4,9 і 5,0); смак — у міру солоний (5 — оцінка, балів: 5,0; 4,9; 5,0).

З урахуванням коефіцієнтів вагомості окремих дескрипторів визначено сумарні оцінки органолептичних показників МСВ, подані графічно на рис. 4.3. Побудовані профілі ілюструють перевищення сумарної оцінки МСВ за всіма показниками порівняно з виробами контролю.

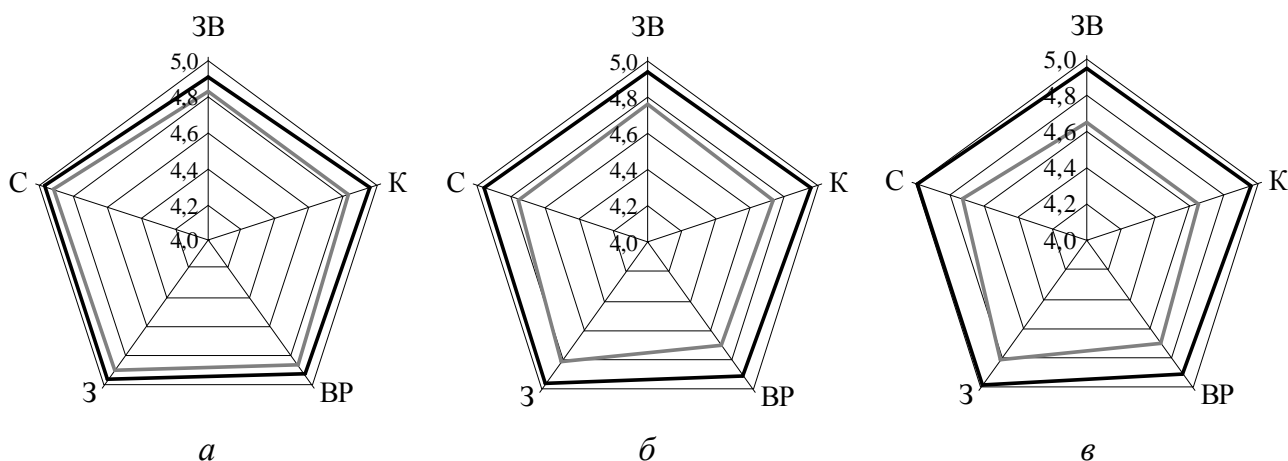


Рисунок 4.3 – Профілі сумарної органолептичної оцінки МСВ (—) за показниками: *а* – біфштекс січений «Ранковий», *б* – ковбаски «Гришівські», *в* – м'ясні хлібці «Наснага» порівняно з контролем (—)

З урахуванням коефіцієнтів вагомості органолептичних показників загальна оцінка нової продукції становить: біфштекс січений «Ранковий» — 4,93 бала (контроль — 4,84 бала); ковбаски «Гришівські» — 4,93 бала (контроль — 4,73 бала); м'ясні хлібці «Наснага» — 4,95 бала (контроль — 4,68 бала), що корелює з оцінками, отриманими під час відпрацювання рецептурного складу (табл. 4.1, 4.2).

У результаті проведеної органолептичної оцінки (рис. 4.2, 4.3) встановлено, що МСВ як із дрібним, так із тонким ступенем подрібнення сировини були соковитими, некрижкими, мали в міру щільну консистенцію з вираженими пружними властивостями, характеризувалися цілісністю структури, відсутністю пор і раковин, напливів фаршу, злипань, чистою сухою поверхнею.

Досліджено загальний хімічний склад та розраховано калорійність (енергетичну цінність) напівфабрикатів і м'ясних січених виробів з ЕАГП (табл. 4.8). Визначення проводили за традиційними методиками: вміст загального білка — за методом К'ельдаля [179], масові частки вологи — ДСТУ ISO 1442 [178], жиру — методом Сокслета [180], золи — ДСТУ ISO 936 [181].

Таблиця 4.8 – Загальний хімічний склад напівфабрикатів і м'ясних січених виробів

Назва продукції	Масова частка, %				Калорійність на 100 г продукту (енергетична цінність), ккал (кДж)
	волога	білок	жир	зола	
Контроль біфштекс січений (напівфабрикат)	64,5±0,3	14,4±0,3	19,2±0,2	1,9±0,2	231 (931)
Контроль біфштекс січений	54,2±0,2	18,4±0,2	25,6±0,3	1,8±0,2	304 (1274)
Біфштекс січений «Ранковий» (напівфабрикат)	64,5±0,3	14,4±0,3	19,2±0,2	1,9±0,2	231 (931)
Біфштекс січений «Ранковий»	56,1±0,2	17,4±0,3	24,7±0,2	1,8±0,2	288 (1205)
Ковбаски «Гришівські» (напівфабрикат)	62,0±0,3	12,2±0,3	23,8±0,2	2,0±0,2	263 (1102)
Ковбаски «Гришівські»	65,8±0,3	11,3±0,2	20,1±0,2	2,8±0,2	229 (960)
М'ясні хлібці «Наснага» (напівфабрикат)	59,9±0,2	11,6±0,2	26,5±0,2	2,0±0,2	285 (1191)
М'ясні хлібці «Наснага»	63,2±0,2	10,8±0,2	23,3±0,3	2,7±0,2	253 (1060)

Аналізуючи дані табл. 4.8, слід відзначити, що за вмісту сухих речовин $35,5 \pm 0,3\%$ у складі напівфабрикату біфштекса січеного та контролю визначено $14,4 \pm 0,3\%$ білкових речовин, що становить $40,6\%$ від сухого залишку і забезпечується використанням тільки м'ясної сировини; $19,2 \pm 0,2\%$ жиру — $54,1\%$ від сухого залишку і $1,9 \pm 0,2\%$ мінеральних речовин.

Вміст сухих речовин у напівфабрикаті ковбасок та хлібців дещо вищий — $38,0$ і $40,1\%$ відповідно, з меншою масовою часткою в сухому залишку білків — $32,1$ і $28,95$ та більшою жиру — $62,8$ і $66,1\%$ відповідно.

У сухому залишку зразків біфштекса січеного з ЕАГП й контролю під час термообробки вміст білка знижується на $2,5$ і $1,0\%$ та становить $39,6$ і $40,2\%$ відповідно; жиру — збільшується на $3,9$ і $3,2\%$ та дорівнює $56,3$ і $55,9$ відповідно.

Після термообробки в готових виробах варених ковбасок «Гришівські» та контролю на $6,3$ і 10% зменшується масова частка сухих речовин із підвищенням у сухому залишку вмісту білків ($32,1$ і $32,7\%$) і жирів ($60,4$ і $58,8\%$) відповідно.

Вивчення хімічного складу м'ясних січених виробів (табл. 4.5), виготовлених за розробленими рецептурами та вдосконаленою технологією, показало,

що збільшення вмісту загальної вологи в продукції порівняно з контролем зумовлено зниженням втрат під час термообробки за рахунок зв'язування вільної вологи гідроксильними групами моно- і діацилгліцеринів ЕАГП.

Для визначення харчової цінності нової продукції досліджено амінокислотний склад білків, жирнокислотний склад ліпідів та мінеральний склад зольного залишку.

Показниками потенційної цінності білка є кількісний вміст, амінокислотний скор, якісний білковий показник (ЯБП) тощо. У зв'язку з тим, що використання ЕАГП у рецептурному складі МСВ істотно не змінює складу м'ясної сировини, амінокислотний склад напівфабрикатів на основі фаршів із дрібним і тонким подрібненням сировини є подібним.

Амінокислотний склад білків МСВ визначали після кислотного гідролізу [187] методом висхідної тонкошарової хроматографії на селікагелевих пластинках [188]. Кількісне визначення триптофану здійснювали після лужного гідролізу за методом Грехема [189]. Амінокислотний склад білків напівфабрикатів січених з ЕАГП наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Амінокислотний склад білків напівфабрикатів січених з ЕАГП

Назва амінокислоти (АК)	Вміст АК		Назва амінокислоти (АК)	Вміст АК	
	мг%	%		мг%	%
Незамінні, у тому числі:	5718±6	38,6	Аргінін	805±3	5,4
Валін	817±3	5,5	Аспарагінова кислота	1415±6	9,6
Ізолейцин	640±3	4,3	Гістидин	533±2	3,6
Лейцин	1231±4	8,3	Гліцин	733±4	4,9
Лізин	1242±4	8,4	Глутамінова кислота	2459±6	16,6
Метіонін	383±2	2,6	Оксипролін	260±1	1,8
Треонін	638±2	4,3	Пролін	638±4	4,3
Триптофан	169±1	1,1	Серин	655±4	4,4
Фенілаланін	597±2	4,0	Тирозин	519±3	3,5
Замінні, у тому числі:	9094±6	61,4	Цистин	220±1	1,5
Аланін	857±4	5,8	Загальна кількість АК	14812±7	100

Під час досліджень ідентифіковано та кількісно визначено 18 амінокислот, 38,6% з яких припадає на незамінні, а решта 61,4% — на замінні амінокислоти. Таке співвідношення незамінних та замінних амінокислот (1:1,59) дозволяє характеризувати розроблений виріб як продукт із високою біологічною цінністю. Визначено (табл. 4.10), що домінуючими серед незамінних амінокислот є такі: лізин, вміст якого становить 8,4%, лейцин — 8,3% і валін — 5,5%. Серед замінних амінокислот за вмістом слід відзначити глутамінову кислоту, частка якої становить 16,6%, аспарагінову кислоту — 9,6%. Співвідношення м'язових і сполучнотканинних білків, ЯБП, у напівфабрикаті з ЕАГП дорівнює 0,65.

Амінокислотний склад напівфабрикатів МСВ з ЕАГП порівняно з амінокислотним складом ідеального білка розраховано шляхом визначення амінокислотного скору, який наведено в табл. 4.10. Амінокислотний скор білків та ступінь збалансованості амінокислот МСВ визначали методом, запропонованим ФАО/ВОЗ [190].

Таблиця 4.10 – Амінокислотний скор білків напівфабрикатів МСВ з ЕАГП

Назва амінокислоти	Рекомендований вміст ФАО/ВОЗ, мг/1 г білка	Фактичний вміст, мг/1 г білка	Амінокислотний скор, %
Валін	50,0	55,2	110,4
Ізолейцин	40,0	43,2	108,1
Лейцин	70,0	83,1	118,7
Лізин	55,0	83,9	152,5
Метіонін і цистин	35,0	40,7	116,2
Треонін	40,0	43,1	107,7
Триптофан	10,0	11,4	114,4
Фенілаланін і тирозин	60,0	75,3	125,6

Аналізуючи якісний та кількісний склад незамінних амінокислот, слід відзначити, що вміст амінокислот у складі напівфабрикатів МСВ суттєво перевищує рівень ФАО/ВОЗ за такими амінокислотами, як лізин, фенілаланін, тирозин, лейцин, метіонін і цистин. Кількість треоніну, ізолейцину, валіну і триптофану в напівфабрикатах МСВ наближається до рівня їх вмісту в ідеальному білку. У межах загального позитивного балансу амінокислот найменший скор характерний для треоніну та ізолейцину і становить 107,7 та 108,1% відповідно.

Для біологічно повноцінних білків обов'язковим є не лише вміст усіх незамінних амінокислот, але і їх збалансованість. Для характеристики збалансо-

ваності було розраховано триптофановий і треоніновий індекси, які дають можливість оцінити рівень треоніну та триптофану у складі м'ясного січеного напівфабрикату з ЕАГП (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 – Збалансованість незамінних амінокислот у складі напівфабрикатів МСВ з ЕАГП

Назва амінокислоти	Збалансованість за триптофановим індексом		Збалансованість за треоніновим індексом	
	Стандартна шкала ФАО/ВОЗ	Напівфабрикат МСВ з ЕАГП	Стандартна шкала ФАО/ВОЗ	Напівфабрикат МСВ з ЕАГП
Валін	4,0	4,8	1,50	1,28
Ізолейцин	3,0...4,0	3,8	1,40	1,00
Лейцин	4,0...6,0	7,3	1,70	1,93
Лізин	3,0...5,0	7,3	1,10*	2,78*
Метіонін	2,0...4,0	2,3	0,70	0,60
Треонін	2,0...3,0	3,8	1,00	1,00
Триптофан	1,0	1,0	0,25	0,26
Фенілаланін	2,0...4,0	3,5	1,10	0,93

*Дається сумарна збалансованість за лізином і гістидином

Аналіз співвідношення амінокислот за триптофановим індексом показав, що м'ясний січений напівфабрикат з ЕАГП перевантажено лізином, лейцином і треоніном, проте він має збалансований склад за валіном, ізолейцином, метіоніном і фенілаланіном. Розрахунок треонінового індексу показав, що м'ясний січений напівфабрикат з ЕАГП має перевищений вміст лізину і добре збалансований за лейцином, метіоніном, триптофаном, фенілаланіном.

Узагальнюючи результати досліджень, слід зазначити, що напівфабрикат січений з ЕАГП є джерелом білка, який збалансовано за амінокислотним складом, що дозволяє характеризувати його як білковий продукт.

Ураховуючи, що напівфабрикати МСВ виготовлено з використанням емульгаторів ацилгліцеринної природи, важливо проаналізувати їх жирнокислотний склад, визначений за допомогою методу газової хроматографії метилових естерів жирних кислот у гексані на хроматографі ЛХМ-8МД і наведений у табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів МСВ

Назва, індекс жирної кислоти	Вміст, мг/г продукту					
	Біфштекс січений		Ковбаски		М'ясні хлібці	
	Контроль	«Ранковий»	Контроль	«Гришівські»	Контроль	«Наснага»
Жирні кислоти (сума)	181,21	181,61	214,57	214,97	238,45	238,85
Насичені, у тому числі:	80,61	78,78	94,17	92,34	104,14	102,31
Каприлова C _{8:0}	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Капринова C _{10:0}	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Ундеканова C _{11:0}	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08
Лауринова C _{12:0}	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08
Тридеканова C _{13:0}	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Міристинова C _{14:0}	4,26	4,16	4,55	4,45	4,86	4,76
Пентадеканова C _{15:0}	0,62	0,61	0,60	0,60	0,62	0,61
Пальмітинова C _{16:0}	40,84	40,10	46,17	45,43	50,44	49,70
Маргарінова C _{17:0}	1,99	1,95	2,18	2,13	2,35	2,30
Стеаринова C _{18:0}	30,61	29,72	37,53	36,64	42,21	41,32
Нонадеканова C _{19:0}	0,54	0,51	0,77	0,73	0,90	0,87
Арахінова C _{20:0}	1,42	1,36	2,01	1,95	2,36	2,30
Бегенова C _{22:0}	0	0,05	0	0,05	0	0,05
Мононенасичені, у тому числі:	90,00	88,51	107,06	105,56	119,16	117,67
Міристолеїнова C _{14:1}	1,14	1,14	0,97	0,97	0,93	0,93
Пальмітолеїнова C _{16:1}	6,69	6,69	7,07	6,93	7,52	7,38
Гептадеценева C _{17:1}	0,66	0,66	0,94	0,90	1,10	1,06
Олеїнова C _{18:1}	81,50	80,90	98,08	96,76	109,62	108,30
Поліненасичені, у тому числі:	10,59	14,33	13,34	17,07	15,14	18,87
Лінолева (ω -6) C _{18:2}	8,81	12,60	11,27	15,06	12,86	16,65
Ліноленова (ω -3) C _{18:3}	1,16	1,13	1,27	1,24	1,37	1,34
Арахідонова (ω -6) C _{20:4}	0,63	0,60	0,80	0,77	0,91	0,88

Як свідчать дані табл. 4.12, жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів МСВ з ЕАГП представлено як насиченими, так і ненасиченими жирними кислотами. Насичених жирних кислот міститься 78,78...102,31 мг/г продукту,

що становить 42,8...43,4% від загального вмісту жирних кислот. Серед насичених жирних кислот домінують пальмітинова і стеаринова кислоти, масова частка яких становить 48,6...50,9 і 37,7...40,4% від загального вмісту насичених жирних кислот.

Загальний вміст ненасичених жирних кислот становить у ліпідах напівфабрикатів біфштекса січеного «Ранковий» 102,83 мг/г продукту, ковбасок «Гришівські» — 122,63 мг/г продукту, м'ясних хлібців «Наснага» — 136,54 мг/г продукту, що відповідає 56,6; 57,0; 57,2% від загального вмісту жирних кислот відповідно. Ненасичені жирні кислоти представлено мононенасиченими кислотами, а саме міристолеїною, пальмітолеїною, гептадеценою і олеїною, вміст останньої становить 78,0...79,3% від загальної кількості ненасичених жирних кислот, і поліненасиченими, зокрема лінолевою — 12,2...12,3%, ліноленою — 1,0...1,1% та арахідоною — 0,6...0,7%.

Під час оцінки жирнокислотної збалансованості ліпідів було застосовано критерій [226], який характеризує набір, масові частки насичених (НЖК), мононенасичених (МНЖК) і поліненасичених (ПНЖК) жирних кислот (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 – Збалансованість жирнокислотного складу ліпідів напівфабрикатів МСВ

Показник	Масова частка від загальної кількості жирних кислот (суми), %					
	Біфштекс січений		Ковбаски		М'ясні хлібці	
	Контроль	«Ранковий»	Контроль	«Гришівські»	Контроль	«Наснага»
Сума НЖК	44,49	43,38	43,89	42,95	43,68	42,83
Сума МНЖК	49,67	48,74	49,89	49,11	49,97	49,26
Сума ПНЖК	5,85	7,89	6,22	7,95	6,35	7,90
Співвідношення ПНЖК:МНЖК:НЖК	1:8,5:7,6	1:6,2:5,5	1:8,0:7,1	1:6,2:5,4	1:7,9:6,9	1:6,2:5,4
Сума поліненасичених ω -6 кислот	5,21	7,27	5,63	7,37	5,78	7,34
Сума поліненасичених ω -3 кислот	0,64	0,62	0,59	0,58	0,57	0,56
Співвідношення ω -6: ω -3	8:1	12:1	10:1	13:1	10:1	13:1

Завдяки новому розробленому емульгатору ацилгліцеринної природи, що містить підвищену кількість лінолевої кислоти, загальний вміст ПНЖК у м'ясних січених напівфабрикатах зріс на 34,9...35,9% порівняно з контрольним

зразком біфштекса січеного, виготовленого за традиційною технологією. Співвідношення ПНЖК:МНЖК:НЖК у ліпідах напівфабрикатів м'ясних січених виробів наближається до рекомендованих ФАО/ВОЗ показників жирнокислотної збалансованості ліпідів, що становить 1:6:3 [226]. Отже, напівфабрикати м'ясних січених виробів з ЕАГП — продукція з високою харчовою цінністю.

Якість ліпідів м'ясних січених виробів (рис. 4.4) оцінено за даними накопичення в них вільних жирних кислот і пероксидів під час зберігання впродовж 48 год за температури $4\pm 2^\circ\text{C}$ м'ясних січених виробів.

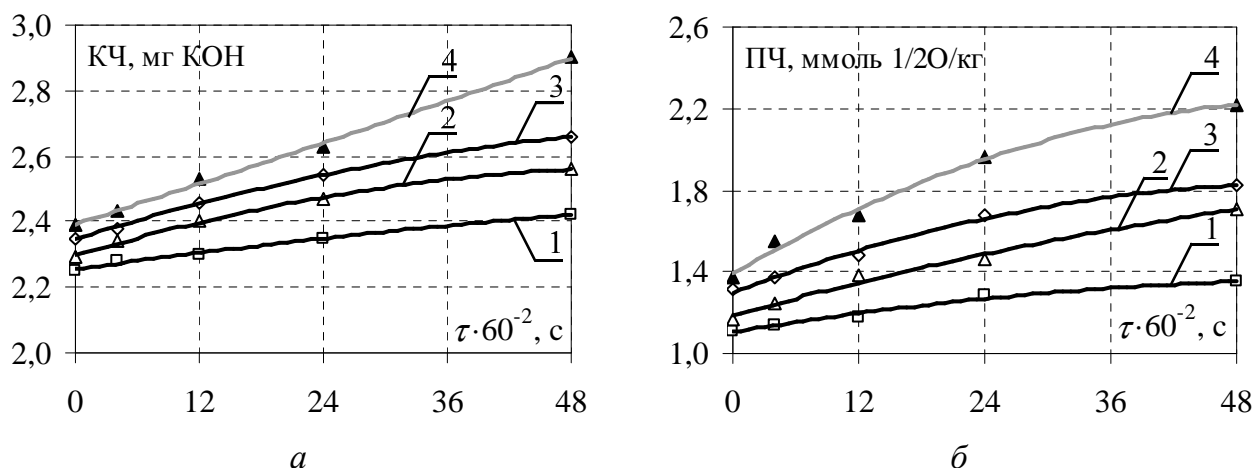


Рисунок 4.4 – Зміна кислотного (а) та пероксидного чисел (б) напівфабрикатів МСВ упродовж зберігання за температури $4\pm 2^\circ\text{C}$: 1 – біфштекс січений «Ранковий»; 2 – м'ясні хлібці «Наснага»; 3 – ковбаски «Гришівські»; 4 – біфштекс січений (контроль)

Зменшення швидкості накопичення жирних кислот (рис. 4.4 а) під час зберігання впродовж 48 год за температури $4\pm 2^\circ\text{C}$ м'ясних січених виробів з ЕАГП порівняно з контролем відбувається внаслідок зменшення швидкості гідролізу жирів. Дані накопичення пероксидів (рис. 4.4 б) підтверджують спроможність ЕАГП стабілізувати окисну деструкцію ліпідів МСВ під час зберігання за цих умов.

Мінеральний склад напівфабрикатів м'ясних січених виробів визначали на полуменевому спектрофотометрі ПАЖ-3 із відповідними світлофільтрами [191]. Мінеральний склад напівфабрикатів МСВ з ЕАГП наведено в табл. 4.14.

Результати досліджень свідчать, що зольний залишок м'ясних січених напівфабрикатів з ЕАГП представлено як макро-, так і мікроелементами.

Слід відзначити, що розроблені напівфабрикати є джерелом таких макроелементів (табл. 4.14): Натрію (514,1 мг%), Калію (245,0 мг%) та Фосфору (155,2 мг%) і мікроелементів: Цинкуму (2,359 мг%), Феруму (1,490 мг%), Купруму (0,132 мг%). Крім цього, ідентифіковано також Кальцій, Магній, Кобальт, Манган та інші мінеральні елементи.

Таблиця 4.14 – Мінеральний склад напівфабрикатів МСВ з ЕАГП

Хімічний елемент мінерального складу	Вміст, мг%	Хімічний елемент мінерального складу	Вміст, мг%
Натрій	514,1	Кобальт	0,005
Калій	245,0	Манган	0,025
Кальцій	12,0	Купрум	0,132
Магній	17,0	Ферум	1,490
Фосфор	155,2	Цинкум	2,359

Досліджено мікробіологічні показники напівфабрикатів МСВ з ЕАГП (свіжовиготовлені зразки, а також з терміном зберігання 24 год від моменту закінчення технологічного процесу за температур від 0 до 6° С і відносної вологості повітря від 75 до 78%) відповідно вимогам, установленим ДСТУ 4437:2005 для м'ясних січених напівфабрикатів [174] (табл. 4.15).

Таблиця 4.15 – Мікробіологічні показники напівфабрикатів МСВ з ЕАГП

Показник	Допустимий рівень	Фактичне значення	
		Контроль	МСВ
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, в 1 г не більш ніж: свіжовиготовлених зразків, зразків із терміном зберігання 24 год	1·10 ⁷	3,7·10 ⁴ 5,1·10 ⁴	3,5·10 ⁴ 4,5·10 ⁴
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , у 25 г: свіжовиготовлених зразків, зразків із терміном зберігання 24 год; бактерії роду <i>Listeria monocytogenes</i> у 25 г: свіжовиготовлених зразків, зразків із терміном зберігання 24 год	Не дозволено Не дозволено	Не виявлено Не виявлено Не виявлено Не виявлено	Не виявлено Не виявлено Не виявлено Не виявлено
Бактерії групи кишкових паличок (колі форми), у 0,001 г: свіжовиготовлених зразків, зразків із терміном зберігання 24 год	Не дозволено	Не виявлено Не виявлено	Не виявлено Не виявлено
Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше ніж: свіжовиготовлених зразків, зразків із терміном зберігання 24 год	50	Не виявлено Не виявлено	Не виявлено Не виявлено

Мікробіологічні показники МСВ визначали за ГОСТ 10444.2, ГОСТ 10444.15 з виявлення наявності в них патогенних мікроорганізмів [192; 193; 194].

У ході проведених досліджень (табл. 4.15) виявлено, що бактерії групи кишкової палички та патогенні мікроорганізми відсутні відповідно в 0,001 та 25 г зразків свіжовиготовлених напівфабрикатів з ЕАГП і тих, що зберігалися протягом 24 год, а кількість МАФАМ в 1 г свіжовиготовленого зразка становила $3,5 \cdot 10^4$, що не перевищує встановлених норм.

Упродовж 24 год зберігання кількість МАФАМ в 1 г дослідних зразків дещо збільшується: менше в напівфабрикаті з ЕАГП — до $4,5 \cdot 10^4$, більше в контролі — до $5,1 \cdot 10^4$. Це можна пояснити наявністю у складі ЕАГП значної кількості (40%) ДАГ ненасичених жирних кислот, які мають бактерицидні властивості [227] і дозволяють подовжити терміни придатності охолоджених м'ясних січених напівфабрикатів за температур від 0 до 6° С і відносної вологості повітря від 75 до 78% від 12 [174] до 24 год з моменту закінчення технологічного процесу.

Отже, за мікробіологічними показниками напівфабрикати м'ясних січених виробів з ЕАГП відповідають чинним вимогам МБТ і СН №5061.

Результати токсикологічних випробувань січених напівфабрикатів з ЕАГП наведено в табл. 4.16.

Визначення токсичних елементів та солей важких металів у складі напівфабрикатів січених здійснювали за ГОСТ 26927, ГОСТ 26930, ГОСТ 26931, ГОСТ 26932, ГОСТ 26933, ГОСТ 26934, ГОСТ 30178, МУК 2.6.1.1194-03 [195–202].

На підставі отриманих даних (табл. 4.16) визначено, що вміст токсичних елементів, мікотоксинів, нітрозамінів у напівфабрикаті з ЕАГП не перевищує допустимих рівнів, установлених МБТ і СН №5061.

Таблиця 4.16 – Вміст токсичних елементів, мікотоксинів, антибіотиків і гормональних препаратів у напівфабрикатах МСВ з ЕАГП

Показник	Допустимий рівень	Фактичне значення
1	2	3
Токсичні елементи, мг/кг, не більше:		
Плюмбум (свинець)	0,50	0,02
Кадмій	0,05	0,02
Арсен (миш'як)	0,10	0,03
Меркурій (ртуть)	0,03	0,01
Купрум (мідь)	5,00	0,30
Цинкум (цинк)	70,00	3,90

1	2	3
Мікотоксини, мг/кг, не більше, зокрема афлатоксин В1	0,005	Не виявлено
Нітрозаміни (сума НДМА і НДЕА), мг/кг, не більше	0,002	Не виявлено
Гормональні препарати, мг/кг, не більше: діетилстильбестрол естрадіол-17в	Не дозволено 0,0005	Не виявлено Не виявлено
Антибіотики, од/г, не більше: тетрациклінової групи грисин цинкбацитрацин левоміцетин	0,01 0,5 0,02 0,01	Не виявлено Не виявлено Не виявлено Не виявлено

У межах дослідження показників безпечності нової продукції важливою складовою є аналітична та експериментальна експертиза МСВ з ЕАГП щодо визначення виду і вмісту харчових добавок на відповідність законодавчим і нормативним документам з регламентування харчових добавок у складі харчової продукції [114; 116; 117].

У ході аналітичних досліджень встановлено, що харчова добавка ЕАГП на основі соняшникової олії — моно- і діацилгліцерини жирних кислот — є безпечною добавкою Е471 статусу GRAS (Generally Regarded As Safe — абсолютно безпечно), яка використовується у складі харчових продуктів у разі технологічної необхідності без обмежень і кількісно не регламентуються [116]. Отже, МСВ за вмістом ЕАГП повністю відповідають вимогам чинного законодавства України.

Таким чином, дослідження загального хімічного складу, показників якості і безпечності м'ясних січених напівфабрикатів, м'ясної продукції, виготовлених із використанням ЕАГП, підтверджують відповідність цієї продукції вимогам державної системи контролю харчових продуктів.

Проведені дослідження з визначення показників якості та безпечності м'ясних січених напівфабрикатів з ЕАГП покладено в основу технічних умов ТУ У 15.1-01566330-265:2011 «Напівфабрикати м'ясні січені» та проекту технічних умов на нову продукцію «М'ясні січені вироби емульсійної структури».

Дослідження впливу термічної обробки на якісні показники МСВ з ЕАГП (підрозділ 4.1) є експериментальним підґрунтям для розробки рекомендацій з використання січених термооброблених напівфабрикатів у складі кулінарної продукції. На підставі узагальнення результатів досліджень встановлено, що напівфабрикати і МСВ можуть використовуватися у виробництві холодних страв та закусок, гарячих закусок, супів, страв із м'яса тощо.

Підбиваючи підсумки досліджень, необхідно зазначити, що використання у складі кулінарної продукції напівфабрикатів і МСВ, що мають стабільні показники якості, дозволяє розширити її асортимент, запропонувати продукцію з новими споживними властивостями, підвищити ефективність функціонування закладів ресторанного господарства за рахунок використання продукції у вигляді напівфабрикатів.

4.3. Практична реалізація технології м'ясних січених виробів з емульгаторами ацилгліцеринної природи

Соціально-економічний ефект від упровадження [214; 215] технології м'ясних січених виробів з емульгатором ацилгліцеринної природи був оцінений з урахуванням таких тез.

В умовах сьогодення формування інвестиційної та поточної господарської діяльності заготівельних підприємств системи ресторанного господарства і закладів ресторанного господарства засновано на пошуку інновацій, що можуть бути доведені до стадії виробничого застосування. Із цих позицій технологія м'ясних січених виробів з використанням емульгаторів ацилгліцеринної природи є достатньо привабливою. У цій технології повною мірою реалізовано основні складові інноваційної стратегії розробки — маркетингову, технологічну, еколого-гігієнічну, організаційну, технічну. Визначені та обґрунтовані під час дослідження технологічні принципи одержання м'ясних фаршів з ЕАГП за різного ступеня подрібнення та складу сировини дозволяють розробити значно ширший асортимент продукції, який за маркетинговими прогнозами буде затребуваний споживачами.

Завдяки використанню ЕАГП запропонована технологія передбачає утворення стабільної м'ясної емульсії й виготовлення м'ясних січених виробів зі стабільними під час зберігання показниками якості, у тому числі за умов використання м'ясної сировини з низькими функціонально-технологічними властивостями. Такий підхід до переробки м'ясної сировини дозволяє її економити, знизити собівартість продукції та зробити її доступною з економічної точки зору для широких верств населення України, підвищити ефективність виробництва продукції.

Перевагою є те, що в технологічному циклі виробництва м'ясних січених виробів використовується новий харчовий емульгатор ацилгліцеринної природи, одержаний із місцевої рослинної сировини, що певною мірою знижує ризики, які виникають за умов використання імпортованих добавок, зокрема підвищення витрат на транспортування та зберігання, недотримання терміну поставок тощо. Створення та впровадження зазначених технологій є актуальними завданнями в умовах сучасної ринкової економіки держави і пріоритетним напрямом її розвитку.

Технологія м'ясних січених виробів з ЕАГП передбачає використання лише натуральної сировини тваринного та рослинного походження, а саме: м'ясної і жирової сировини, емульгатора на основі соняшникової олії, що містить біологічно активні компоненти — поліненасичені жирні кислоти у *цис*-формі; компоненти, що виявляють бактерицидні властивості — діацилгліцери-ни поліненасичених жирних кислот; природні інгібітори моноацилгліцерини та ін. За цих умов забезпечується створення продукції з високою харчовою та біологічною цінністю, яка посилює лікувально-профілактичний ефект, що сприяє забезпеченню здоров'я споживачів та підвищенню їх працездатності.

Безпосередня кількісна оцінка економічної ефективності цієї технології була здійснена шляхом розрахунків собівартості нової продукції (розробка) порівняно з традиційною (продукт-аналог).

Для визначення собівартості продукції було розраховано вартість сировини і матеріалів, необхідних для виробництва 100 кг готових м'ясних січених виробів (біфштексів січених, ковбасок, м'ясних хлібців) на основі фаршу з різним ступенем подрібнення сировини. Собівартість сировини для виробництва МСВ за вдосконаленою технологією нижча, ніж для традиційних виробів: для біфштексів січених — на 751,85 грн, ковбасок — 211,17 грн, м'ясних хлібців — 138,33 грн. На рис. 4.5 наведено діаграму, що ілюструє розрахований ціновий показник м'ясних січених виробів.

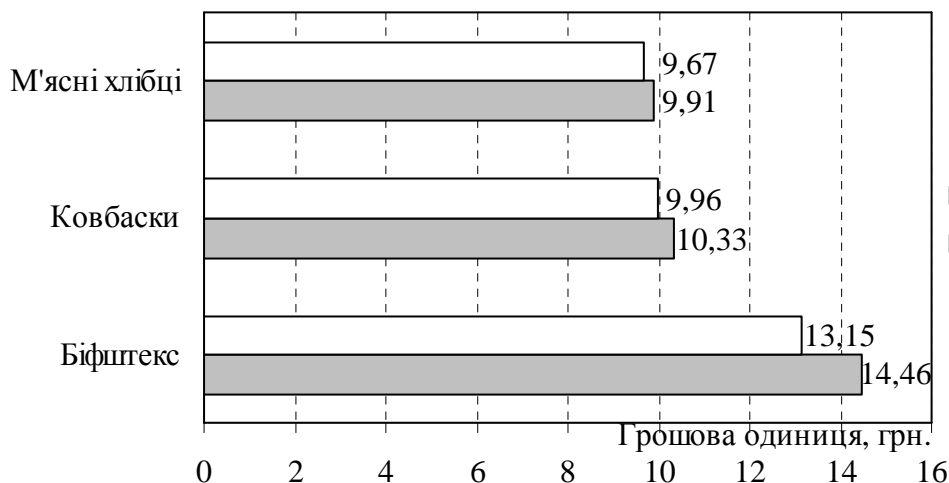


Рисунок 4.5 – Розрахований ціновий показник нової продукції МСВ з ЕАГП порівняно з продуктом-аналогом: □ – нова продукція ■ – продукт-аналог

Нова продукція МСВ з ЕАГП, виготовлена за вдосконаленою технологією, має нижчу ціну (13,15; 9,96; 9,67 грн) порівняно з аналогічною продукцією зазначеної товарної групи (14,46; 10,33; 9,91 грн), виготовленою за традиційною технологією.

Зниження вартості м'ясних січених виробів з ЕАГП дозволить зацікавити додаткових споживачів і за умови еластичного попиту на цю продукцію збільшити обсяги її реалізації. За оцінками експертів [213; 215] попит на зазначену продукцію є еластичним і змінюється в 2,1 разу (коефіцієнт еластичності) у разі зміни вартості на 1%. Відповідно до зміни попиту змінюється обсяг реалізації. Зниження вартості м'ясних січених виробів з ЕАГП становить для біфштексів січених 9,1%, ковбасок — 3,4%, м'ясних хлібців — 2,4%, тоді за заданого коефіцієнта еластичності 2,1 збільшення обсягу реалізації дорівнюватиме 19,11; 7,14; 5,04% відповідно. За рахунок збільшення обсягу реалізації величина економічного ефекту від удосконалення технології становитиме 173,90 грн/100 кг для біфштексів січених, 24,28 грн/100 кг — для ковбасок, 12,10 грн/100 кг — для м'ясних хлібців.

Узагальнені дані щодо джерел формування економічного ефекту від удосконалення технології МСВ із розрахунку на 100 кг продукції наведено в табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Економічний ефект від удосконалення технології м'ясних січених виробів з ЕАГП

Найменування джерела формування економічного ефекту	Величина економічного ефекту, грн/100 кг		
	Біфштекс січений «Ранковий»	Ковбаски «Гришівські»	М'ясні хлібці «Наснага»
Зниження вартості сировини	751,85	211,17	138,33
Зниження відпускної ціни	1305,17	366,58	240,13
Збільшення обсягу реалізації	173,90	24,28	12,10

Таким чином, визначені показники економічної ефективності виробництва м'ясних січених виробів з ЕАГП доводять економічні переваги вдосконаленої технології.

Для визначення комплексного показника якості споживних властивостей м'ясних січених виробів з ЕАГП, виготовлених за вдосконаленою технологією, розроблено його ієрархічну структуру, що включала показники призначення (група А), функціонально-технологічних властивостей (група В), органолептичні показники (група С). Визначені абсолютні значення одиничних показників за групами наведено в табл. 4.18.

Таблиця 4.18 – Абсолютні показники якості МСВ з ЕАГП

Показник	Шифр	Біфштекс січений		Ковбаски		М'ясні хлібці	
		«Ранковий»	Контроль	«Гришівські»	Контроль	«Наснага»	Контроль
Показники призначення, на 100 г продукту — група А							
Вміст білків, г	РА ₁	17,4	18,4	11,3	11,2	10,8	11,3
Вміст вологи, г	РА ₂	56,1	54,2	65,8	65,8	63,2	61,9
Енергетична цінність, ккал	РА ₃	288	304	229	226	253	260
Вміст ПНЖК, г	РА ₄	1,43	1,06	1,71	1,33	1,89	1,51
Показники функціонально-технологічних властивостей — група В							
Стійкість емульсії, %	РВ ₁	90,9	83,0	92,8	87,5	93,0	87,7
ВУЗ, %	РВ ₂	65,3	63,5	67,5	64,8	68,0	65,1
ЖУЗ, %	РВ ₃	16,2	13,3	16,5	15,6	16,6	15,3
Модуль пружності, ·10 ⁻⁴ Па	РВ ₄	5,0	3,3	5,5	4,5	5,7	4,6
Модуль еластичності, ·10 ⁻³ Па	РВ ₅	14,9	5,9	20,9	17,7	17,5	17,3
Пластична в'язкість, ·10 ⁻⁷ Па·с	РВ ₆	20,1	6,8	24,9	13,8	23,5	13,2
Вихід продукції, %	РВ ₇	77,0	71,0	93,0	89,5	94,0	91,5
Органолептичні показники, бали — група С							
Зовнішній вигляд	РС ₁	4,89	4,81	4,92	4,74	4,93	4,63
Консистенція	РС ₂	4,94	4,81	4,94	4,72	4,94	4,63
Вигляд на розрізі	РС ₃	4,91	4,84	4,89	4,68	4,89	4,68
Запах	РС ₄	4,94	4,88	4,95	4,80	4,97	4,80
Смак	РС ₅	4,95	4,89	4,94	4,74	4,97	4,71

Переведення абсолютних показників якості зазначених груп споживних властивостей МСВ на відносні здійснювали за методикою [213; 214] з визначенням інтервалів зміни показників, еталонних P_{ij}^{et} і бракувальних P_{ij}^{br} значень:

$РА_1^{et} = 20$ г/100 г продукту, $РА_1^{br} = 10$ г/100 г продукту;

$РА_2^{et} = 70$ г/100 г продукту, $РА_2^{br} = 50$ г/100 г продукту;

$РА_3^{et} = 220$ ккал/100 г продукту, $РА_3^{br} = 310$ ккал/100 г продукту;

$PA_4^{er} = 3,0$ г/100 г продукту, $PA_4^{op} = 0,5$ г/100 г продукту;
 $PB_1^{er} = 100\%$, $PB_1^{op} = 75\%$; $PB_2^{er} = 100\%$, $PB_2^{op} = 60\%$; $PB_3^{er} = 20\%$, $PB_3^{op} = 10\%$;
 $PB_4^{er} = 6 \cdot 10^4$ Па, $PB_4^{op} = 2 \cdot 10^4$ Па; $PB_5^{er} = 25 \cdot 10^3$ Па, $PB_5^{op} = 1 \cdot 10^3$ Па;
 $PB_6^{er} = 25 \cdot 10^7$ Па·с, $PB_6^{op} = 1 \cdot 10^7$ Па·с; $PB_7^{er} = 100\%$, $PB_7^{op} = 70\%$;
 $PC_i^{er} = 5$, $PC_i^{op} = 2$.

Відносні значення K_{ij} показників якості споживних властивостей МСВ подано в табл. 4.19. Коефіцієнти вагомості показників (КВ) були визначені експертною групою з наступною статистичною обробкою результатів відповідно до методик [213; 214; 228].

Таблиця 4.19 – Відносні показники якості МСВ з ЕАГП

Шифр	Біфштекс січений		Ковбаски		М'ясні хлібці		КВ
	«Ранковий»	Контроль	«Гришівські»	Контроль	«Наснага»	Контроль	
КА	0,75	0,66	0,77	0,76	0,74	0,72	0,3
КА ₁	0,91	0,93	0,47	0,47	0,46	0,47	0,3
КА ₂	0,66	0,57	0,90	0,90	0,86	0,85	0,2
КА ₃	0,62	0,44	0,94	0,94	0,86	0,84	0,3
КА ₄	0,78	0,69	0,83	0,77	0,87	0,79	0,2
КВ	0,80	0,61	0,89	0,82	0,89	0,83	0,4
КВ ₁	0,88	0,69	0,91	0,83	0,91	0,84	0,2
КВ ₂	0,69	0,61	0,80	0,68	0,81	0,69	0,15
КВ ₃	0,85	0,69	0,87	0,82	0,87	0,82	0,15
КВ ₄	0,91	0,71	0,94	0,87	0,94	0,89	0,1
КВ ₅	0,84	0,61	0,93	0,89	0,885	0,88	0,1
КВ ₆	0,92	0,64	0,95	0,83	0,94	0,81	0,1
КВ ₇	0,61	0,39	0,91	0,87	0,91	0,89	0,2
КС	0,94	0,91	0,94	0,87	0,94	0,83	0,3
КС ₁	0,93	0,89	0,94	0,88	0,94	0,81	0,2
КС ₂	0,94	0,89	0,94	0,86	0,94	0,81	0,3
КС ₃	0,93	0,91	0,93	0,84	0,93	0,84	0,1
КС ₄	0,94	0,93	0,94	0,90	0,94	0,90	0,1
КС ₅	0,94	0,93	0,94	0,88	0,94	0,85	0,3
Кс	0,82	0,71	0,87	0,82	0,86	0,80	–

Розраховані комплексні показники якості споживних властивостей K_c для м'ясних січених виробів становлять: біфштексів, виготовлених за традиційною технологією — 0,714; за вдосконаленою з використанням ЕАГП — 0,824; ковбасок і м'ясних хлібців, виготовлених за відсутності ЕАГП — 0,818 і 0,799 та з використанням ЕАГП — 0,870 і 0,861 відповідно. Більш високі показники розроблених виробів зумовлені поліпшеними функціонально-технологічними властивостями, органолептичними характеристиками, підвищеною харчовою і збереженою біологічною, більш низькою енергетичною цінністю.

На підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень щодо реалізації інноваційної стратегії розробки нової продукції було проведено комплекс організаційно-технічних заходів у закладах ресторанного господарства з упровадження вдосконаленої технології м'ясних січених виробів.

Нова продукція отримала позитивну оцінку науковців та фахівців галузі: зразки продукції, що демонструвалися на міжнародних, обласних, регіональних та міжвузівських конференціях, виставках, семінарах, рекомендовано до впровадження на переробних підприємствах харчової промисловості, заготівельних підприємствах системи ресторанного господарства, у закладах ресторанного господарства.

Результати досліджень упроваджено в навчальний процес студентів Навчально-наукового інституту харчових технологій та бізнесу ХДУХТ.

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕМУЛЬГАТОРІВ

5.1. Моделювання технології і складу напівфабрикатів м'ясних січених заморожених із використанням емульгаторів

Перед виробниками м'ясних напівфабрикатів часто постають проблеми, пов'язані з використанням у виробництві сировини з нестабільними якісними показниками, забезпеченням стабільних показників якості продукції під час зберігання, подовженням термінів її придатності та ін.

Одним із найбільш безпечних та ефективних способів консервування є заморожування. Проте його високий технологічний потенціал не повинен створювати ілюзію одержання та реалізації повністю безпечної замороженої продукції. Незважаючи на те, що заморожування суттєво уповільнює псування харчових продуктів, багато фізичних і біохімічних процесів у заморожених продуктах продовжують перебігати, але з меншою інтенсивністю.

Під час заморожування і холодильного зберігання відбувається таке небажане явище, як кристалоутворення. Воно супроводжується руйнуванням цілісності м'язових волокон, окисненням, розкладом жирів і білків, знебарвленням і усушкою м'яса. Наслідків і впливу процесів кристалоутворення слід максимально позбавлятися.

У цьому контексті сучасні технології заморожування м'ясної сировини вимагають забезпечення технологічної стабільності продукції за умов реалізації ланцюга «заморожування – холодильне зберігання – розморожування», що дозволить інтенсифікувати технологічний процес, розширити асортимент і сформувати нові споживні властивості продукції.

Останнім часом вітчизняними і зарубіжними вченими напрацьовано значний досвід із вивчення ролі основних харчових речовин та інгредієнтів у технологічних процесах виробництва харчової продукції, закономірностей зміни їх властивостей під впливом технологічних чинників. Водночас технологія заморожених продуктів відзначається певною специфікою, вимагає ретельного вибору чинників та обґрунтування відповідних параметрів, здатних у широкому діапазоні температур забезпечити і стабілізувати їх структуру і властивості.

Використання емульгаторів дозволить максимально залучити до технологічного ланцюга сировину зі зниженими технологічними властивостями, зменшити витрати м'ясної сировини під час виробництва та холодильного зберігання,

знизити інтенсивність перебігу фізико-хімічних та біохімічних процесів, отримати широкий асортимент продукції з високими органолептичними властивостями, збільшити терміни та знизити температуру зберігання харчової продукції.

Реалізація концепції розробки напівфабрикатів м'ясних січених заморожених (НМСЗ) з емульгатором передбачає дослідження моделі «структура системи» (рис. 5.1), яка певною мірою дозволяє спрогнозувати, алгоритмізувати і розробити технологію виробництва нової продукції та її рецептурний склад.

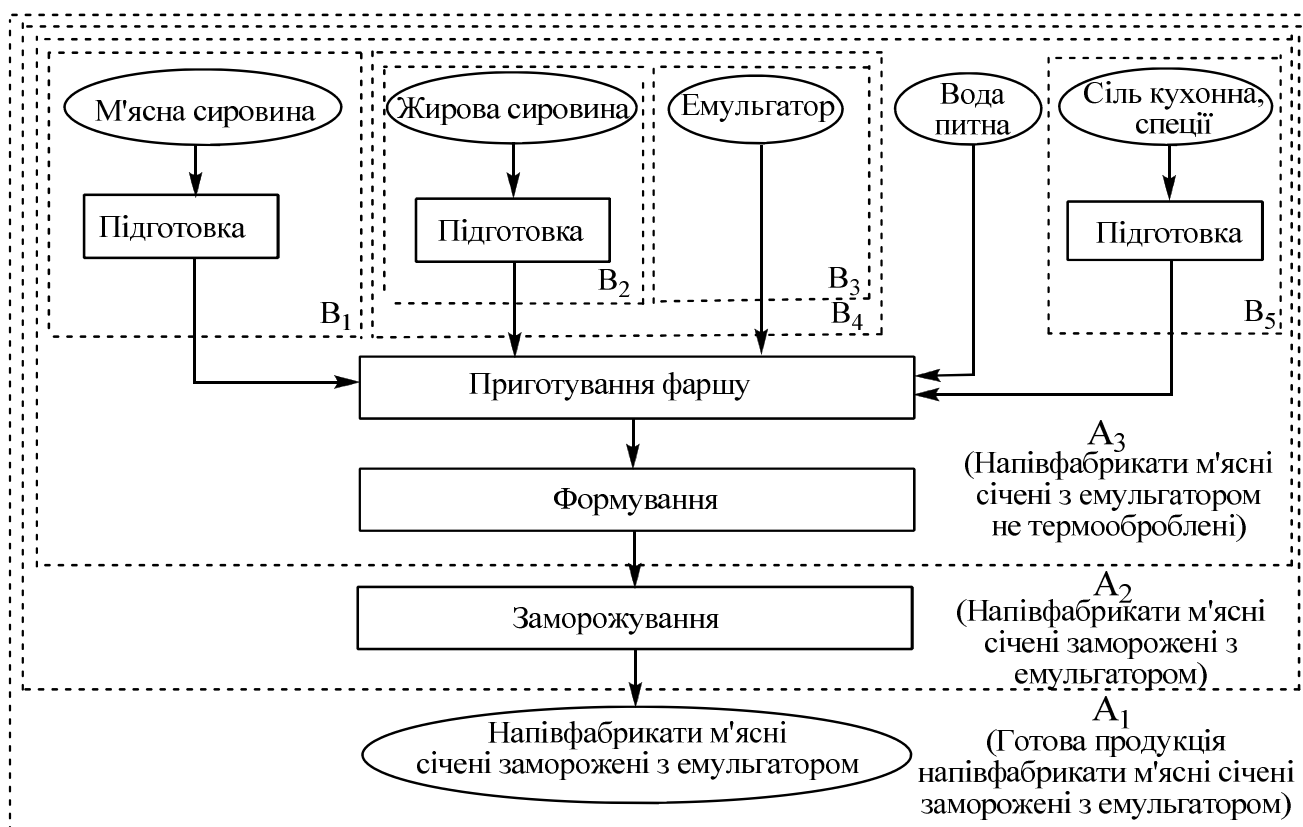


Рисунок 5.1 – Модель «структура системи» НМСЗ з емульгатором

Модель «структура системи» представлено як цілісну технологічну систему А, яку згідно з асортиментом НМСЗ з емульгатором, що прогнозується, деталізовано до підсистем А₁, А₂, А₃, В₁, В₂, В₃, В₄, В₅. Вирішення науково-технологічних завдань у межах підсистем В₁–В₅ і встановлення закономірностей функціонування підсистем А₁, А₂, А₃ дозволить одержати НМСЗ із використанням емульгаторів (А₂) у запакованому вигляді (А₁), які можуть бути реалізовані в закладах ресторанного господарства, через роздрібну торговельну мережу.

Способи реалізації підсистеми В₄ (підготовка жирової сировини) у моделі «структура системи» напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором можна реалізувати двома способами (рис. 3.2): роздільним уведенням емульгатора і жирової сировини (І варіант) або одержанням водно-жирової

емульсії з емульгатором (II варіант) шляхом перемішування жирової сировини, води, емульгатора з подальшим емульгуванням.

Подальшими дослідженнями передбачається визначити закономірності формування функціонально-технологічних властивостей сировини і напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгаторами залежно від виду і кількості емульгатора, термічного стану м'ясної сировини, обґрунтувати переваги й недоліки кожного способу, ефективність їх реалізації в технологічній схемі виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгаторами.

Приготування стабільної м'ясної емульсії — фаршу — зумовлює необхідність забезпечення оптимального динамічного стану рецептурної суміші (підсистема А₃). У межах дослідження оперування терміном «динамічний стан» передбачає вивчення таких властивостей і показників рецептурної суміші, які забезпечать утворення стабільної м'ясної емульсії, а саме: емульгувальних властивостей м'ясної сировини, емульгувальної, волого-, жирутримувальної здатності фаршу, виходу й органолептичних показників готової продукції.

До основних чинників, що визначатимуть технологічні критерії регулювання функціонально-технологічних властивостей фаршевих м'ясних емульсій, слід віднести природу та вміст емульгаторів, термічний стан м'ясної сировини.

У межах поставлених завдань незмінність хімічного складу дослідних зразків фаршів досягається і забезпечується як використанням у рамках кожного експерименту однакового виду м'ясної і жирової сировини, так і введенням замість жиру досить малої кількості емульгатора, який з жиром має однакову природу і загалом не впливає на хімічний склад продукції. Це дещо звужує коло досліджень і концентрує на головному — вивченні ролі емульгаторів у процесах утворення організованих структур, адсорбції води і жиру в м'ясній емульсії, що в межах її «динамічного стану» суттєво впливає на функціонально-технологічні властивості фаршу, вихід та органолептичні показники готових виробів.

5.2. Визначення закономірностей формування функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів з емульгаторами під впливом низьких температур

Особливості зміни стану м'ясних систем під час заморожування визначаються перш за все фазовим переходом води на лід із підвищенням концентрації речовин у рідкій фазі. Характер кристалоутворення, динаміка виморожування води, структурні зміни у м'ясній системі залежать від багатьох чинників — температури і швидкості заморожування, ступеня гідратації білкових молекул, стану мембранних структур та ін.

Міграція молекул води в ході заморожування позаклітинного простору зумовлює зневоднення та порушення взаємодії між білками і розчиненими речовинами. У білкових молекул значних змін зазнають гідрофобні групи, що змінює конформацію білка (асоціати білок–вода заміщуються асоціатами білок–білок). Мінімізація вільної енергії досягається внаслідок взаємодії білок–білок за рахунок гідрофобних та іонних взаємодій, що призводить до денатурації та агрегації білків.

У подрібненій м'ясній системі, де значну кількість міофібрилярних і саркоплазматичних білків уже вивільнено з м'язового волокна, міжмолекулярні взаємодії відбуватимуться ще інтенсивніше.

Стабільність м'ясного фаршу як системи в технологічному потоці визначається стабільністю стану окремих елементів системи в цілому. М'ясний фарш (як основа для виготовлення НМСЗ) є складною за складом, станом та структурою харчовою полідисперсною системою коагуляційного типу, у межах якої дисперсні частки зв'язані одна з одною нестійкими коагуляційними зв'язками в єдину просторову сітку. Дисперсійне середовище м'ясного фаршу являє собою водний розчин екстрагованих із м'ясної сировини мінеральних солей (Na, K, Ca та ін.), органічних сполук (білки, пептиди, амінокислоти, екстрактивні речовини) та інших речовин. Дисперсною фазою є тонкоподрібнені часточки м'язової, жирової та сполучної тканин. За класифікаційними ознаками м'ясний фарш належить до емульсійних систем із дрібноподрібненої м'ясної сировини й характеризується низьким ступенем диспергування жиру, частково збереженою морфологічною структурою тканин м'яса.

У технологічному потоці виробництва НМСЗ важливо:

- забезпечити формування дрібних кристалів льоду;
- зменшити рухливість водної фази, розірвати її безперервність шляхом утворення гідрофобних прошарків;
- зменшити тиск кристалів льоду на морфологічні елементи (переважно м'язову тканину) м'ясної системи;
- уповільнити утворення нерозчинних комплексів білків, що призводить до зниження гідрофільних та функціонально-технологічних властивостей м'ясних систем;
- підвищити гідратаційні властивості м'ясної системи під час розморожування та забезпечити максимальне відновлення її первинних властивостей.

На основі аналізу перетворень, що мають місце у м'ясних системах під час заморожування, стає зрозумілим, що використання інгредієнтів, які здатні впливати на процес кристалоутворення водної фази, дифузійні та осмотичні процеси, забезпечить формування нових технологічних властивостей, реалізація яких у технологічному потоці дозволить одержати принципово нові напівфабрикати м'ясні січені заморожені та готову кулінарну продукцію на їх основі.

У технології НМСЗ доцільним є використання емульгаторів, які під впливом заморожування-розморожування здатні підвищити стійкість фаршевої системи, зв'язати водну фазу з сольватними оболонками жирових глобул, що дозволить одержати продукцію з необхідними структурно-механічними властивостями, збільшити частку фізично зв'язаної вологи, зменшити її рухливість, реалізувати кріопротекторні властивості ліпідів. Надалі необхідно перейти до вирішення завдання визначення впливу низьких температур на стабільність м'ясних емульсій, виготовлених із використанням емульгаторів.

Важливими характеристиками, що зумовлюють стабільність і якість готових м'ясних продуктів, є функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини, зокрема емульгувальні властивості. Їх визначали за стандартною методикою [182]. Було досліджено м'ясні емульсії м'ясо–вода–олія, м'ясні фарші (фаршеві м'ясні емульсії), у тому числі виготовлені з використанням емульгаторів E471 (ГЛБ = 3,8), E322 (ГЛБ = 4,0), ЕАГП (ГЛБ = 6,1).

Моделльні м'ясні емульсії м'ясо–вода–олія виготовлялися шляхом гомогенізації подрібненого котлетного м'яса яловичини за ДСТУ 6030:2008 [143] зі співвідношенням білок:жир:волога у м'ясі 1:(0,5...0,7):(4,0...4,3), води, олії:

– за відсутності та вмісту емульгаторів із різною масовою часткою (від 0,05 до 0,40% від маси всіх компонентів);

– із різним вмістом подрібненого м'яса (7; 14; 21; 28; 35 г, що відповідало 3,5; 6,8; 10,0; 12,8; 15,5%);

– за різного термічного стану подрібненого м'яса: охолодженого (0...4° С і того, що було заморожене до температури $-20 \pm 2^\circ \text{C}$ упродовж $(3...4) \cdot 60^2 \text{ c}$ та розморожене (0...4° С упродовж $(4...5) \cdot 60^2 \text{ c}$);

– піддані заморожуванню до температури у товщі $-20 \pm 2^\circ \text{C}$ упродовж $(3...4) \cdot 60^2 \text{ c}$ та розморожуванню (0...4° С упродовж $(4...5) \cdot 60^2 \text{ c}$).

Дрібне подрібнення м'яса здійснювали м'ясорубкою з діаметром отворів решітки $2...3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, що забезпечувало середньостатистичний розмір часток $(2,0...7,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Для м'ясної емульсії м'ясо–вода–олія та емульсії з емульгаторами визначалися емульгувальна здатність за формулою (2.13), кінетична (КС) й агрегативна (АС) стійкість, стабільність (формули (3.1)–(3.3)).

Комплекс емульгувальних властивостей включав такі показники: об'ємна частка відокремленої водної та жирової фаз, об'ємна частка незруйнованої емульсії (емульсія), емульгувальна здатність. Результати дослідження наведено в табл. 5.1–5.3.

Дані табл. 5.1 свідчать, що збільшення в модельній емульсії м'яса призводить до зростання об'ємної частки фази емульсії. Вона набуває максимального значення 60,0% для зразків із вмістом охолодженого м'яса 14 г (6,8%), замороженого-розмороженого — 35 г (15,5%), замороженої-розмороженої емульсії — 35 г (29,5%).

**Таблиця 5.1 – Емульгувальні властивості м'ясних білків
у модельних м'ясних емульсіях м'ясо–вода–олія**

Маса м'яса, г	Об'ємна частка фази, відокремленої після центрифугування φ , %			
	Жирова фаза	Емульсія	Водна фаза	Осад
Охолоджене м'ясо				
7	6,7±0,2	48,4±0,3	43,4±0,3	1,5±0,1
14	5,2±0,2	60,0±0,4	29,1±0,1	5,7±0,2
21	4,2±0,1	59,0±0,2	28,7±0,2	8,1±0,2
28	2,1±0,1	60,0±0,4	21,7±0,2	16,2±0,1
35	2,1±0,1	59,6±0,3	17,9±0,3	18,2±0,2
Заморожене-розморожене м'ясо				
7	6,6±0,3	43,9±0,2	48,3±0,3	1,2±0,1
14	4,3±0,2	54,0±0,2	37,5±0,3	4,2±0,1
21	2,2±0,1	55,1±0,3	34,2±0,3	8,5±0,2
28	2,1±0,1	57,9±0,3	26,1±0,1	13,7±0,3
35	2,1±0,1	59,0±0,4	21,4±0,2	17,5±0,3
Заморожена-розморожена м'ясна емульсія				
7	12,2±0,3	38,2±0,3	46,4±0,3	3,2±0,1
14	11,5±0,2	42,6±0,2	41,3±0,3	4,6±0,1
21	9,4±0,1	44,1±0,3	38,1±0,2	8,4±0,1
28	8,5±0,1	52,5±0,3	25,4±0,2	13,6±0,2
35	7,2±0,1	54,2±0,4	21,6±0,2	17,0±0,2

Об'ємна частка жирової фази зменшується і набуває мінімального значення 2,1% для зразків із масою м'яса 28 г (12,8%). Заморожування-розморожування призводить до того, що об'ємна частка фази емульсії після центрифугування поступово збільшується з відповідним зменшенням вмісту жирової фази.

Подальше дослідження з визначення впливу емульгаторів E471 і E322 проводилося в модельній емульсії з вмістом подрібненого м'яса згідно з методикою [182] — 7 г (3,5%). Дію емульгаторів також було досліджено в емульсії з більшим вмістом подрібненого м'яса — 21 г (10,0%). Саме така кількість м'яса (табл. 5.1) забезпечувала максимальне підвищення емульгувальних властивостей м'ясних білків.

Таблиця 5.2 – Емульгувальні властивості в модельних м'ясних емульсіях м'ясо–вода–олія, виготовлених з E471

Масова частка емульгатора W_{E471} , %	Об'ємна частка фази емульсії, відокремленої після центрифугування φ , %, з масою, г (масовою часткою, %) м'яса в емульсії							
	7 (3,5)				21 (10,0)			
	Жирова фаза	Емульсія	Водна фаза	Осад	Жирова фаза	Емульсія	Водна фаза	Осад
Охолоджене м'ясо								
0	6,7±0,2	48,4±0,3	43,4±0,3	1,5±0,1	4,2±0,2	59,0±0,2	28,7±0,2	8,1±0,2
0,05	5,5±0,2	56,4±0,3	38,4±0,2	1,0±0,1	2,2±0,1	66,0±0,2	23,3±0,2	8,5±0,3
0,14	5,0±0,2	57,0±0,2	36,9±0,2	1,1±0,1	2,2±0,1	66,3±0,1	23,0±0,2	8,5±0,2
0,23	4,8±0,1	57,2±0,3	35,9±0,1	2,1±0,1	2,2±0,1	66,6±0,2	22,6±0,2	8,6±0,1
0,32	4,7±0,1	60,7±0,3	32,4±0,2	2,2±0,1	2,2±0,1	66,7±0,2	22,4±0,1	8,7±0,2
0,40	4,5±0,1	63,2±0,4	30,2±0,1	2,1±0,1	2,1±0,1	66,9±0,1	22,2±0,1	8,8±0,1
Заморожене-розморожене м'ясо								
0	6,6±0,3	43,9±0,2	48,3±0,3	1,2±0,1	2,2±0,1	55,1±0,3	34,2±0,3	8,5±0,2
0,05	6,3±0,2	48,8±0,2	42,8±0,2	2,1±0,1	2,1±0,1	61,8±0,2	27,7±0,3	8,4±0,3
0,14	5,9±0,1	49,5±0,3	42,4±0,2	2,1±0,1	2,0±0,1	64,4±0,2	25,0±0,2	8,6±0,4
0,23	5,8±0,2	49,8±0,3	42,3±0,3	2,1±0,1	2,1±0,1	64,6±0,2	24,5±0,1	8,8±0,4
0,32	5,7±0,1	51,5±0,2	40,7±0,3	2,1±0,1	2,1±0,1	66,2±0,2	23,2±0,2	8,5±0,2
0,40	5,3±0,1	55,5±0,3	37,1±0,2	2,0±0,1	2,0±0,1	67,3±0,4	22,7±0,2	8,0±0,2
Заморожена-розморожена м'ясна емульсія								
0	12,2±0,3	38,2±0,3	46,4±0,3	3,2±0,1	9,4±0,2	44,1±0,3	38,1±0,2	8,4±0,1
0,05	7,6±0,3	51,3±0,3	39,0±0,3	2,1±0,1	6,4±0,2	50,7±0,2	34,7±0,3	8,2±0,2
0,14	6,5±0,2	56,7±0,3	34,7±0,2	2,1±0,1	5,2±0,1	52,9±0,3	33,3±0,2	8,6±0,3
0,23	5,6±0,2	60,3±0,4	32,1±0,2	2,0±0,1	4,6±0,1	55,8±0,2	31,2±0,2	8,4±0,2
0,32	5,2±0,1	61,2±0,4	31,5±0,1	2,1±0,1	4,2±0,1	65,4±0,3	22,4±0,2	8,0±0,1
0,40	4,9±0,1	62,8±0,4	30,2±0,2	2,1±0,1	4,0±0,1	67,5±0,4	20,3±0,2	8,2±0,2

Отримані дані (табл. 5.2) демонструють, що зі збільшенням частки емульгатора E471 від 0,05 до 0,40% в емульсії на основі охолодженого, замороженого-розмороженого м'яса масою 7 г (3,5%), замороженій-розмороженій емульсії об'ємна частка фази емульсії зростає і за вмісту емульгатора 0,40% набуває максимального значення 63,2; 55,5 і 62,8% відповідно. Для емульсій на основі м'яса масою 21 г (10%) показники змінюються менш істотно і знаходяться на рівні 66,0...66,9; 61,8...67,3 і 50,7...67,5% відповідно.

Об'ємна частка водної та жирової фаз зменшується після додавання і збільшення вмісту емульгатора. Для зразків емульсії з масою м'яса 21 г (10%) зі збільшенням частки емульгатора об'ємна частка жирової фази залишається практично незмінною на рівні 2,1%. У зразках на основі замороженого-розмороженого м'яса частка відокремленої жирової фази становить $2,0 \pm 0,1\%$.

Уведення лецитину до складу м'ясної емульсії (табл. 5.3) також поліпшує її показники порівняно з контролем. Так, особливо помітним є зменшення частки відділеної жирової фази і збільшення частки незруйнованої емульсії для зразків на основі замороженого-розмороженого м'яса масою 7 г (3,5%).

Таблиця 5.3 – Емульгувальні властивості в модельних м'ясних емульсіях м'ясо–вода–олія, виготовлених з E322

Масова частка емульгатора $W_{E322}, \%$	Об'ємна частка фази емульсії, відокремленої після центрифугування $\varphi, \%$, з масою, г (масовою часткою, %) м'яса в емульсії							
	7 (3,5)				21 (10,0)			
	Жирова фаза	Емульсія	Водна фаза	Осад	Жирова фаза	Емульсія	Водна фаза	Осад
Охолоджене м'ясо								
0	$6,7 \pm 0,2$	$48,4 \pm 0,3$	$43,4 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,1$	$4,2 \pm 0,2$	$59,0 \pm 0,2$	$28,7 \pm 0,2$	$8,1 \pm 0,2$
0,05	$4,7 \pm 0,2$	$54,9 \pm 0,4$	$39,3 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$	$62,6 \pm 0,3$	$27,3 \pm 0,2$	$8,0 \pm 0,2$
0,14	$2,1 \pm 0,1$	$56,6 \pm 0,3$	$37,4 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,1$	$62,8 \pm 0,2$	$26,8 \pm 0,2$	$8,4 \pm 0,2$
0,23	$2,1 \pm 0,1$	$57,4 \pm 0,2$	$36,8 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$	$64,7 \pm 0,4$	$24,5 \pm 0,3$	$8,7 \pm 0,3$
0,32	$2,1 \pm 0,1$	$60,5 \pm 0,2$	$33,0 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,1$	$66,0 \pm 0,3$	$23,1 \pm 0,3$	$8,7 \pm 0,3$
0,40	$2,0 \pm 0,1$	$62,3 \pm 0,4$	$31,2 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,1$	$67,3 \pm 0,1$	$22,5 \pm 0,3$	$8,2 \pm 0,4$
Заморожене-розморожене м'ясо								
0	$6,6 \pm 0,3$	$43,9 \pm 0,2$	$48,3 \pm 0,3$	$1,2 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$	$55,1 \pm 0,3$	$34,2 \pm 0,3$	$8,5 \pm 0,2$
0,05	$5,1 \pm 0,1$	$46,6 \pm 0,3$	$46,2 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$	$60,2 \pm 0,2$	$29,4 \pm 0,1$	$8,3 \pm 0,2$
0,14	$4,0 \pm 0,3$	$48,7 \pm 0,2$	$45,2 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,1$	$61,5 \pm 0,1$	$28,1 \pm 0,2$	$8,4 \pm 0,3$
0,23	$3,5 \pm 0,1$	$52,0 \pm 0,2$	$42,3 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$	$62,9 \pm 0,2$	$26,4 \pm 0,2$	$8,6 \pm 0,2$
0,32	$2,2 \pm 0,1$	$57,9 \pm 0,2$	$35,5 \pm 0,2$	$4,4 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,1$	$63,4 \pm 0,2$	$26,4 \pm 0,3$	$8,1 \pm 0,1$
0,40	$2,2 \pm 0,1$	$60,6 \pm 0,3$	$33,2 \pm 0,1$	$4,0 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,1$	$63,7 \pm 0,1$	$26,1 \pm 0,1$	$8,2 \pm 0,2$
Заморожена-розморожена м'ясна емульсія								
0	$12,2 \pm 0,3$	$38,2 \pm 0,3$	$46,4 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,1$	$9,4 \pm 0,2$	$44,1 \pm 0,3$	$38,1 \pm 0,2$	$8,4 \pm 0,1$
0,05	$6,0 \pm 0,2$	$51,2 \pm 0,3$	$40,6 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,2$	$51,6 \pm 0,2$	$34,0 \pm 0,2$	$8,2 \pm 0,1$
0,14	$5,4 \pm 0,1$	$57,4 \pm 0,3$	$35,2 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,1$	$54,8 \pm 0,3$	$32,0 \pm 0,3$	$8,4 \pm 0,2$
0,23	$4,6 \pm 0,1$	$62,0 \pm 0,4$	$31,2 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,1$	$4,6 \pm 0,1$	$56,2 \pm 0,3$	$30,8 \pm 0,2$	$8,4 \pm 0,2$
0,32	$4,2 \pm 0,1$	$62,8 \pm 0,4$	$30,8 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,1$	$4,0 \pm 0,1$	$63,3 \pm 0,3$	$24,7 \pm 0,2$	$8,0 \pm 0,1$
0,40	$2,6 \pm 0,1$	$64,4 \pm 0,4$	$30,6 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$	$67,0 \pm 0,4$	$22,9 \pm 0,2$	$8,0 \pm 0,1$

Зі збільшенням масової частки лецитину E322 в емульсії з 3,5% (7 г) охолодженого м'яса (табл. 5.3) об'ємна частка фази емульсії зростає і набуває максимального значення 62,3% (на 22,3% більше, ніж контроль), з 10,0% (21 г) м'яса — 67,3% (на 12,3% більше, ніж контроль). Додавання емульгатора до емульсії з 3,5% охолодженого м'яса підвищує об'ємну частку емульсії на 22,3% зменшує відділення об'ємної частки водної фази порівняно з контролем на 28,1%, жирової — на 70,1%. В емульсії з 10,0% м'яса частка водної фази зменшується на 21,6%, проте до меншого значення (22,5%), жирової — на 52,4%.

Для зразків 3,5% (7 г) замороженого м'яса після введення E322 об'ємна частка незруйнованої емульсії збільшується на 27,6% (від показника контролю 43,9 до 60,6%). Об'ємна частка водної та жирової фази зменшується на 31,3 і 66,7% відповідно. Для зразків емульсії з 10,0% (21 г) м'яса після додавання емульгатора об'ємна частка фази незруйнованої емульсії зростає на 13,5%, жирової фази зменшується на 9,1%, водної — на 23,7%.

Показники для замороженої-розмороженої м'ясної емульсії змінюються аналогічно. Зокрема, введення 0,05% E 322 до зразків з 3,5 і 10,0% м'яса підвищує частку незруйнованої після центрифугування емульсії на 25,4 і 14,5%, знижує частку відокремленого жиру на 50,8 і 34,0%, води — на 12,5 і 10,8% відповідно.

Більш наочно результати впливу процесів заморожування-розморожування показано на побудованих залежностях агрегативної і кінетичної стійкості модельних емульсій (рис. 5.2–5.6).

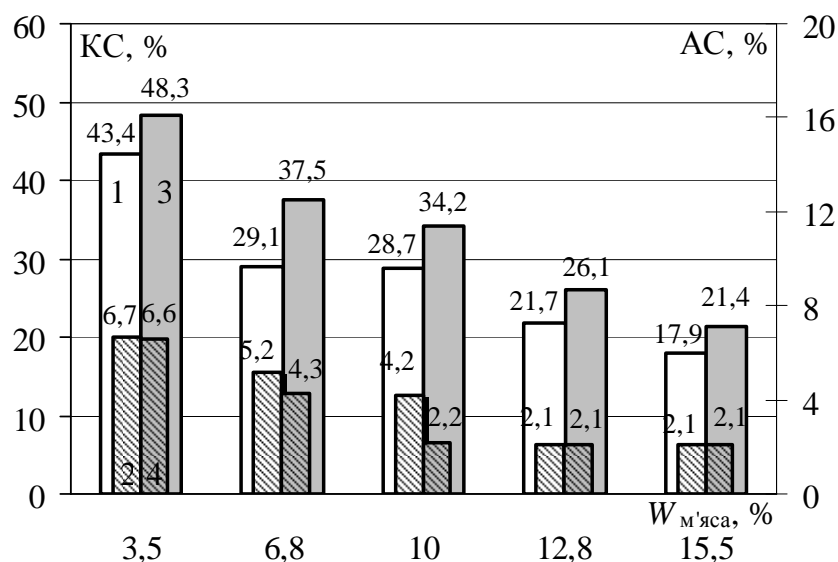


Рисунок 5.2 – Залежність агрегативної (2, 4) та кінетичної (1, 3) стійкості в модельних м'ясних емульсіях м'ясо–вода–олія від вмісту і термічного стану м'яса: 1, 2 – охолоджене; 3, 4 – заморожене-розморожене

На рис. 5.2 видно, що кінетична стійкість м'ясної емульсії на основі охолодженого м'яса вища, порівняно з замороженим-розмороженим. Збільшення масової частки м'яса в емульсії зумовлює підвищення кінетичної стійкості й за найбільшої частки м'яса 15,5% відповідає мінімальній об'ємній частці відокремленої водної фази: 17,9% для охолодженого і 21,4% замороженого-розмороженого. Агрегативна ж стійкість вища в емульсії на основі замороженого-розмороженого м'яса, ніж на основі охолодженого, і для емульсії з 3,5...10,0% м'яса знаходиться на рівні 6,6...2,2 і 6,7...4,2% відповідно. Зі збільшенням частки м'яса в емульсії цей показник поліпшується. За масової частки м'яса 12,8% значення об'ємної частки відокремленої жирової фази в емульсіях зрівнюються і становлять 2,1.

Дані рис. 5.3 свідчать, що кінетична стійкість м'ясної емульсії на основі як охолодженого, так і замороженого-розмороженого м'яса за вмісту навіть найменшої (0,05%) кількості емульгатора E471 підвищується на 11,5 і 11,4% відповідно.

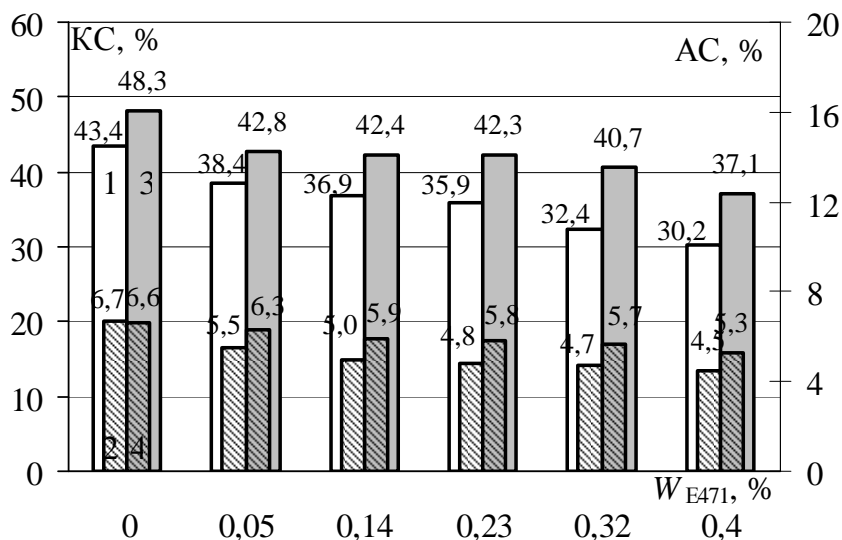


Рисунок 5.3 – Агрегативна (2, 4) та кінетична (1, 3) стійкість у модельних м'ясних емульсіях м'ясо 3,5%–вода–олія залежно від вмісту емульгатора E471 і термічного стану м'яса: 1, 2 – охолоджене; 3, 4 – заморожене-розморожене

Збільшення в емульсії частки емульгатора від 0,05 до 0,40% підвищує кінетичну стійкість емульсії на основі охолодженого м'яса на 21,4%, замороженого — на 13,3%. Агрегативна стійкість під дією емульгатора також зростає. Зокрема, за вмісту 0,05% E471 в емульсії на основі охолодженого м'яса АС підвищується на 17,9%, замороженого — на 4,5%. Збільшення кількості емульгатора від 0,05 до 0,40% підвищує агрегативну стійкість емульсії на 18,2 і 15,6% відповідно.

Кінетична стійкість м'ясної емульсії (рис. 5.4) з 10% охолодженого м'яса (21 г) порівняно з емульсією (рис. 5.3) з 3,5% (7 г) за вмісту 0,05% E471 підвищується більше — на 18,8%, замороженого — на 19,0%. Агрегативна стійкість

емульсії як на основі охолодженого і замороженого-розмороженого м'яса під дією емульгатора підвищується на 47,6 і 4,5% відповідно.

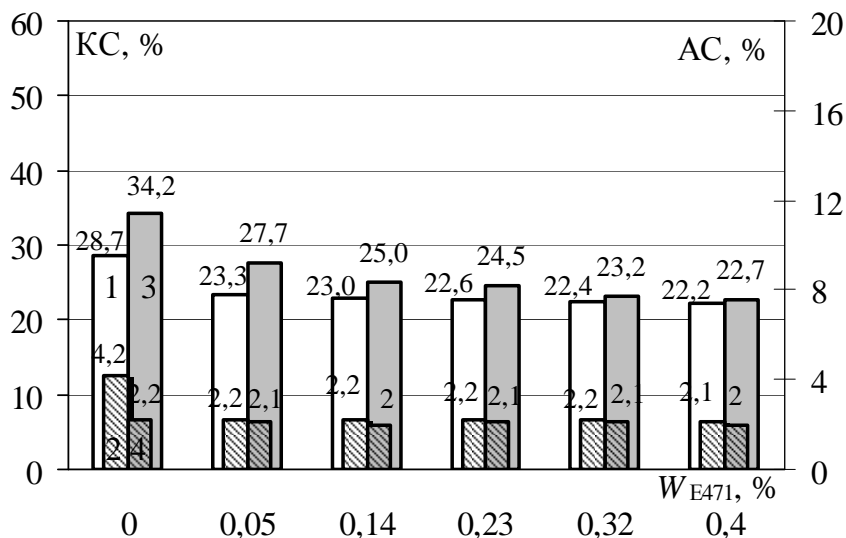


Рисунок 5.4 – Агрегативна (2, 4) та кінетична (1, 3) стійкість у модельних м'ясних емульсіях м'ясо 10%–вода–олія залежно від вмісту емульгатора E471 і термічного стану м'яса: 1, 2 – охолоджене; 3, 4 – заморожене-розморожене

Дані рис. 5.5 ілюструють вплив уведення іншого емульгатора — лецитину (E322). Кінетична стійкість м'ясної емульсії на основі охолодженого і замороженого-розмороженого м'яса (3,5%/7 г) за вмісту найменшої частки емульгатора (0,1%) підвищується на 9,5 і 4,4% відповідно.

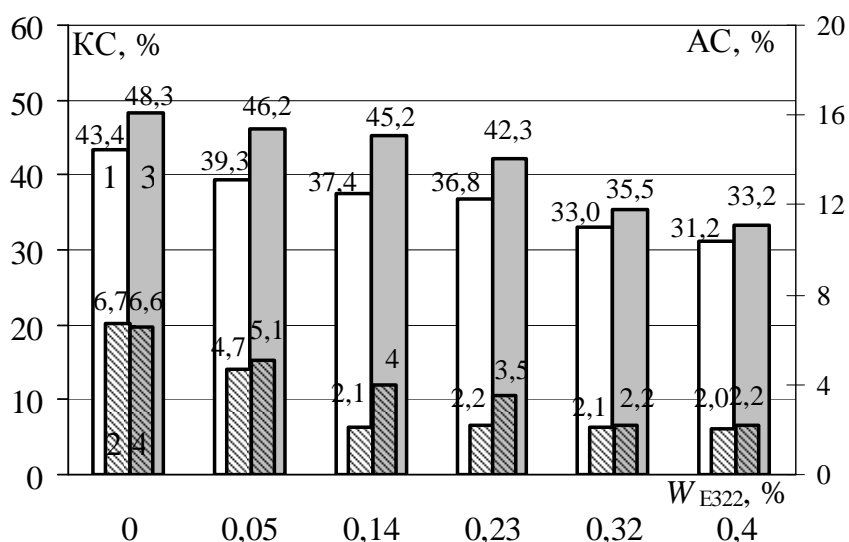


Рисунок 5.5 – Агрегативна (2, 4) та кінетична (1, 3) стійкість у модельних м'ясних емульсіях м'ясо 3,5%–вода–олія залежно від вмісту емульгатора E322 і термічного стану м'яса: 1, 2 – охолоджене; 3, 4 – заморожене-розморожене

Збільшення в емульсії частки емульгатора від 0,05 до 0,40% підвищує кінетичну стійкість емульсії на основі охолодженого м'яса на 20,6%, замороженого — на 28,1%. Агрегативна стійкість під дією 0,05% E322 суттєво зростає — для емульсій на основі охолодженого м'яса на 29,9%, замороженого-розмороженого — на 22,7%. Подальше збільшення частки емульгатора до 0,40% підвищує АС ще на 57,5 і 56,9% відповідно.

Кінетична стійкість (рис. 5.6) м'ясної емульсії з масовою часткою охолодженого і замороженого-розмороженого м'яса 10,0% (21 г) за вмісту 0,05% E322 підвищується порівняно з контролем на 4,9 і 14,0% відповідно.

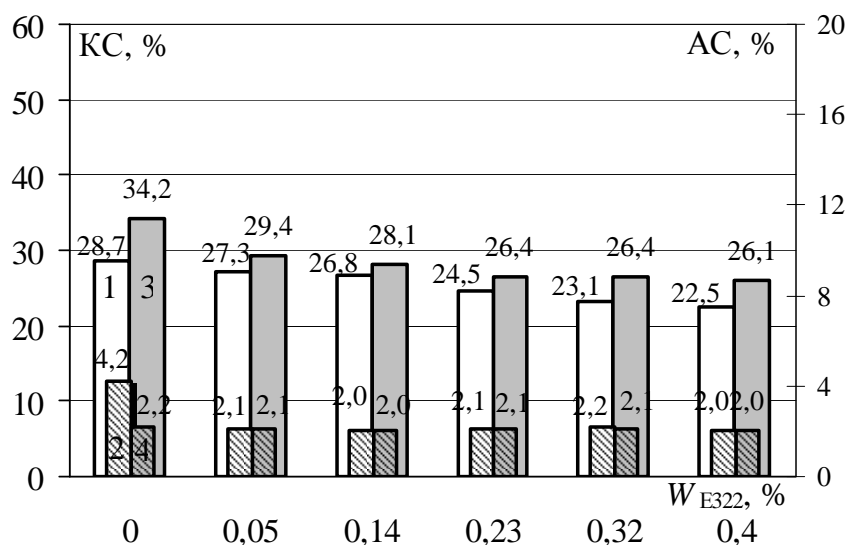


Рисунок 5.6 – Агрегативна (2, 4) та кінетична (1, 3) стійкість у модельних м'ясних емульсіях м'ясо 10%–вода–олія залежно від вмісту емульгатора E322 і термічного стану м'яса: 1, 2 – охолоджене; 3, 4 – заморожене-розморожене

Після збільшення частки емульгатора (0,05...0,40%) в емульсії на основі охолодженого м'яса кінетична стійкість підвищується на 17,6%, замороженого — на 11,2%. Агрегативна стійкість емульсії в межах концентрацій емульгатора 0,05...0,40% суттєво не змінюється.

Для більш наочного порівняння дії ліпофільних емульгаторів E471 (моно-, діацилгліцерини вищих жирних карбонових кислот) і E322 (лецитин) у модельній емульсії м'ясо–вода–олія доцільно розглянути рис. 5.7, 5.8.

На рис. 5.7, 5.8 видно, що загалом об'ємні частки відокремлених водної і жирової фаз менші для емульсій на основі охолодженого м'яса (зразки 1, 2, 5, 6) порівняно із замороженим-розмороженим (зразки 3, 4, 7, 8).

Отримані залежності свідчать, що введені кількістю 0,05...0,40% емульгатори підвищують порівняно з контролем кінетичну й агрегативну стійкість модельних м'ясних емульсій, яка зростає до 22,2 і 2,0% відповідно зі збільшенням масової частки емульгатора.

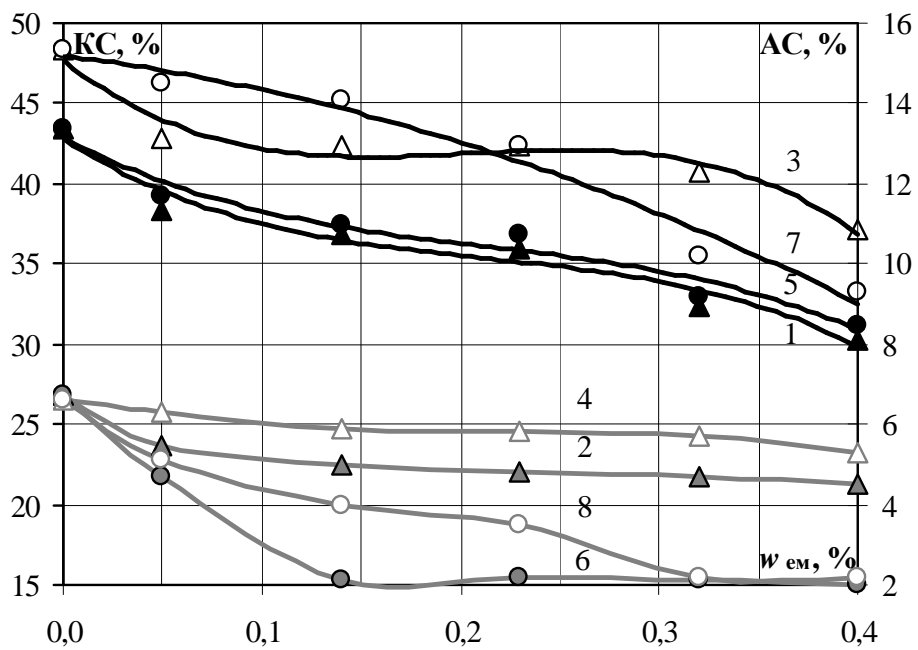


Рисунок 5.7 – КС (1, 3, 5, 7) та АС (2, 4, 6, 8) в емульсії м'ясо 3,5%–вода–олія залежно від виду, вмісту емульгатора і термічного стану м'яса – охолоджене з: 1, 2 – Е471; 5, 6 – Е322; заморожене-розморожене з: 3, 4 – Е471; 7, 8 – Е322

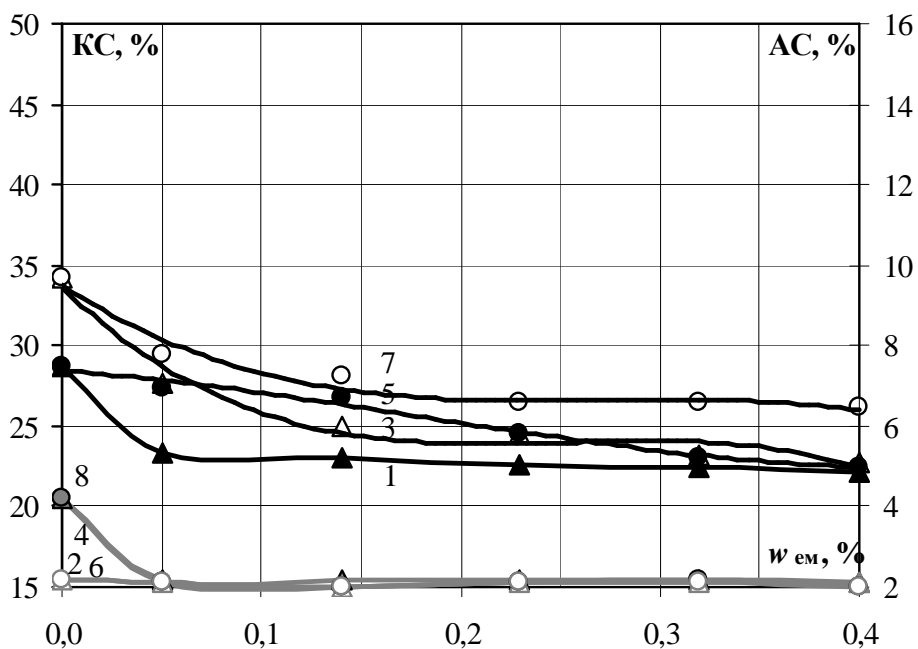


Рисунок 5.8 – КС (1, 3, 5, 7) та АС (2, 4, 6, 8) в емульсії м'ясо 10,0%–вода–олія залежно від виду, вмісту емульгатора і термічного стану м'яса – охолоджене з: 1, 2 – Е471; 5, 6 – Е322; заморожене-розморожене з: 3, 4 – Е471; 7, 8 – Е322

Значне зростання кінетичної стійкості (на 31,3%) за умов суттєвого підвищення агрегативної стійкості (на 66,7%) встановлено для емульсій з 3,5% (7 г) замороженого-розмороженого м'яса та емульгатором E322 (для E471 — на 23,2 і 19,7% відповідно). Аналогічним є зростання кінетичної стійкості (на 33,6%) за умов незначного підвищення агрегативної (на 9,1%) для емульсій з 10,0% замороженого-розмороженого м'яса та емульгатором E471 (для E322 — на 23,7 і 9,1% відповідно).

В емульсіях з емульгатором E471 для зразків на основі охолодженого м'яса спостерігається значне зростання кінетичної стійкості (на 22,7...30,4%) за умов значного підвищення агрегативної (32,8...52,4%). Аналіз даних показав суттєвий вплив емульгатора E322 на поліпшення агрегативної стійкості емульсії (підвищення на 52,4...70,1%).

На основі отриманих даних щодо об'ємних часток фаз м'ясної емульсії, відокремлених після центрифугування в умовах експерименту, було розраховано показники емульгувальної здатності (табл. 5.4–5.6).

Таблиця 5.4 – Емульгувальна здатність білків м'яса в модельній м'ясній емульсії м'ясо–вода–олія

Маса м'яса, г / масова частка, %	Емульгувальна здатність в емульсії, %		
	Охолоджене м'ясо	Заморожене- розморожене м'ясо	Заморожена-розморожена м'ясна емульсія
7/3,5	86,4±0,4	86,6±0,5	74,8±0,4
14/6,8	89,0±0,5	91,0±0,6	75,9±0,5
21/10,0	90,9±0,5	95,2±0,7	79,5±0,5
28/12,8	95,0±0,6	95,1±0,6	80,3±0,6
35/15,5	94,7±0,4	94,9±0,4	82,7±0,5

Згідно з даними табл. 5.4 збільшення у м'ясній емульсії вмісту м'яса в охолодженому стані від 3,5 до 6,8% (від 7 до 14 г) та від 10,0 до 12,8% (21 до 28 г) підвищує емульгувальну здатність від 86,4 до 89,0% (на 2,9%) та від 90,7 до 94,2% (на 3,7%) відповідно. Емульгувальна здатність емульсії на основі замороженого-розмороженого м'яса змінюється на 4,8 і 0,1% відповідно. Подальше збільшення частки м'яса до 35% показники практично не змінює.

Показники ЕЗ м'ясної емульсії, підданої заморожуванню-розморожуванню, зі збільшенням вмісту м'ясної сировини також підвищуються, проте мають менші значення (на 11,6...16,6%).

Результати дослідження доводять, що значне (на 67,7%) збільшення масової частки м'яса в модельній емульсії не так сильно, менше ніж на 9,0...9,6%, підвищує емульгувальну здатність білків охолодженого, замороженого-

розмороженого м'яса і м'ясної емульсії, підданій заморожуванню-розморожуванню.

Після додавання мінімальної кількості емульгатора E471 0,05% (табл. 5.5) в емульсії з масовою часткою охолодженого м'яса 3,5% (7 г) на 5,3% зростає емульгувальна здатність. В емульсії з масовою часткою охолодженого м'яса 10,0% (21 г) показники емульгувальної здатності мають більші значення — на рівні 95,5%. Слід відзначити, що додавання емульгатора кількістю 0,05...0,40% суттєво не змінює рівня емульгувальної здатності в такій емульсії.

Таблиця 5.5 – Емульгувальна здатність у модельній м'ясній емульсії м'ясо–вода–олія з E471

Масова частка емульгатора W_{E471} , %	Емульгувальна здатність, %, за масової частки м'яса у м'ясній емульсії					
	3,5%			10,0%		
	Охолоджене м'ясо	Заморожене-розморожене м'ясо	Заморожена-розморожена м'ясна емульсія	Охолоджене м'ясо	Заморожене-розморожене м'ясо	Заморожена-розморожена м'ясна емульсія
0	86,4±0,5	86,6±0,5	74,8±0,4	90,9±0,4	95,2±0,5	79,5±0,4
0,05	89,0±0,4	87,1±0,5	84,5±0,4	95,2±0,5	95,4±0,5	86,1±0,4
0,14	89,9±0,5	87,9±0,4	86,7±0,5	95,2±0,5	95,6±0,6	88,6±0,5
0,23	90,2±0,5	88,2±0,4	88,6±0,5	95,2±0,4	95,4±0,6	90,0±0,6
0,32	90,4±0,6	88,4±0,5	89,4±0,5	95,2±0,4	95,4±0,5	90,9±0,5
0,40	90,8±0,4	89,2±0,4	90,0±0,4	95,4±0,5	95,7±0,6	91,3±0,5

Процеси заморожування-розморожування загалом знижують емульгувальну здатність емульсій. Так, вона змінюється порівняно з показниками зразків на основі охолодженого м'яса від 3,5 і 10,0% — зростає на 0,2 і 4,5% відповідно для зразків на основі замороженого-розмороженого м'яса та знижується на 13,4 і 12,5% відповідно для емульсії, що була заморожена-розморожена.

Додавання емульгатора E471 кількістю 0,05...0,40% поліпшує емульгувальні властивості м'ясних білків. Зокрема, ЕЗ емульсії на основі 3,5% охолодженого м'яса підвищується на 2,6...4,8%, замороженого-розмороженого — на 0,6...2,9%, емульсії, підданій заморожуванню-розморожуванню, — на 11,5...16,9%. Менший вплив спостерігається в емульсіях з 10,0% м'яса, у яких емульгувальна здатність підвищується на 4,5...4,7; 0,2...0,5; 7,7...12,9% відповідно.

Як видно з отриманих даних найбільший вплив E471 відзначається на показниках для м'ясних емульсій, підданих заморожуванню-розморожуванню, у яких ЕЗ може збільшуватися на 7,7...16,9%.

Уведення іншого ліпофільного емульгатора, лецитину E322 (табл. 5.6), більше впливає на емульгувальну здатність порівняно з E471. В емульсії на основі 3,5% охолодженого м'яса емульгувальна здатність підвищується на 4,5...9,8%, замороженого-розмороженого — на 3,4...9,6%, емульсії, підданій заморожуванню-розморожуванню, — на 14,7...21,0%. Емульсії з 10,0% м'яса і E322, як і емульсії з E471, зазнають меншого впливу під дією емульгатора. У них емульгувальна здатність збільшується на 4,5...4,9; 0,2...0,4; 8,1...16,7% відповідно.

За умов дії E322 найбільше підвищується емульгувальна здатність емульсій, підданих заморожуванню-розморожуванню. Підвищення становить 8,1...21,0% і переважає вплив емульгатора E471.

Таблиця 5.6 – Емульгувальна здатність у модельній м'ясній емульсії м'ясо–вода–олія з E322

Масова частка емульгатора W_{E322} , %	Емульгувальна здатність, %, за масової частки м'яса у м'ясній емульсії					
	3,5%			10,0%		
	Охолоджене м'ясо	Заморожене-розморожене м'ясо	Заморожена-розморожена м'ясна емульсія	Охолоджене м'ясо	Заморожене-розморожене м'ясо	Заморожена-розморожена м'ясна емульсія
0	86,4±0,4	86,6±0,4	74,8±0,4	90,9±0,5	95,2±0,5	79,5±0,4
0,05	90,5±0,5	89,6±0,4	87,7±0,5	95,4±0,4	95,4±0,5	86,5±0,4
0,14	95,6±0,6	91,8±0,4	89,0±0,4	95,6±0,5	95,6±0,4	89,5±0,5
0,23	95,5±0,5	92,8±0,5	90,6±0,5	95,4±0,5	95,4±0,5	90,0±0,4
0,32	95,6±0,4	95,4±0,5	91,4±0,5	95,2±0,4	95,4±0,5	91,3±0,4
0,40	95,8±0,5	95,4±0,6	94,7±0,6	95,6±0,6	95,6±0,6	95,4±0,5

На рис. 5.9 наочно показано вплив різних емульгаторів на емульгувальну здатність м'ясних білків у емульсії м'ясо–вода–олія залежно від вибраних чинників:

– значне збільшення масової частки м'яса в модельній емульсії не так сильно підвищує E3;

– процеси заморожування-розморожування загалом знижують E3, проте додавання емульгаторів кількістю 0,05...0,40% поліпшує емульгувальні властивості м'ясних білків і підвищує E3;

– E3 на рівні 89,2...95,0% у м'ясних емульсіях з охолодженим чи замороженим-розмороженим м'ясом забезпечується за його вмісту від 6,8 до 12,8% або за вмісту м'яса 3,5% з використанням 0,1...0,3% емульгатора;

– більшого впливу під дією емульгаторів зазнають емульсії з 3,5, ніж із 10,0%, м'яса, а також емульсії, піддані заморожуванню-розморожуванню;

– введення лецитину E322 більше впливає на E3, ніж E471.

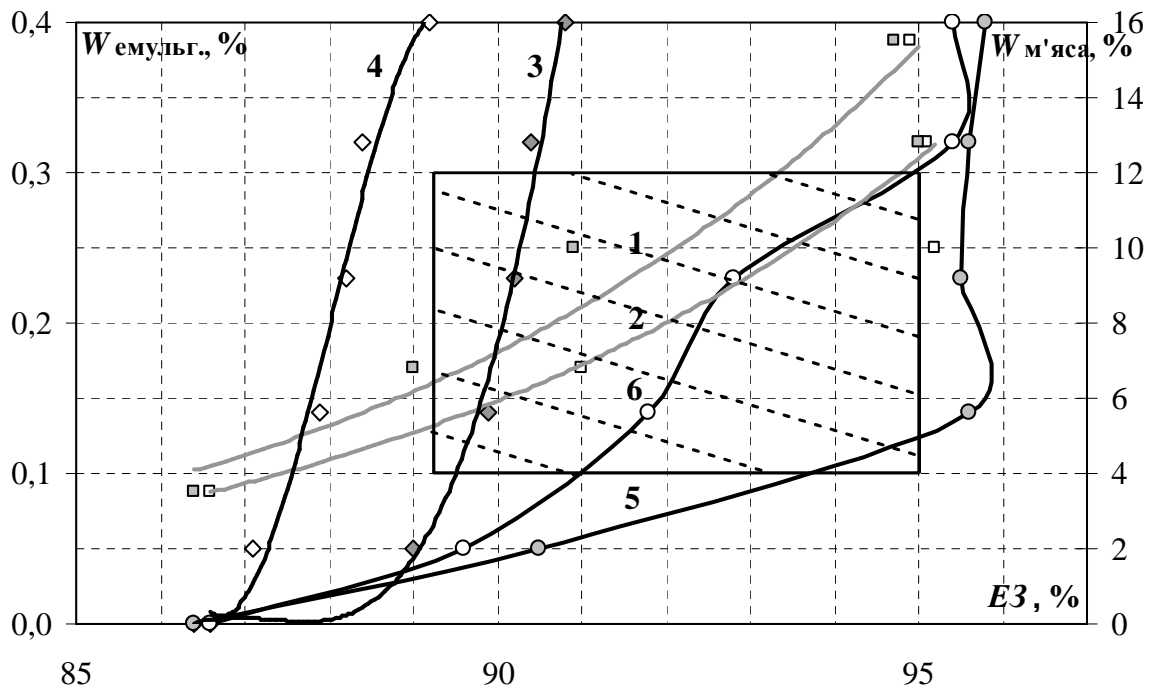


Рисунок 5.9 – Емульгувальна здатність в емульсії м'ясо 3,5%–вода–олія залежно від термічного стану м'яса (1, 3, 5 – охолоджене; 2, 4, 6 – заморожене-розморожене) і виду емульгатора: 1, 2 – за відсутності емульгатора; 3, 4 – E471; 5, 6 – E322

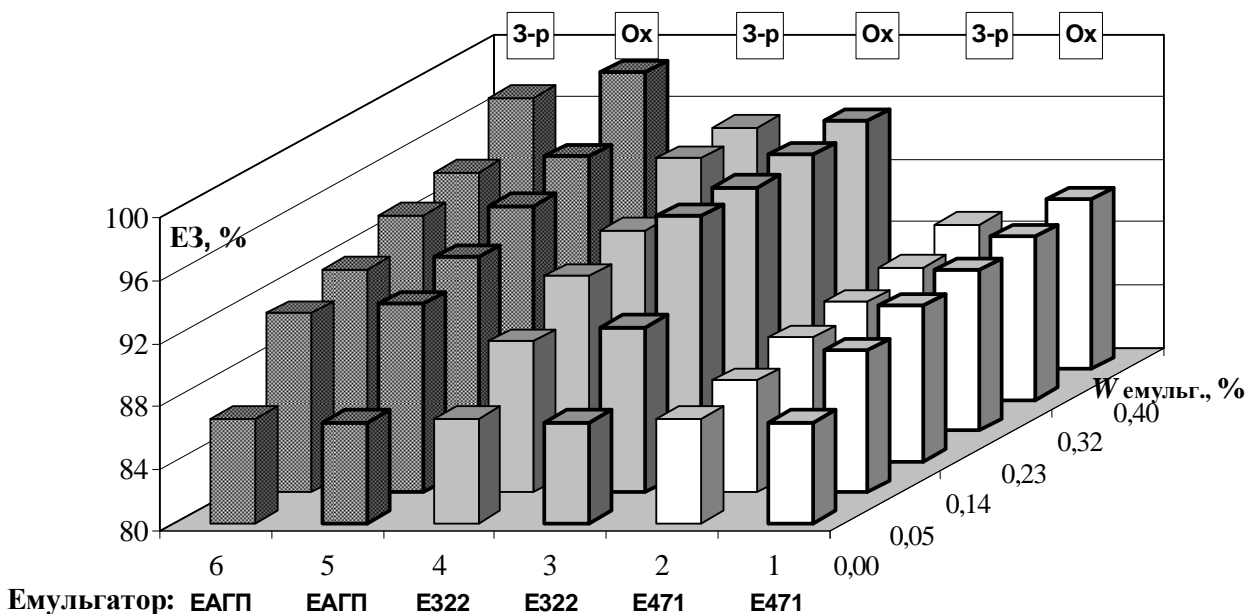


Рисунок 5.10 – Емульгувальна здатність в емульсії м'ясо 3,5%–вода–олія залежно від виду емульгатора і термічного стану м'яса: 1, 3, 5 – охолоджене; 2, 4, 6 – заморожене-розморожене

На рис. 5.10 порівняно емульгувальну здатність м'ясних білків у емульсії м'ясо–вода–олія за наявності E322, E471 і розробленого емульгатора ЕАГП. Усі використані ліпофільні емульгатори поліпшують емульгувальні властивості м'ясних білків; за дією в модельних м'ясних емульсіях, у яких ЕЗ зменшується, їх можна розташувати таким чином: ЕАГП, E322, E471. Емульгатори ЕАГП і лецитин E322 із вищими показниками ГЛБ, 6,1 і 4,0 відповідно, порівняно з E471 — 3,8, більше впливають на здатність м'ясних білків утримувати воду і жир під час заморожування-розморожування.

Результати досліджень доводять суттєву роль ліпофільних емульгаторів E471, E322 і розробленого ЕАГП у поліпшенні емульгувальних властивостей модельної емульсії м'ясо–вода–олія під впливом процесів заморожування-розморожування м'ясної сировини.

Установлені залежності вказують на доцільність подальших досліджень, пов'язаних із визначенням функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів з емульгаторами.

Важливими характеристиками, що зумовлюють стабільність і якість готових м'ясних продуктів, є стійкість фаршевої емульсії (формула (2.2)), вологоутримувальна (формула (3.4)) і жирутримувальна здатності фаршу (формула (3.5)), масова частка вологи у фарші W [178]. Показники СЕ, ВУЗ, ЖУЗ були визначені за методикою Р.М. Салаватуліної [182], описаною в підрозділах 2.1 та 3.2.

Дослідження впливу емульгаторів на функціонально-технологічні властивості фаршів під час заморожування-розморожування було проведене на модельних зразках, виготовлених за відсутності та наявності емульгаторів за рецептурами, наведеними в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Рецептури модельних м'ясних фаршів

Вміст сировини, г			
Котлетне м'ясо яловичини	Вода	Сало шпик	Емульгатор
80,00	8,00	12,00	0
80,00	8,00	11,60	0,40
80,00	8,00	11,20	0,80

За контроль брали фарш зі співвідношенням білок:жир:волога 1:(1,0...1,7):(4,3...5,0) із охолодженого котлетного м'яса яловичини за ДСТУ 6030:2008 [143] зі співвідношенням білок:жир:волога 1:(0,5...0,7):(4,0...4,3) та сала шпикую за ОСТ 49 38-85 [144]. Хімічний склад м'ясної сировини (яловичина II категорії) включав масові частки: білка $18,6 \pm 0,3\%$, жиру $6,2 \pm 0,1\%$, вологи $73,3 \pm 0,4\%$, золи $1,9 \pm 0,1\%$.

У дослідних зразках частина жиру замінялася на емульгатор кількістю 0,4 і 0,8% від маси всіх компонентів. Мінімальне значення 0,4% було вибрано на підставі отриманих вище результатів. Воно забезпечувало гарантоване поліпшення емульгувальних властивостей м'ясних білків у емульсіях м'ясо–вода–олія під впливом емульгаторів і низьких температур. Максимальне значення вмісту емульгатора 0,8% вибрано на підставі результатів дослідження (підрозділ 3.2) з визначення раціональної концентрації емульгаторів ацилгліцеринної природи у м'ясних фаршевих емульсіях.

Дрібне подрібнення м'яса здійснювали м'ясорубкою з діаметром отворів решітки $2...3 \cdot 10^{-3}$ м, що забезпечувало середньостатистичний розмір часток $(2,0...7,0) \cdot 10^{-3}$ м.

Дослідження модельних м'ясних фаршів проводили за різного термічного стану фаршу: охолодженого ($0...4^{\circ}$ С) і замороженого до температури $-20 \pm 2^{\circ}$ С упродовж $(3...4) \cdot 60^2$ с та розмороженого ($0...4^{\circ}$ С упродовж $(4...5) \cdot 60^2$ с). Результати дослідження наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Вплив процесів заморожування-розморожування на функціонально-технологічні властивості модельних фаршів з емульгаторами

$W_{ем.},$ %	СЕ, %		ВУЗ, %		ЖУЗ, %	
	Охолоджений	Заморожений-розморожений	Охолоджений	Заморожений-розморожений	Охолоджений	Заморожений-розморожений
0	83,3±0,5	83,8±0,4	57,5±0,4	50,9±0,4	16,87±0,25	18,39±0,22
E471						
0,4	86,9±0,4	85,7±0,4	57,8±0,5	50,6±0,4	16,93±0,21	18,43±0,25
0,8	87,1±0,5	85,8±0,5	57,2±0,4	50,7±0,4	16,94±0,18	18,46±0,21
E322						
0,4	86,0±0,6	85,2±0,5	60,2±0,5	53,4±0,4	16,89±0,20	18,42±0,17
0,8	87,5±0,5	85,5±0,5	62,2±0,6	53,8±0,5	16,92±0,21	18,44±0,19
EAГП						
0,4	88,6±0,5	87,8±0,5	64,2±0,5	57,5±0,4	17,42±0,25	18,62±0,21
0,8	91,4±0,7	89,7±0,6	65,4±0,6	58,3±0,4	17,64±0,22	18,66±0,23

Під час експерименту у фарші як з емульгатором, так і за його відсутності було визначено однакову масову частку вологи. Зокрема, у замороженому-розмороженому фарші вона становила $60,0 \pm 0,2\%$, в охолодженому — $66,7 \pm 0,3\%$.

Процеси заморожування-розморожування фаршів загалом погіршують показники їх функціонально-технологічних властивостей. Виключенням для всіх зразків є жирутримувальна здатність (збільшується на 5,5...8,3%), для контрольного зразка — стійкість емульсії (підвищується на 0,6%). Для всіх зразків найменше змінився показник стійкості емульсії, який зменшився на 0,9...2,3%, найбільше — ВУЗ (зменшився на 10,4...13,5%).

Уведення ліпофільних емульгаторів Е471, Е322, ЕАГП кількістю 0,4 і 0,8% поліпшує функціонально-технологічні властивості модельних фаршів (охолоджених і заморожених-розморожених) порівняно з контролем. Найбільше поліпшуються показники після додавання ЕАГП, менше — після Е471 і Е322.

Зокрема, стійкість емульсії охолодженого фаршу підвищується під дією 0,4 і 0,8% емульгатора в ряді: Е322 (на 3,1 і 4,8%), Е471 (на 4,1 і 4,4%), ЕАГП (на 6,0 і 8,9%). Аналогічно змінюються показники для замороженого-розмороженого фаршу: Е322 (на 1,6 і 2,0%), Е471 (на 2,2 і 2,3%), ЕАГП (на 4,6 і 6,6%).

Додавання Е471 практично не впливає на показники ВУЗ, підвищуючи ЖУЗ порівняно з контролем на 0,2...0,4%. Лецитин підвищує ВУЗ охолодженого фаршу на 4,5 і 7,6%, замороженого-розмороженого — на 4,7 і 5,4%; ЕАГП підвищує ВУЗ на 10,4 і 12,1% та 11,5 і 12,7% відповідно. Показники ЖУЗ фаршів з емульгаторами також підвищуються в ряді: Е322 (на 0,1...0,3%), Е471 (на 0,2...0,4%), ЕАГП (на 1,2 і 4,4%).

Таким чином, для виготовлення напівфабрикатів м'ясних січених охолоджених можна рекомендувати використання досліджуваних емульгаторів (ЕАГП, Е471, Е322) кількістю 0,4...0,8% від маси всіх компонентів рецептури. Для заморожених напівфабрикатів доцільно брати меншу кількість емульгаторів — 0,4%, оскільки за масової частки емульгатора 0,8% поліпшення властивостей є неістотним.

5.3. Обґрунтування технологічних параметрів і технологічної схеми виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених із використанням емульгаторів

Аналітичні та експериментальні дослідження (підрозділи 5.1, 5.2), спрямовані на обґрунтування технологічних параметрів одержання м'ясних фаршів із використанням емульгаторів, установлені закономірності формування функціонально-технологічних властивостей м'ясних емульсій та їх зміни під впливом низьких температур дозволили визначити раціональні умови функціонування окремих підсистем і розробити принципову технологічну схему виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених із використанням емульгаторів (рис. 5.11).

Визначені раціональні інтервали концентрацій основних рецептурних компонентів та значення параметрів технологічного процесу є базовими в технології напівфабрикатів м'ясних січених заморожених. Водночас розробка нового продукту потребує подальших досліджень, які ставлять за мету надання продукту необхідних споживних властивостей.

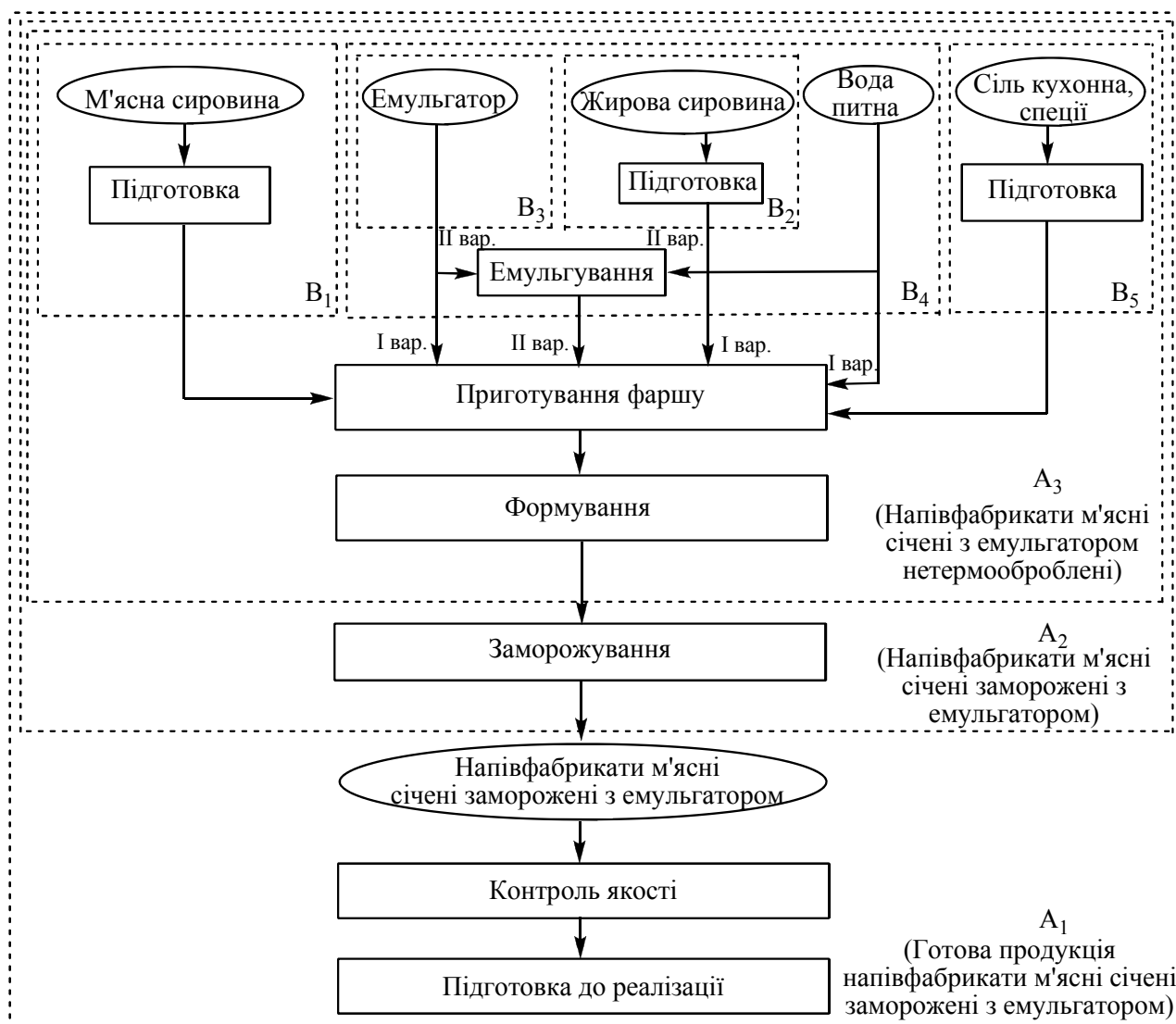


Рисунок 5.11 – Принципова технологічна схема виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором

Подальше дослідження функціонування окремих підсистем на мікрорівні здійснено відповідно до моделі «структура системи» (рис. 5.1) у межах підсистеми A₁, функціонування підсистем B₁, B₂, B₃, B₄, B₅ (рис. 3.2). Мету функціонування окремих підсистем у межах технологічної схеми виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених із використанням емульгаторів зазначено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Структура технологічної схеми та мета функціонування її складових

Підсистема	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
A ₁	Одержання НМСЗ з емульгатором, контроль якості, пакування, зберігання і реалізація	Одержання продукції із заданими властивостями, готової до реалізації
A ₂	Одержання НМСЗ з емульгатором	Заморожування м'ясних напівфабрикатів з емульгатором
A ₃	Одержання НМС з емульгатором нетермооброблених	Одержання НМС з емульгатором нетермооброблених на основі фаршевої м'ясної емульсії з дрібним подрібненням сировини шляхом здійснення окремих технологічних операцій в обґрунтованій послідовності, що забезпечують перебіг фізичних і фізико-хімічних процесів за сумісної участі з емульгатором, наслідком яких є формування м'ясної емульсійної структури фаршу (тиксотропного гелю коагуляційної структури) і цілісної структури НМС
B ₁	Підготовка м'ясної сировини	Механічна обробка
B ₂	Підготовка жирової (жировмісної) сировини	Механічна обробка
B ₃	Підготовка емульгатора	Розпаковування
B ₄	Підготовка жирової сировини з емульгатором	Роздільне введення або одержанням жирової емульсії з ЕАГП
B ₅	Підготовка смакових рецептурних компонентів	Просіювання рецептурних компонентів для видалення сторонніх домішок

Підготовка основних компонентів НМСЗ здійснюється в межах підсистем B₁ «Підготовка м'ясної сировини» і B₄ «Підготовка жирової сировини».

Основною білковмісною сировиною нової продукції є жилована яловичина II гатунку, котлетне м'ясо (м'якоть шийної частини; спинна частина; задня частина; пахвина; лопаткова частина; тазостегнова частина). Жиловану яловичину подрібнюють на механічному подрібнювальному обладнанні з діаметром отворів решітки $(2...3) \cdot 10^{-3}$ м.

Підсистема B₄ «Підготовка жирової сировини з емульгатором» включає підсистеми підготовки жирової сировини — B₂ (подрібнення на механічному

подрібнювальному обладнанні з діаметром отворів решітки $(3...4) \cdot 10^{-3}$ м) і розпакування емульгатора (ЕАГП, Е471, Е322) — В₃.

Дослідження функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів з емульгатором, проведені з метою оптимізації процесу їх приготування, дали можливість у межах функціонування підсистеми В₄ варіативно реалізовувати той чи інший спосіб підготовки жирової сировини з емульгатором (рис. 3.2) залежно від технологічних завдань. Зокрема, було виявлено, що для виробництва м'ясних січених виробів більш раціональним і економічним способом є одержання напівфабрикатів «Сало шпик або жир-сирець», «Емульгатор» роздільним уведенням.

Функціонування підсистеми В₅ «Підготовка солі кухонної і спецій» включає механічну обробку спецій — просіювання та змішування.

Підсистема А₃ «Одержання напівфабрикатів м'ясних січених з емульгатором нетермооброблених» передбачає перемішування підготовлених напівфабрикатів (підсистеми В₁, В₄, В₅).

Реалізація технологічних завдань виробництва м'ясних фаршів із дрібним подрібненням м'ясної сировини в межах підсистеми «Приготування фаршу» відбувається у такій послідовності: введення підготовлених напівфабрикатів «М'ясо подрібнене», «Суміш смакових і додаткових компонентів», «Емульгатор», «Сало шпик або жир-сирець подрібнені», ретельне перемішування за температури 12...15° С протягом $(3...5) \cdot 60$ с до рівномірного розподілення компонентів і утворення м'ясної фаршевої емульсії з дрібним подрібненням.

Формування НМС з емульгатором передбачено в підсистемі А₃, після чого напівфабрикати піддають заморожуванню до температури $-20 \pm 2^\circ$ С упродовж $(3...4) \cdot 60^2$ с.

Функціонування підсистеми А₁ спрямовано на одержання напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором, контроль їх якості, пакування і реалізацію. Функціонування підсистем А₁, А₂ пов'язані з наданням продукції необхідних органолептичних властивостей: зовнішнього вигляду, кольору, запаху, смаку тощо.

Пакування і маркування, транспортування і зберігання напівфабрикатів здійснюється згідно з вимогами ТУУ 15.1-01566330-265:2011. Напівфабрикати допускають до реалізації з температурою в центрі виробу не вище за -10° С.

Термін придатності заморожених напівфабрикатів за температури не вище ніж -18° С становить не більше ніж два місяці; не вище ніж -10° С — не більше ніж тридцять діб; не вище ніж -5° С – не більше ніж 48 год.

Виробництво НМСЗ із використанням емульгаторів визначає доцільність вивчення впливу термічної обробки на їх втрати та органолептичні показники.

Для виготовлення напівфабрикатів м'ясних січених і готової продукції на їх основі — біфштексів січених — використано котлетне м'ясо яловичини зі співвідношенням білок:жир:волога 1:(0,5...0,7):(4,0...4,3). Фарш виготовляли за допомогою м'ясорубки з діаметром отворів решітки $(2...3) \cdot 10^{-3}$ м, що забезпечувало дрібний ступінь подрібнення із середньостатистичним розміром часток $(2,0...7,0) \cdot 10^{-3}$ м.

Як контроль брали фарш і вироблений на його основі біфштекс січений із котлетного м'яса яловичини і жиру за масового співвідношення, г/г, 80,00:12,00 із додаванням води, перцю чорного, солі з масами відповідно: 6,76; 0,04; 1,20 г згідно з рецептурою №654 [87]. У модельних зразках з емульгатором частина шпику замінювалася на E471, E322, ЕАГП (0,4 і 0,8% від маси всіх компонентів).

Дослідження біфштексів січених (контроль) і модельних зразків проводили за різного термічного стану напівфабрикатів: охолоджених ($0...4^{\circ}\text{C}$) і тих, які були піддані заморожуванню за режимами, зазначеними вище.

Доведення до готовності біфштексів січених (контроль) і модельних зразків з емульгаторами до моменту досягнення температури в центрі виробу $(85 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ здійснювали смаженням основним способом за температури поверхні смаження $150...160^{\circ}\text{C}$.

Залежність масової частки втрат під час заморожування і термообробки зразків охолоджених і заморожених-розморожених напівфабрикатів від виду використаних емульгаторів наведено в табл. 5.10.

Таблиця 5.10 – Вплив процесів заморожування-розморожування на втрати модельних напівфабрикатів з емульгаторами

$W_{\text{ем.}}, \%$	Масова частка втрат напівфабрикату, %, під час		
	термообробки		заморожування
	Охолоджений	Заморожений-розморожений	
0	$29,0 \pm 0,7$	$24,7 \pm 0,5$	$2,20 \pm 0,06$
E471			
0,4	$21,4 \pm 0,3$	$22,6 \pm 0,4$	$2,05 \pm 0,05$
0,8	$23,8 \pm 0,4$	$24,3 \pm 0,5$	$1,67 \pm 0,05$
E322			
0,4	$20,6 \pm 0,3$	$22,3 \pm 0,4$	$2,03 \pm 0,05$
0,8	$19,4 \pm 0,4$	$20,0 \pm 0,3$	$1,30 \pm 0,04$
ЕАГП			
0,4	$20,3 \pm 0,3$	$21,8 \pm 0,4$	$1,52 \pm 0,04$
0,8	$19,2 \pm 0,4$	$19,8 \pm 0,3$	$1,24 \pm 0,04$

Менших втрат під час термообробки порівняно з контролем (напівфабрикати охолоджені — 29,0% і заморожені-розморожені — 24,7%) зазнали зразки з ЕАГП (20,3, 19,2, і 21,8, 19,8% відповідно) і Е322 (20,6, 19,4, і 22,3, 20,0% відповідно), більших — зразки з Е471 (21,4, 23,8 і 22,6, 24,3% відповідно).

Аналогічну тенденцію до зменшення втрат виявили зразки напівфабрикатів з емульгаторами під час заморожування (усушки). Найменший показник усушки було визначено для напівфабрикатів з 0,4 і 0,8% ЕАГП (1,52 і 1,24), що на 30,9 і 43,6% менше за результати контролю. Досить низькою усушкою 1,30 і 1,67 характеризувалися напівфабрикати з 0,8% Е322 і Е471 відповідно. Зразки з 0,4% емульгаторів Е322 і Е471 суттєвого зменшення усушки не показали.

Отже, ЕАГП і лецитин Е322, показник ГЛБ яких вищий, ніж емульгатора Е471 — 6,1, 4,0, 3,8 відповідно, більше вплинули на здатність м'ясних білків утримувати воду і жир під час заморожування і термічної обробки.

Визначення органолептичних показників проводили згідно з ДСТУ 3862 [173], ДСТУ 4437 [174], ГОСТ 4288 [168], ГОСТ 9959 [175], ДСТУ 4823.2 [176]. На підставі розробленої шкали сенсорної оцінки (табл. 2.4) проведено загальну органолептичну оцінку термооброблених модельних напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором і за його відсутності (контроль). Результати органолептичної оцінки наведено в табл. 5.11.

Таблиця 5.11 – Результати органолептичної оцінки термооброблених модельних напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором

Показник	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості дескриптора	Характеристика	Оцінка, бал						
				Контроль	Е471 0,4%	Е471 0,8%	Е322 0,4%	Е322 0,8%	ЕАГП 0,4%	ЕАГП 0,8%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зовнішній вигляд	1	0,1	Відповідність формі, розмірам: форма округло-приплюснута, товщина 10...17 мм	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	2	0,2	Цілісність структури, відсутність пор та раковин	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	3	0,2	Відсутність напливів фаршу, злипань, форма не злипла, не деформована	4,6	4,7	4,8	4,7	4,8	4,8	4,8
	4	0,2	Стан поверхні: рівномірно обсмажена	4,7	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9
	5	0,3	Відсутність крапель жиру і вологи на поверхні	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9
Сумарна оцінка				4,72	4,77	4,79	4,82	4,84	4,84	4,89
Коефіцієнт вагомості показника				0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Підсумкова оцінка за показником				0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98

Продовження табл. 5.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Консистенція	1	0,3	Пружність	4,7	4,7	4,8	4,7	4,8	4,8	4,8
	2	0,3	Відсутність крихкості	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
	3	0,2	Однорідність, властива даному виду продукції	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
	4	0,1	Щільність	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	5	0,1	Соковитість	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Сумарна оцінка				4,70	4,74	4,81	4,78	4,81	4,81	4,81
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,41	1,42	1,44	1,43	1,44	1,44	1,44
Вигляд фаршу на розрізі	1	0,4	Однорідність структури – рівномірно перемішаний, без порожнин	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	2	0,2	Колір – від рожевого до світло-рожевого, без сірих плям	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	3	0,2	Рівномірність розподілу шматочків шпику білого кольору або з блідо-рожевим відтінком, жиру-сирцю	4,7	4,7	4,8	4,7	4,8	4,7	4,8
	4	0,1	Наявність окремих шматочків шпику білого кольору, жиру з жовтуватим відтінком без ознак осалювання	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
	5	0,1	Наявність дрібної пористості	4,6	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
Сумарна оцінка				4,76	4,83	4,85	4,83	4,85	4,83	4,86
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,48	0,48	0,49	0,48	0,49	0,48	0,49
Запах	1	0,3	Властивий даному виду продукції	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	2	0,2	Чистий, без сторонніх запахів	4,7	4,7	4,8	4,7	4,6	4,8	4,8
	3	0,2	Збалансований	4,7	4,7	4,8	4,7	4,8	4,8	4,8
	4	0,2	Приємний, з ароматом спецій	4,8	4,8	4,8	4,8	4,7	4,8	4,8
	5	0,1	Швидкість вивільнення	4,6	4,7	4,7	4,7	4,6	4,7	4,7
Сумарна оцінка				4,80	4,81	4,85	4,81	4,78	4,85	4,85
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,48	0,48	0,49	0,48	0,48	0,49	0,49
Смак	1	0,3	Властивий даному виду продукції	4,9	4,9	4,9	4,9	4,7	4,9	4,9
	2	0,2	Чистий, без стороннього присмаку	4,7	4,7	4,8	4,7	4,6	4,8	4,8
	3	0,2	Збалансований	4,8	4,8	4,8	4,8	4,6	4,8	4,9
	4	0,2	Приємний, властивий спеціям	5,0	5,0	5,0	4,9	4,8	5,0	5,0
	5	0,1	У міру солоний	4,9	4,9	4,9	4,9	4,8	4,9	4,9
Сумарна оцінка				4,86	4,86	4,88	4,84	4,69	4,88	4,90
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,46	1,46	1,46	1,45	1,41	1,46	1,47
Загальна				4,77	4,80	4,84	4,81	4,78	4,84	4,86

Усі досліджувані зразки заморожених напівфабрикатів з емульгатором (ЕАГП, Е471, Е322) отримали загальну органолептичну оцінку, вищу (від 4,78 до 4,86), ніж контрольний зразок (4,77). Найменшу оцінку (4,78) отримав зразок із 0,8% лецитину Е322, бо виявив досить відчутний сторонній, не властивий даному виду продукції смак.

Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити вміст основних рецептурних компонентів напівфабрикатів м'ясних січених з емульгатором і раціональні концентрації емульгаторів. Для виготовлення охолоджених напівфабрикатів можна рекомендувати використання емульгаторів ЕАГП, Е471, Е322 кількістю 0,4...0,8% від маси всіх компонентів рецептури. Для заморожених напівфабрикатів також рекомендується вводити 0,4...0,8% ЕАГП, Е471. Емульгатор Е322 доцільно брати кількістю 0,4%, оскільки за масової частки 0,8% суттєво погіршуються органолептичні показники смаку готових виробів. Результати відпрацювання рецептурного складу напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгаторами Е 471, Е 322, ЕАГП наведено в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Рецептурний склад напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором

Найменування сировини	Витрати сировини для НМСЗ із емульгатором, г			
	ЕАГП або Е471		Е322	
	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
Яловичина (котлетне м'ясо)	110,00	80,00	110,00	80,00
Сало шпик або жир-сирець	11,60	11,20	12,00	11,60
Сіль кухонна	1,17	1,17	1,17	1,17
Перець чорний змелений	0,03	0,03	0,03	0,03
Емульгатор	0,80	0,80	0,40	0,40
Вода питна	6,80	6,80	6,80	6,80
Маса напівфабрикату	–	100,00	–	100,00

На підставі проведених досліджень розроблено технологічну схему виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором на основі фаршів із дрібним подрібненням м'ясної сировини, яку наведено на рис. 5.12.

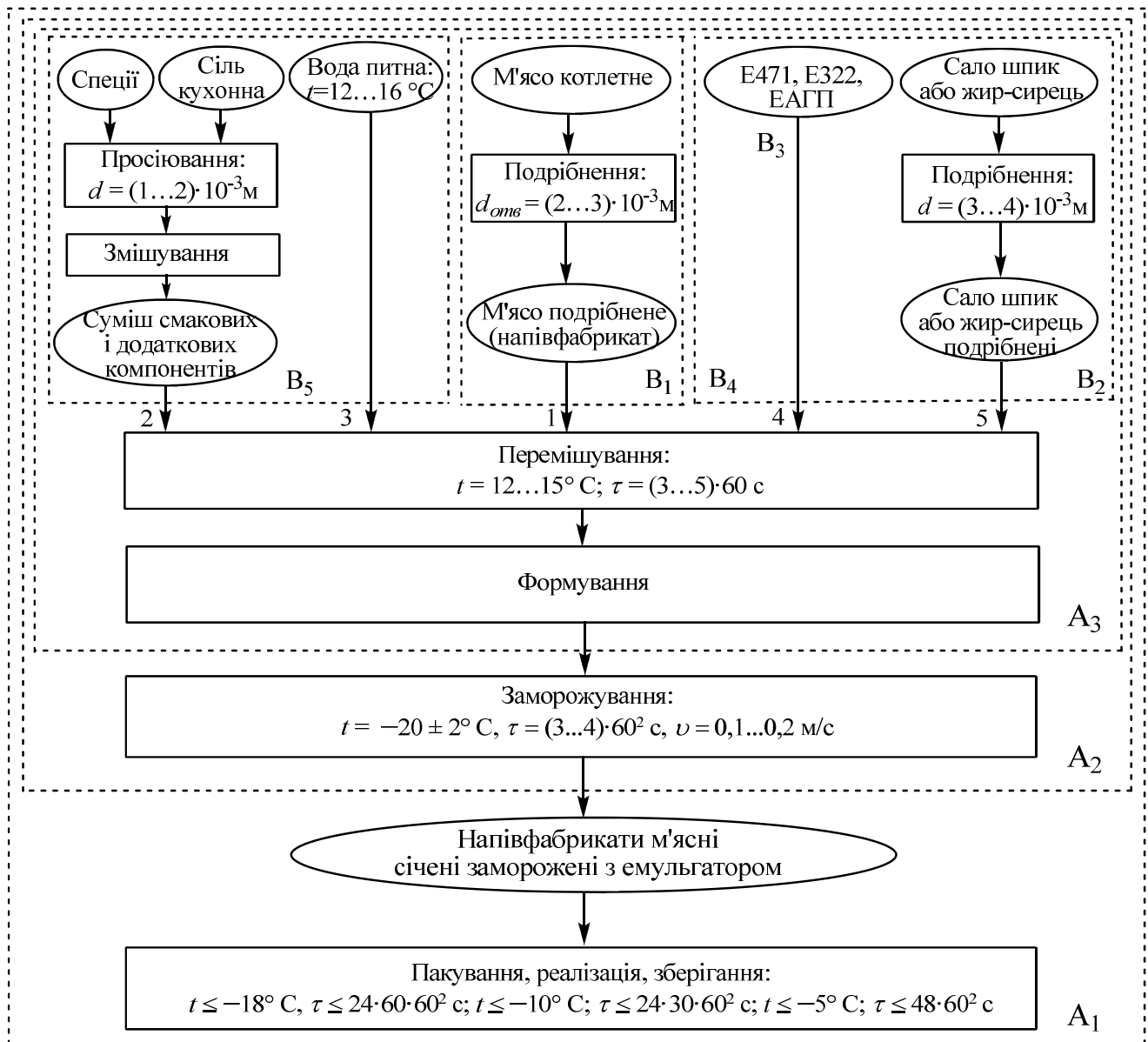


Рисунок 5.12 – Технологічна схема виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором

Напівфабрикати м'ясні січені заморожені з емульгатором і готові вироби біфштекси січені, одержані згідно з технологічною схемою, є продукцією, органолептичні властивості якої визначаються дрібним подрібненням м'ясної сировини, видом використаного емульгатора і роздільним його введенням із жировою сировиною, термічним станом напівфабрикатів — заморожені, застосованим видом термічної обробки — смаження основним способом.

На підставі розробленої шкали сенсорної оцінки (табл. 2.4) визначено загальні показники НМСЗ і готових виробів — біфштексів січених з емульгатором. Результати органолептичної оцінки наведено в табл. 5.13.

Експериментально доведено, що НМСЗ і біфштекси січені з емульгатором були соковитими, некрижкими, мали в міру щільну консистенцію з вираженими пружними властивостями, характеризувалися цілісністю структури, відсутністю пор і раковин, напливів фаршу, злипань, чистою сухою поверхнею.

Загальна оцінка нової продукції (табл. 5.13) біфштексів січених з емульгатором становила: ЕАГП — 4,87 бала; Е471 — 4,84 бала; Е322 — 4,85 бала і корелювала з оцінками, отриманими під час відпрацювання рецептурного складу (табл. 5.11). Отримані результати перевищували оцінку контролю (біфштекс січений на основі НМСЗ), яка дорівнювала 4,77 бала, та оцінку біфштекса січеного, виготовленого за традиційною технологією [87], яка становила 4,84 бала (табл. 4.5).

Таблиця 5.13 – Результати органолептичної оцінки біфштексів січених на основі НМСЗ з ЕАГП, Е471 і Е322

Показник	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості дескриптора	Характеристика	Оцінка, бал			
				Контроль	ЕАГП	Е471	Е322
Зовнішній вигляд	1	0,1	Відповідність формі, розмірам: форма округло-приплюснута, товщина 10...17 мм	5,0	5,0	5,0	5,0
	2	0,2	Цілісність структури, відсутність пор та раковин	4,9	4,9	4,9	4,9
	3	0,2	Відсутність напливів фаршу, злипань, форма не злипла, не деформована	4,6	4,8	4,8	4,8
	4	0,2	Стан поверхні: рівномірно обсмажена	4,7	4,9	4,9	4,8
	5	0,3	Відсутність крапель жиру і вологи на поверхні	4,6	4,9	4,7	4,8
Сумарна оцінка				4,72	4,89	4,83	4,84
Коефіцієнт вагомості показника				0,2	0,2	0,2	0,2
Підсумкова оцінка за показником				0,94	0,98	0,97	0,97
Консистенція	1	0,3	Пружність	4,7	4,8	4,8	4,8
	2	0,3	Відсутність крихкості	4,6	4,8	4,8	4,8
	3	0,2	Однорідність, властива даному виду продукції	4,8	4,8	4,8	4,8
	4	0,1	Щільність	4,9	4,9	4,9	4,9
	5	0,1	Соковитість	4,6	4,9	4,8	4,9
Сумарна оцінка				4,70	4,82	4,81	4,82
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3	0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,41	1,45	1,44	1,45
Вигляд фаршу на розрізі	1	0,4	Однорідність структури – рівномірно перемішаний, без порожнин	4,8	4,9	4,9	4,9
	2	0,2	Колір – від рожевого до світло-рожевого, без сірих плям	4,8	4,9	4,9	4,9
	3	0,2	Рівномірність розподілу шматочків шпику білого кольору або з блідо-рожевим відтінком, жиру-сирцю	4,7	4,8	4,8	4,8
	4	0,1	Наявність окремих шматочків шпику білого кольору, жиру з жовтуватим відтінком без ознак осалювання	4,8	4,8	4,8	4,8
	5	0,1	Наявність дрібної пористості	4,6	4,8	4,8	4,8
Сумарна оцінка				4,76	4,86	4,86	4,86
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1	0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,48	0,49	0,49	0,49
Запах	1	0,3	Властивий даному виду продукції	5,0	5,0	5,0	5,0
	2	0,2	Чистий, без сторонніх запахів	4,7	4,8	4,8	4,8
	3	0,2	Збалансований	4,7	4,8	4,8	4,7
	4	0,2	Приємний, з ароматом спецій	4,8	4,8	4,8	4,8
	5	0,1	Швидкість вивільнення	4,6	4,7	4,7	4,7
Сумарна оцінка				4,80	4,85	4,85	4,83
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1	0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,48	0,49	0,49	0,48
Смак	1	0,3	Властивий даному виду продукції	4,9	4,9	4,9	4,9
	2	0,2	Чистий, без стороннього присмаку	4,7	4,8	4,8	4,8
	3	0,2	Збалансований	4,8	4,9	4,8	4,8
	4	0,2	Приємний, властивий спеціям	5,0	5,0	5,0	5,0
	5	0,1	У міру солоний	4,9	4,9	4,9	4,9
Сумарна оцінка				4,86	4,90	4,88	4,88
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3	0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,46	1,47	1,46	1,46
Загальна				4,77	4,87	4,84	4,85

ВИСНОВКИ

У роботі подано теоретичне узагальнення і нове вирішення проблеми стабільності м'ясних емульсійних систем — фаршів січених виробів, яке полягає у створенні єдиного технологічного циклу «Одержання ЕАГП — одержання МСВ», що дозволяє реалізувати інноваційну стратегію виробництва продукції з високою харчовою і біологічною цінністю, новими споживними властивостями.

Аналіз та узагальнення літературних джерел, науково-технічної інформації дозволили виявити, що перспективним напрямом розвитку технологій м'ясних січених виробів є використання під час їх виробництва емульгаторів ацилгліцеринної природи, яке дозволяє залучити до технологічного циклу м'ясу сировину з підвищеним вмістом жиру і вологи, зниженими функціонально-технологічними властивостями та одержати нову продукцію зі стабільними показниками якості.

Результати визначення емульгувальних властивостей м'ясних фаршів з модельними композиціями емульгаторів ацилгліцеринної природи Е471, органолептичної оцінки готових виробів доводять ефективність використання композицій емульгаторів, що містять $50\pm 5\%$ МАГ, ДАГ, у технологіях м'ясних січених виробів. Доведено перспективність розробки технології вітчизняних харчових емульгаторів на основі соняшникової олії.

Науково обґрунтовано технологічні параметри, технологію нових вітчизняних емульгаторів ацилгліцеринної природи, одержаних у вигляді масляної фази з вмістом МАГ, ДАГ $54,2\pm 1,2\%$ переестерифікацією соняшникової олії в системі гексан–ізопропанол за температури $35\text{...}40^\circ\text{C}$.

Комплексно досліджено склад, показники якості та безпечності ЕАГП. Доведено їх харчову цінність і вагомі переваги порівняно з існуючими аналогами. ЕАГП містить підвищену кількість фракцій ліпідів — ДАГ ПНЖК, які виявляють бактерицидні властивості, і МАГ, що є інгібіторами автоокиснення, термopolімеризації; $83,4\%$ ненасичених жирних кислот у *цис*-формі (більшою мірою сприяють засвоєнню організмом білкового Нітрогену), у тому числі $59,7\%$ ω -6 ПНЖК — лінолевої кислоти; не містить *транс*-ізомерів. Створено математичні статистичні моделі, які дозволяють прогнозувати склад і властивості ЕАГП.

Результати визначення функціонально-технологічних властивостей ЕАГП, зокрема показники поверхневого і міжфазного натягу, агрегативної стійкості, емульгувальних властивостей, свідчать, що вони можуть бути використані в технологіях м'ясних січених виробів для формування і поліпшення функціонально-технологічних властивостей фаршу, а також збільшення виходу, підвищення харчової цінності та поліпшення органолептичних показників готової продукції.

На підставі встановлених закономірностей зміни емульгувальних властивостей м'ясних фаршевих емульсій від масової частки ЕАГП, ступеня подрібнення м'ясної сировини, способу підготовки жирової сировини обґрунтовано можливість регулювання функціонально-технологічних властивостей фаршів. Установлено інтервал значень раціонального вмісту ЕАГП у м'ясній фаршевій емульсії 0,5...0,9%, за якого її стійкість залишається незмінною і відповідає найбільшому підвищенню порівняно з контролем для випадків дрібного і тонкого подрібнення — на 10,0 і 6,7% відповідно.

Визначено вплив ЕАГП на структурно-механічні властивості м'ясних фаршів. За отриманими залежностями встановлено, що зі збільшенням масової частки ЕАГП відбувається утворення структури, яка характеризується міцністю і підвищеною релаксаційною в'язкістю, помітним зменшенням високоеластичної податливості від $1,42 \cdot 10^{-4}$ до $0,95 \cdot 10^{-4}$ Па⁻¹ (контроль — $2,72 \cdot 10^{-4}$ Па⁻¹) та зростанням миттєвого модуля пружності від $4,43 \cdot 10^{-4}$ до $5,83 \cdot 10^{-4}$ Па (контроль — $3,27 \cdot 10^{-4}$ Па), пластичної в'язкості від $13,6 \cdot 10^7$ до $25,3 \cdot 10^7$ Па·с (контроль — $6,8 \cdot 10^7$ Па·с). Доведено, що спосіб підготовки жирової сировини впливає на структурно-механічні показники фаршів з ЕАГП, що дозволить регулювати необхідні органолептичні характеристики м'ясної продукції.

Визначено раціональний вміст ЕАГП у фаршевій м'ясній емульсії — 0,7% та раціональне співвідношення білок:жир:волога в ній 1,0:(1,0...2,5):(4,3...6,0). Доведено, що приготування фаршу на основі дрібно- і тонко подрібненої м'ясної сировини за широкого інтервалу варіювання у фарші вмісту білка, жиру, вологи і роздільного введення ЕАГП та жиру дозволяє поліпшити функціонально-технологічні властивості та підвищити стійкість емульсії на 9,7 і 6,0%, ЖУЗ — на 22 і 6,2%, ВУЗ — на 4,0 і 4,5% відповідно, забезпечити високий рівень структурно-механічних, органолептичних показників, знизити на 19...43% втрати під час термообробки.

Науково обґрунтовано технологічні параметри виробництва МСВ з ЕАГП залежно від вмісту емульгаторів, ступеня подрібнення м'ясної сировини, способу підготовки жирової сировини, виду термообробки. Розроблено рецептурний склад, технологічну схему виробництва МСВ з ЕАГП на основі м'ясної сировини.

Визначено основні органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, токсикологічні показники МСВ з ЕАГП. Підтверджено, що МСВ на основі фаршу з ЕАГП з поліпшеними функціонально-технологічними властивостями характеризуються високою харчовою цінністю і за загального вмісту білка 11,6...14,4% містять до 38,6% незамінних амінокислот, є джерелом ліпідів (19,2...26,5%) із жирнокислотним складом, наближеним до збалансованого, з часткою ненасичених жирних кислот від загального вмісту 56,6...57,2%, ПНЖК — 7,9...8,0% (ω -6 — 7,27...7,37% і ω -3 — 0,56...0,62%); макро- і мікроелементів.

Розроблено та затверджено технічні умови «Напівфабрикати м'ясні січені» та технологічну інструкцію з їх виготовлення, а також розроблено проекти технічних умов «М'ясні січені вироби емульсійної структури», «Емульгатори ацилгліцеринної природи на основі соняшникової олії (ЕАГП)».

Результати досліджень доводять важливу роль ліпофільних емульгаторів Е471, Е322, ЕАГП у поліпшенні емульгувальних властивостей м'ясної сировини під впливом процесів заморожування-розморожування. Зокрема, за дією на здатність м'ясних білків утримувати воду і жир під час заморожування-розморожування, здатність до емульгування на рівні 90...100% використані емульгатори можна розташувати в ряд: Е471, Е322, ЕАГП, у якому емульгувальні властивості поліпшуються зліва направо, як і показники ГЛБ емульгаторів (3,8, 4,0, 6,1 відповідно).

На підставі визначених закономірностей зміни емульгувальних властивостей м'ясних фаршевих емульсій від виду і масової частки емульгатора, масової частки і термічного стану м'ясної сировини та м'ясної емульсії обґрунтовано можливість регулювання функціонально-технологічних властивостей фаршу. Установлено інтервал значень раціонального вмісту емульгаторів Е471, Е322, ЕАГП у м'ясній фаршевій емульсії 0,4...0,8%, за якого її стійкість відповідає найбільшому підвищенню порівняно з контролем.

Доведено, що приготування фаршу на основі дрібноподрібненої м'ясної сировини за роздільного введення 0,4...0,8% емульгатора та жиру дозволяє поліпшити функціонально-технологічні властивості під час заморожування-розморожування. За умов дії Е322, Е471, ЕАГП відповідно в замороженому-розмороженому фарші стійкість емульсії підвищується на 1,6...2,0; 2,2...2,3; 4,6...6,6%; ЖУЗ — на 0,1...0,3; 0,2...0,4; 1,2...4,4%; ВУЗ підвищується на 4,7...5,4%, не змінюється, підвищується на 11,5...12,7%; втрати під час термообробки знижуються на 9,7...19,0; 1,6...8,5; 11,7...19,8%, під час заморожування — на 7,7...40,9; 6,8...24,1; 30,9...43,6%; забезпечується високий рівень органолептичних показників.

Науково обґрунтовано технологічні параметри виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором. Розроблено рецептурний склад, технологічну схему виробництва напівфабрикатів м'ясних січених заморожених з емульгатором (ЕАГП, Е471, Е322).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2007 р. № 1158. – Офіц. вид. – К. : Офіційний вісник України, 2007. – 71 с.
2. Концепція наукового забезпечення установами УААН розвитку галузей агропромислового комплексу України в 2011–2015 роках // Економіка АПК. – 2010. – № 2. – С. 3–14.
3. Месель-Веселяк В. Я. Напрями забезпечення конкурентоспроможності аграрного виробництва / В. Я. Месель-Веселяк // Економіка АПК. – 2009. – № 10. – С. 7–14.
4. Рудницкая Ю. И. Перспективные направления переработки сельскохозяйственного сырья для обеспечения полноценным питанием социально незащищенных групп населения / Ю. И. Рудницкая // Междунар. науч.-практ. конф., 15 апреля 2009 г. : сб. материалов. – Новосибирск : СибУ ПК, 2009. – С. 108–112.
5. Разработка и реализации инновационных проектов и программ в сфере здорового питания на основе концептуального проектирования / А. А. Маюрникова, С. В. Новоселов, Н. В. Горняков, Г. И. Шевелева // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 4 (19). – С. 37–42.
6. Рынок мясных изделий и колбас [Электронный ресурс] // Агентство Промышленных Новостей. Мясомолочная промышленность Украины. – 2010. – 27 авг. – Режим доступа : <http://www.meatmilk.kiev.ua/news/4543>.
7. Козлова Г. Во главе рейтинга – полуфабрикаты [Электронный ресурс] / Г. Козлова // Мясные технологии. – 2007. – № 1 (49). – Режим доступа : <http://www.meatbranch.com/magazine/archive.html>.
8. Лишиленко В. І. Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка : навч. пос. / В. І. Лишиленко. – К. : Центр навч. літ-ри, 2006. – С. 226–228.
9. Україна у цифрах 2011 [Електронний ресурс] : статистичний збірник / ред. О. Г. Осауленко. – 2012. – 101 с. – Режим доступу : http://ukrstat.org/uk/druk/kat_alog/kat_u/publ1_u.htm.
10. Красуля О. Н. Мясо с пороками: управление рисками [Электронный ресурс] / О. Н. Красуля, Н. В. Фадеева, Ю. А. Шумский // Мясные технологии. – 2011. – № 6 (102). – Режим доступа : <http://www.meatbranch.com/magazine/archive.html>.
11. Лисицын Д. А. Фарш из замороженного сырья — энергосберегающая технология [Электронный ресурс] / Д. А. Лисицын // Мясные технологии. – 2010. – № 8 (92). – Режим доступа : <http://www.meatbranch.com/magazine/archive.html>.
12. Лысенков А. А. Повышение водоудерживающей способности мяса и мясных изделий [Электронный ресурс] / А. А. Лысенков, В. Н. Зеркин // Мясные техно-логии. – 2006. – № 8 (44). – Режим доступа : <http://www.meatbranch.com/magazine/archive.html>.

13. Якубчак О. М. Функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини / О. М. Якубчак // Мясной бизнес. – 2006. – № 6. – С. 100–102.
14. Тирсіна Ю. М. Ветеринарно-санітарна оцінка продуктів забою некатегорійного молодняка великої рогатої худоби : автореф. дис. ... канд. вет. наук : спец. 16.00.09 «Ветеринарно-санітарна експертиза» / Ю. М. Тирсіна. – К., 2003. – 18 с.
15. Ежкова Г. О. Совершенствование технологии производства и практического использования продуктов микробиологического синтеза для повышения качества мясного сырья PSE и DFD на организменном и тканевом уровнях : дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.23 / Ежкова Галина Олеговна. – Казань, 2004. – 347 с.
16. Кузнецова Т. Г. Научно-практические основы структурообразования мясопродуктов из сырья различного качества в условиях направленных биотехнологических воздействий : дис. ... д-ра вет. наук : 16.00.02 / Кузнецова Татьяна Георгиевна. – М., 2007. – 402 с.
17. Апраксина С. К. Повышение потребительских свойств рубленых полуфабрикатов // Мясные технологии. – 2004. – № 2 (14). – С. 1–3.
18. Биотехнология мяса и мясопродуктов : курс лекций / И. А. Рогов, А. И. Жаринов, Л. А. Текутьева, Т. А. Шепель. – М. : ДеЛипринт, 2009. – 296 с.
19. Жаринов А. И. Курс I. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты / А. И. Жаринов, О. В. Кузнецова, Н. А. Черкашина ; под ред. М. П. Воякина // Краткие курсы по основам современных технологий переработки мяса, организованные фирмой «Протеин Технолоджиз Интернэшнл» (США). – М. : ИТАР-ТАСС, 1994. – 160 с.
20. Мансветова Е. В. Новые подходы в производстве эмульгированных мясных продуктов / Е. В. Мансветова, Е. И. Титов // Пищевая промышленность. – 2009. – № 7. – С. 44–45.
21. Schut J. Meat emulsions // Food emulsions / Ed. Friberg S. – New-York : Marcel Dekker, 1976. – P. 385–451.
22. Eerd L.-P. Van. Meat emulsion, stability, influence of Hydrophilic lipophilic balance, salt concentration and blending with surfactants // J. of Food Sci. – 1971. – 36. – № 7. – P. 1121–1124.
23. Krog N. // Food Emulsion / N. Krog; eds. K. Larsson, S. Friberg, – New-York : Marcel Dekker, 1990. – P. 127.
24. Advanced technologies for meat processing / L. M. L. Nollet, F. Toldrá (eds.). – New-York : CRC Press. Taylor & Francis Group, 2006. – 504 p.
25. Handbook of meat processing / F. Toldrá (ed.). – Blackwell Publishing. Iowa, USA, 2010. – 568 p.
26. Meat processing: Improving quality / Joseph Kerry, John Kerry, D. Ledward (eds.). – New-York : CRC Press. Taylor & Francis Group, 2002. – 440 p.
27. Safety of Meat and Processed Meat / F. Toldrá (eds.). — Springer Science/Business Media, 2009. – 704 p.

28. Общая технология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Казюлин. – М. : Колос, 2000. – 367 с.

29. Рогов И. А. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Р. М. Ибрагимов, Л. К. Забашта – М. : Колос, 1997. – 336 с.

30. Пчелкина В. А. Разработка микроструктурных методов идентификации растительных компонентов в мясном сырье и готовых продуктах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.04 «Технология мясных, молочных, рыбных продуктов» / В. А. Пчелкина. – М., 2010. – 16 с.

31. Журба І. О. Розвиток виробництва м'ясопродукції на підприємствах переробної промисловості : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 08.07.02 «Економіка сільського господарства і АПК» / І. О. Журба. – Дніпропетровськ, 2002. – 16 с.

32. Піндайк Роберт С. Эффект дохода та ефект заміщення / Роберт С. Піндайк, Даніел Л. Рубінфелд // Мікроекономіка / пер. з англ. А. Олійник, Р. Сільський. – К. : ОСНОВИ, 1996. – С. 103–106.

33. Салаватулина Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве / Р. М. Салаватулина. – М. : Агропромиздат, 1985. – 256 с.

34. Використання продуктів екструзійної обробки як один із напрямків ресурсозбереження при виробництві м'ясопродуктів. М. І. Клименко, І. І. Кишенько, Н. О. Гапченко, Г. І. Лопатін // Наукові праці НУХТ. – К. : НУХТ, 2001.– № 10.– С. 66–67.

35. Соколов А. А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов / А. А. Соколов. – М. : Пищевая промышленность, 1965. – 492 с.

36. Патшина М. В. Разработка технологии вареных мясных продуктов с использованием коллагенового полуфабриката из свиной шкурки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Патшина Марина Викторовна. – Кемерово, 2003. – 137 с.

37. Садовой В. В. Разработка научных принципов проектирования состава и совершенствования технологии многокомпонентных мясных изделий с использованием вторичных ресурсов пищевой промышленности : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 / Садовой Владимир Всеволодович. – Ставрополь, 2007. – 429 с.

38. Курилов Р. И. Разработка технологии ветчинных мясных продуктов из низкосортного сырья с использованием активированного раствора коллагеназы : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Курилов Роман Иванович. – Ставрополь, 2006. – 154 с.

39. Витренко О. Н. Разработка технологии биомодификации коллагенсодержащего сырья для получения мясных и экструдированных мясорастительных продуктов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Витренко Ольга Николаевна. – М., 2004. – 161 с.

40. Апраксина С. К. Технология мясных продуктов с использованием сырья с большим количеством соединительной ткани / С. К. Апраксина // Мясные технологии. – 2004. – № 6 (18). – С. 4–6.
41. Апраксина С. К. К вопросу о перспективности использования коллагенсодержащего сырья в продуктах питания / С. К. Апраксина, Р. В. Кашенко, Е. И. Титов // Мясные технологии. – 2006. – № 11 (47). – С. 12–15.
42. Граф В. А. Производство казеината и использование его в мясной промышленности // Обзорная информация. Серия: Мясная промышленность. – М. : ЦНИИТЭИМясомолпром СССР, 1975. – №23. – 32 с.
43. Технология производства и использование растворимых молочнобелковых концентратов / [А. А. Соколов, Н. А. Гроностайская, Н. Ю. Алексеева и др.] // Обзорная информация. Серия: Цельномолочная промышленность. – М. : ЦНИИТЭИМясомолпром СССР, 1976. – № 8. – 173 с.
44. Янчева М. А. Разработка технологии комбинированных мясных изделий с использованием полифункционального препарата коллагена : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Янчева Марина Александровна. – Х., 2000. – 245 с.
45. Сунчалеев О. А. Влияние соевой муки на качество рубленых полуфабрикатов / О. А. Сунчалеев, Н. К. Журавская // Мясная индустрия. – 2001. – № 3. – С. 14–16.
46. Узаков Я. М. Совершенствование технологии вареных и копченых колбас / Я. М. Узаков, С. К. Апраксина, М. Х. Искаков // Мясные технологии. – 2005. – № 7 (31). – С. 31–32.
47. Хугаев Р. Р. Разработка технологии комбинированных мясных продуктов с учетом комплексообразования мышечных и растительных белков : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Хугаев Роланд Романович. – М., 2002. – 167 с.
48. Гурова Н. В. Влияние НМПАВ различной природы на свойства эмульсий, стабилизированных молочными белками / Н. В. Гурова // Пища, экология, человек : 3-я междунар. науч.-техн. конф. : сб. докл. – М., 1999.
49. Влияние препаратов лецитина и дистиллированного моноглицерида на устойчивость эмульсий, стабилизированным обезжиренным молоком / Н. В. Гурова, В. Н. Мальцева, А. А. Троицкий, А. М. Шалыгина // Перспективные направления научных исследований молодых ученых северо-запада России : сб. тезисов. – Вологда-Молочное : ВГМА, 1999. – С. 23.
50. Гурова Н. В. Физико-химические принципы технологий жидких белоксодержащих эмульсионных продуктов для специализированного питания : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.04, 05.18.07 / Гурова Наталья Викторовна. – М., 2003. – 341 с.
51. Колесникова Л. А. Использование казеината натрия при производстве котлет / Л. А. Колесникова, Н. Р. Успенская // Труды ВНИИМП. – 1977. – Вып. XL.

52. Сирохман И. В. Товарознавство м'яса і м'ясних товарів / И. В. Сирохман, Т. М. Лозова. – 2-ге вид., перероб. та доп. – К : Центр учбової літератури, 2009. – 378 с.
53. Осипова Л. Д. Разработка кулинарной продукции из рубленого мяса повышенной водо- и жирудерживающей способности : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Осипова Лидия Дмитриевна. – Орел, 2004. – 232 с.
54. Мансветова Е. В. Разработка технологии вареных колбасных изделий с использованием белково-жировых эмульсий на основе камедей : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Мансветова Елена Владимировна. – М., 2010. – 157 с.
55. Гребенщикова Т. Ю. Разработка технологии белково-углеводных-жировых эмульсий на основе экструдированной пшеничной муки и применение в производстве фаршевых мясных изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Гребенщикова Татьяна Юрьевна. – М., 2001. – 137 с.
56. Гомбожапова Н. И. Разработка технологии фаршевых консервов из конины с использованием белково-жировых эмульсий : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Гомбожапова Нина Ивановна. – Улан-Удэ, 2004. – 114 с.
57. Стаценко Е. Н. Разработка технологии вареных колбасных изделий с использованием молочно-растительных белково-углеводных препаратов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Стаценко Елена Николаевна. – Ставрополь, 2007. – 210 с.
58. Мирзаянова Е. П. Разработка технологии мясопродуктов категории «Халяль» с использованием растительных масел и молочного белково-углеводного концентрата «Лактобел-ЭД» : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Мирзаянова Екатерина Петровна. – Ставрополь, 2009. – 143 с.
59. Маннербергер А. А. Технология мяса и мясопродуктов / А. А. Маннербергер, Е. Ю. Миркин. – М. : Пищевая пром-сть, 1978. – 198 с.
60. Фурин М. В. Разработка рецептур и технологии замороженных полуфабрикатов на мясной основе нутриентноадекватных специфике здорового питания детей дошкольного возраста : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Фурин Михаил Владимирович. – М., 2005. – 156 с.
61. Кулакова С. Н. О растительных маслах нового поколения в нашем питании / С. Н. Кулакова, М. М. Еапаров, Е. В. Викторова // Масложировая промышленность. – 2005. – № 1. – С. 4–8.
62. Хамагаева И. С. Использование пробиотических культур для производства колбасных изделий / И. С. Хамагаева, И. Л. Ханхалаева, Л. И. Заиграева. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2006. – 204 с.
63. Бризанов Л. И. Десять лет работы с соевыми белками / Л. И. Бризанов, И. И. Овчинникова, А. Ф. Прожога // Мясные технологии. – 2006. – Вып. 2 (38).

64. Технологія м'яса та м'ясних продуктів / [М. М. Клименко, Л. Г. Віннікова, І. Г. Береза та ін.] ; за ред. М. М. Клименка. – К. : Вища освіта, 2006. – 640 с.
65. Авдєєва Л. Ю. Вдосконалення технології комбінованих м'ясних продуктів з використанням рослинних білків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.04 «Технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів» / Л. Ю. Авдєєва. – К., 2003. – 18 с.
66. Цымбал М. С. Разработка технологии вареных колбас с использованием пищевой добавки на основе каппа-каррагинана и амилозы : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Цымбал Михаил Сергеевич. – М., 2005. – 153 с.
67. Мухов Н. Е. Использование растительного сырья при производстве колбасных изделий / Н. Е. Мухов // Все о мясе. – 2004. – № 3. – С. 16–19.
68. Антиоксидантное действие растительных порошков на колбасные изделия / [Д. Л. Азин и др.] // Междунар. науч.-практ. конф. : материалы. – Челябинск, 2003. – С. 113.
69. Лебедева Л. И. Разработка технологии эмульгированных мясных продуктов с использованием модифицированной рисовой муки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Лебедева Людмила Ивановна. – М., 2003. – 129 с.
70. Штахова Т. А. Применение муки бобовых культур в технологии мясных рубленых полуфабрикатов повышенной биологической ценности : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Штахова Татьяна Анатольевна. – М., 2008. – 173 с.
71. Гащук О. І. Розробка технології реструктурованих шинкових виробів з використанням текстурованого квасолевого борошна : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.13 / Гащук Олександра Ізидорівна. – К., 2005. – 184 с.
72. Hoogenkamp H. W. Vegetable protein. Interactive technology and marketing for meat, poultry and lifestyle foods. Protein Technol. Intern. Inc., 1998.
73. Разработка полноценных мясных рубленых полуфабрикатов для школьного питания / [А. И. Украинец, В. Н. Пасичный, Л. В. Пешук и др.] // Мясной бизнес. – 2007. – № 3. – С. 98–101.
74. Кайнаш А. П. Технологія м'ясних продуктів з овочевими добавками : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.04 «Технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів» / А. П. Кайнаш. – Одеса, 2008. – 18 с.
75. Прокопенко В. И. Качественные показатели вареных колбас с БАД-ми из топинамбура / В. И. Прокопенко // Пищевая технология. – 2004. – № 1. – С. 21–23.
76. Шулбаева М. Т. Сохранение традиционных качеств пищевых продуктов при использовании пищевых волокон / М. Т. Шулбаева // Пищевая промышленность. – 2004. – № 5. – С. 16–17.
77. Steigman A. All Dietary Fiber is fundamentally functional / A. Steigman // Cereal foods world. – 2003. – Vol. 48. – P. 128–132.

78. Dunn J. A Practical Guide to the Correction of Iodine Deficiency / J. Dunn, F van der Haar (WHO / UNICEF Techn. Manual) // Netherlands : International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders. – 1990. – № 3. – P. 125.

79. Тимошенко Н. В. Мясные натуральные полуфабрикаты из говядины для питания детей дошкольного и школьного возраста / Н. В. Тимошенко, Н. Ф. Номероцкая, М. А. Асланова // Мясные технологии. – 2005. – № 9 (33). – С. 26–29.

80. Солдатова Н. Е. Новые вареные колбасные изделия для детского питания / Н. Е. Солдатова // Мясные технологии. – 2004. – № 8 (20). – С. 1–3.

81. Пат. 2275131 С1 RU, МПК¹ А 23 L 1/317, 1/30, 1/29, 1/31, 1/314. Способ приготовления мясных рубленых полуфабрикатов / Менухов Н. В., Азин Д. Л.; заявитель и патентообладатель Уральский государственный экономический университет (УрГЭУ). – № и 2004 133583/13 ; заявл. 17.11.2004 ; опубл. 27.04.2006, Бюл. № 6. – 3 с.

82. Пат. 2175207 С1 RU, МПК¹ А 23 L 1/317, 1/314, 1/31. Способ приготовления мясных или мясорастительных рубленых полуфабрикатов или фаршей / Андреев В. А., Сницарь А. И., Алехина Л. В., Ващук Е. А.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Аромарос-М». – № и 2001 102094/13 ; заявл. 25.01.2001 ; опубл. 27.10.2001, Бюл. № 6. – 3 с.

83. Пат. 2151526 С1 RU, МПК⁷ А 23 L 1/31. Способ производства мясных полуфабрикатов / Файвишевский М. Л., Крылова В. Б., Гребенщикова Т. Ю.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, Файвишевский Михаил Львович. – № и 1998 123280/13 ; заявл. 10.12.1998 ; опубл. 27.06.2000, Бюл. № 2. – 6 с.

84. Бледных А. В. Разработка технологии реструктурированных мясных продуктов с использованием каррагинанов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.04 «Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств» / А. В. Бледных. – М., 1998. – 25 с.

85. Лескова С. Ю. Разработка технологии йодированных белково-жировых эмульсий для производства вареных колбас : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Лескова Светлана Юрьевна. – Улан-Удэ, 2005. – 120 с.

86. Хлебников В. И. Разработка мясных рубленых полуфабрикатов с целью решения проблемы йододефицита / В. И. Хлебников, С. Ю. Дмитриенко // Мясные технологии. – 2004. – № 2 (14). – С. 4.

87. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / [Сост. : А. С. Ратушный, Л. А. Старостина, Н. С. Алекаев]. – М. : Экономика, 1982. – 720 с.

88. Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів: для підприємств громадського харчування всіх форм власності / [сост. : О. В. Шалимінов, Т. П. Дятченко, Л. О. Кравченко та ін.]. – К. : А.С.К., 2000. – 800 с.

89. Юхневич К. П. Сборник рецептур мясных изделий и колбас / К. П. Юхневич. – СПб. : Гидрометеиздат, 1996. – 322 с.
90. Юхневич К. П. Сборник рецептур мясных изделий и колбас / К. П. Юхневич, А. В. Галянский. – СПб. : Наука, 1998. – 300 с.
91. Дроздовская Л. И. Новейшие технологии в производстве полуфабрикатов / Л. И. Дроздовская // Мясные технологии. – 2007. – № 11 (59). – С. 39.
92. Шлыков С. Н. Производство полуфабрикатов на основе вариативности сырья [Электронный ресурс] / С. Н. Шлыков, А. Б. Кравец, О. В. Сычева // Мясные технологии. – 2010. – № 10 (94). – Режим доступа : <http://www.meatbranch.com/magazine/archive.html>.
93. Колызаева Н. Г. Мясозамещающие ингредиенты на основе молочных белков [Электронный ресурс] / Н. Г. Колызаева // Мясные технологии. – 2006. – № 11 (47). – Режим доступа : <http://www.meatbranch.com/magazine/archive.html>.
94. Мотина Н. В. Разработка пищевых композиций на основе модифицированного казеината натрия для эмульгированных мясных продуктов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07 / Мотина Наталья Владимировна. – М., 2007. – 143 с.
95. Технология пищевых продуктов / [под ред. д-ра техн. наук, проф. А. И. Украинца]. – К : Издательский дом «Аскания», 2008. – 736 с.
96. Рогов И. А. Справочник технолога колбасного производства / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Б. Е. Гутник. – М. : Колос, 1993. – 430 с.
97. Рогов И. А. Изготовление колбас и мясных деликатесов : пособие для предпринимателей, фермеров, домохозяек / И. А. Рогов, А. И. Жаринов. – М. : Профиздат, 1994. – 128 с.
98. Волков В. А. Коллоидная химия / В. А. Волков. – М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2001. – 640 с.
99. Сумм Б. Д. Основы коллоидной химии : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б. Д. Сумм. – М. : Академия, 2006. – 240 с.
100. Зимон А. Д. Коллоидная химия : учебник для вузов / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – М. : Химия, 1995. – 335 с.
101. Зонтаг Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем : [пер. с нем.] / Г. Зонтаг, К. Штрэнге. – Л. : Химия, 1973. – 151 с.
102. Дерягин Б. В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок / Б. В. Дерягин. – М. : Наука, 1986. – 204 с.
103. Козин Н. И. Применение эмульсий в пищевой промышленности / Н. И. Козин. – М. : Пищевая пром-сть, 1966. – 250 с.
104. Баран А. А. Устойчивость дисперсных систем: Дискуссия Фарадеевского общества в Бристолле / А. А. Баран, С. С. Духин // Коллоидный журнал. – 1991. – Т. 53, № 4. – С. 775–778.
105. Дерягин Б. В. О влиянии ПАВ на устойчивость дисперсных систем / Б. В. Дерягин // Коллоидный журнал. – 1993. – Т. 55, № 2. – С. 10–16.

106. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – М. : Химия, 1989. – 464 с.
107. Фролов Ю. Г. Основные соотношения термодинамической теории агрегативной устойчивости дисперсных систем / Ю. Г. Фролов // Коллоидный журнал. – 1987. – Т. 49, № 1. – С. 93–97.
108. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Химия, 1976. – 512 с.
109. Фролов Ю. Г. Энтропийный фактор агрегативной устойчивости ионностабилизированных коллоидных систем / Ю. Г. Фролов // Доклад АН СССР. – 1985. – Т. 283, № 4. – С. 942–946.
110. Духин С. С. Электропроводность и электрокинетические свойства дисперсных систем / С. С. Духин. – К. : Наук. думка, 1975. – 248 с.
111. Ребиндер П. А. Избранные труды: Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1979. – 382 с.
112. Хазенхютль Дж. Пищевые эмульгаторы и их применение / Дж. Хазенхютль, Р. Гартел ; пер. с англ. В. Д. Широкова ; под науч. ред. Т. П. Дорожкиной. – СПб : Профессия, 2008. – 288 с.
113. Коченкова И. И. Комплексное использование альгинатов в технологии мясных рубленых изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Коченкова Инна Игоревна. – М., 2002. – 198 с.
114. Емец В. Н. Пищевые добавки. Европейская классификация и описание / В. Н. Емец. – М. : ВАЭМ, 1998. – 198 с.
115. Нечаев А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – М. : Колос, 2001. – 256 с.
116. Сарафанова Л. А. Пищевые добавки : энциклопедия / Л. А. Сарафанова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 808 с.
117. Сарафанова Л. А. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы / Л. А. Сарафанова. – СПб. : Профессия, 2007. – 256 с.
118. Синергизм пищевых добавок / [Л. А. Сарафанова, А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова и др.] // Мясные технологии. – 2007. – № 4 (52). – С. 27–29.
119. Горяев М. И. Синтез и применение моноглицеридов / М. И. Горяев. – Алма-Ата : Наука, 1975. – 135 с.
120. Birnbaum H. The Monoglycerides: Manufacture, Concentration, Derivatives and Applications / H. Birnbaum // Bakers Digest 55. – 1981. – P. 6–18.
121. Texture in food. Vol. 1: Semi-solid foods / edited by Brian M. McKenna. – Cambridge England : Woodhead Publishing Limited, 2003. – P. 217–248.
122. Кушнир Ю. Эмульгаторы и эмульсии / Ю. Кушнир // Продукты & ингредиенты. – 2004. – № 1. – С. 16–19.
123. Ушкалова В. Н. Стабильность липидов пищевых продуктов /

В. Н. Ушкалова. – М. : Агропромиздат, 1988. – 152 с.

124. Питание & Здоровье. Эмульгаторы Segemett. Основная информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.him-holding.ru/pdf/sausage_emulsifiers_rus.pdf.

125. Корнилов А. Чем пахнет колбаса? / А. Корнилов // Продукты & ингредиенты. – 2009. – № 6. – С. 79.

126. Шубина Г. Мировой рынок ингредиентов для мясной промышленности / Г. Шубина // Продукты & Ингредиенты. – 2008. – № 1. – С. 63.

127. Чулкова Н. А. Добавки для производства эмульгированных мясных продуктов / Н. А. Чулкова, Д. Б. Светлаков // Мясные технологии. – 2006. – № 7 (43). – С. 31–32.

128. Нечаев А. П. Проблемы производителей пищевых ингредиентов / А. П. Нечаев // Мясные технологии. – 2007. – № 4 (52). – С. 24–26.

129. Терещук Л. В. Эмульгирующие системы в производстве молочно-жировых эмульсионных продуктов / Л. В. Терещук, И. Д. Савельев, К. В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 4 (19). – С. 59–64.

130. Использование эмульгаторов при производстве сосисок для школьного питания / Н. В. Криницкая, А. С. Латынин, Н. Ю. Герасимова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 1. – С. 101.

131. Дейниченко Г. В. Удосконалення процесів переробки м'ясної сировини в підприємствах харчування : монографія // Г. В. Дейниченко, О. О. Простаков, В. В. Дуб; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х. : Студцентр, 2003. – 349 с.

132. Малюк Л. П. Збірник нормативних документів державного регулювання у сфері ресторанного бізнесу / Л. П. Малюк, О. І. Черевко, Г. В. Дейниченко. – Х. : ПКФ «Фавор ЛТД», 2003. – 440 с.

133. Технология переработки жиров / [Н. С. Арутюнян, Е. П. Корнена, А. И. Янова и др.] ; под ред. проф. Н. С. Арутюняна. – 3-е изд. – М. : Пищепромиздат, 1999. – 452 с.

134. Тютюнников Б. Н. Химия жиров / Б. Н. Тютюнников. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Колос, 1992. – 448 с.

135. Мельник А. П. Отримання монодіацилгліцеридів з триацилгліцеридів соняшникової олії / А. П. Мельник, Т. В. Матвєєва, В. Ю. Панченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. праць. – Х., 2004. – № 41. – С. 56–60.

136. Мельник А. П. Дослідження кінетики утворення моно-, діацилгліцеринів і алкілкарбонамідів / А. П. Мельник, Т. В. Матвєєва, К. М. Діхтенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. праць. – Х., 2004. – № 13. – С. 119–122.

137. Демидов И. Н. Получение поверхностно-активных веществ методом

переэтерификации этиловых эфиров молочной кислоты с подсолнечным маслом / И. Н. Демидов, О. В. Белоус // Вестник Национального технического университета «ХПИ» : сб. науч. тр. – Х., 2010. – № 44. – С. 42–48.

138. Олія соняшникова. Технічні умови : ДСТУ 4492-2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 26 с. – (Національний стандарт України).

139. Спирт изопропиловый. Технические условия : ГОСТ 9805-84. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 16 с. – (Межгосударственный стандарт).

140. Гексан «Чистый для анализа» : ТУ 2631-003-05807999-98.

141. Реактивы. Калия гидроокись. Технические условия : ГОСТ 24363-80. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт).

142. Акаева Т. К. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Технология получения растительных масел : учеб. пособие / Т. К. Акаева, С. Н. Петрова. – Иваново : ГОУВПО, 2007. – 124 с.

143. М'ясо. Яловичина та телятина в тушах, півтушах і четвертинах. Технічні умови : ДСТУ 6030:2008. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 18 с. – (Національний стандарт України).

144. Продукты из шпика свиного. Технические условия : ОСТ 4938-85. – [Действующий с 1986-01-07]. – М. : Изд-во стандартов, 2006. – 18 с.

145. Чижикова Т. В. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов / Т. В. Чижикова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 302 с.

146. Технологии пищевых производств / [А. П. Нечаев, И. С. Шуб, О. М. Аношина и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. – М. : КолосС, 2005. – 768 с.

147. Сіль кухонна. Загальні технічні умови : ДСТУ 3583-97. – [Чинний від 1998-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 1998. – 16 с. – (Національний стандарт України).

148. Перець (*Piper nigrum* L.) горошком чи змелений. Технічні умови. Ч. 1. Чорний перець (ISO 959-1:1998, IDT) : ДСТУ ISO 959-1:2008. – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 16 с. – (Національний стандарт України).

149. Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография. В 2 т. Т. 2 : [пер. с англ.] / Ю. Кирхнер. – М. : Мир, 1981. – 525 с.

150. Максимец В. П. Обоснование и совершенствование методов контроля качества пищевых продуктов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.13, 05.18.16 / Максимец Виталий Павлович. – Х., 1989. – 339 с.

151. Техника и технологии производства и переработки растительных масел : учебное пособие / С. А. Нагорнов, Д. С. Дворецкий, С. В. Романцова, В. П. Таров. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.

152. Крищенко В. П. Ближняя инфракрасная спектроскопия / В. П. Крищенко. – М. : КРОН-ПРЕСС, 1997. – 638 с.

153. Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии / Ю. А. Пентин, Л. В. Вилков. – М. : Мир : ООО «Издательство АСТ», 2003. – 683 с.
154. Штерн Э. Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии / Э. Штерн, К. Тиммонс ; пер. с англ. Т. М. Ивановой ; под ред. Ю. А. Пентина. – М. : Мир, 1974. – 296 с.
155. Kim R. S. Comparison of analytical method for monitoring autoxidation profiles of authentic lipids / R. S. Kim // J. Lipid. Res. – 1987. – Vol. 28. – P. 1110–1117.
156. Берчфильд Г. Газовая хроматография в биохимии / Г. Берчфильд, Э. Сторс. – М. : Мир, 1964. – 483 с.
157. Жири тваринні та рослинні й олії. Метод визначення кислотного числа та кислотності (ISO 660:1996, IDT) : ДСТУ ISO 660:2009. – [Чинний від 2011-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 12 с. – (Національний стандарт України).
158. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення числа омилення (ISO 3657:2002, IDT) : ДСТУ ISO 3657:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с. – (Національний стандарт України).
159. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення йодного числа (ISO 3961:1996, IDT) : ДСТУ ISO 3961:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с. – (Національний стандарт України).
160. Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа : ДСТУ 4570:2006. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 10 с. – (Національний стандарт України).
161. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення показника заломлення (ISO 6320:1995, IDT) : ДСТУ ISO 6320:2001. – [Чинний від 2003-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2002. – 11 с. – (Національний стандарт України).
162. Абрамзон А. А. Некоторые особенности стабилизации эмульсий высокомолекулярными ПАВ / А. А. Абрамзон, И. В. Абрамова // Коллоидный журнал. – 1972. – Т. 34, вып. 3. – С. 444–446.
163. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение / А. А. Абрамзон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1981. – 304 с.
164. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества : справочник / [А. А. Абрамзон, Л. Е. Боброва, Л. П. Зайченко и др.]. – Л. : Химия, 1984. – 392 с.
165. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / под ред. Ю. Г. Фролова и А. С. Гродского. – М. : Химия, 1986. – 216 с.
166. Griffin W. G. Hydrophilic-Lipophilic balance of the oily phase and emulgator / W. G. Griffin // J. Soc. Cosmetic Chemists. 1999. – Vol. 1, № 5. – P. 311.
167. Griffin W. C. Emulsions / W. C. Griffin // Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. – 1965. – 2nd ed., Vol. 8. – P. 117–154.
168. Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленого мяса. Правила приемки и методы испытаний : ГОСТ 4288-76. – [Введ. 1977-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 14 с.
169. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для

определения содержания токсичных элементов : ГОСТ 26929-94. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 10 с. – (Межгосударственный стандарт).

170. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26668-85. – М. : Изд-во стандартов, 2008. – 4 с.

171. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26669-94. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 9 с.

172. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов : ГОСТ 26670-91. – [Введ. 1993-01-01]. – М. : Стандартинформ, 2005. – 7 с.

173. Ресторанне господарство. Терміни та визначення : ДСТУ 3862:99. – [Чинний від 1999-01-10]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 40 с. – (Національний стандарт України).

174. Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні посічені. Технічні умови : ДСТУ 4437:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с. – (Національний стандарт України).

175. Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки : ГОСТ 9959-91. – М. : Стандартинформ, 2006. – 9 с.

176. Продукти м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Ч. 2. Загальні вимоги : ДСТУ 4823.2:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 14 с. – (Національний стандарт України).

177. М'ясо та м'ясопродукти. Визначення вмісту хлоридів. Ч. 2. Потенціометричний метод (ISO 1841-2:1996, IDT) : ДСТУ ISO 1841-2:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с. – (Національний стандарт України).

178. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод) (ISO 1442:1997, IDT) : ДСТУ ISO 1442:2005. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 9 с. – (Національний стандарт України).

179. М'ясо та м'ясні продукти. Визначення вмісту азоту (контрольний метод) (ISO 937:1978, IDT) : ДСТУ ISO 937:2005. – [Чинний від 2007-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 10 с. – (Національний стандарт України).

180. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту жиру (ISO 1443:1973, IDT) : ДСТУ ISO 1443:2005. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 9 с. – (Національний стандарт України).

181. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки загальної золи (ISO 936:1998, IDT) : ДСТУ ISO 936:2008. – [Чинний від 2008-01-09]. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 10 с. – (Національний стандарт України).

182. Антипова Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова. – М. : Колос, 2001. – 376 с.

183. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : метод. посібник / [А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 63 с.
184. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник / под ред. Ю. А. Мачихина. – М. : Агропомиздат, 1990. – 271 с.
185. Горбатов А. В. Реология мясных и молочных продуктов / А. В. Горбатов. – М. : Пищевая пром-сть, 1979. – 383 с.
186. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / [А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и др.] ; под ред. А. В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.
187. Аналитические методы белковой химии / под ред. В. Н. Ореховича. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1963. – 644 с.
188. Шабанова Н. А. Методические указания к лабораторным занятиям спецкурса «Обмен аминокислот». Методы количественного определения белков и продуктов обмена / Н. А. Шабанова. – Х. : ХГУ, 1984. – 74 с.
189. Методические указания по определению общего азота, азота органического и солей аммония в продуктах питания, кормах и окружающей среде. – К. : Укргосхимкомиссия, 1995. – 24 с.
190. Барковский В. Ф. Основы физико-химических методов анализа / В. Ф. Барковский, Т. Б. Городенцева, Н. Б. Топорова ; под ред. В. Ф. Барковского. – М. : Высш. школа, 1993. – 247 с.
191. Скурихин И. М. О методах определения содержания минеральных веществ в продуктах / И. М. Скурихин // Вопросы питания. – 1981. – № 2. – С. 10–15.
192. Продукты пищевые. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов : ГОСТ 10444.15-94. – [Введ. 1996-01-07]. – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 7 с.
193. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення *Salmonella* (EN 12824:1997, IDT) : ДСТУ EN 12824:2004. – [Чинний від 2005-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 25 с.
194. Мікробіологічні нормативи та методи контролю продукції громадського харчування [Електронний ресурс] : ДСП 4.4.5.078-2001. – Режим доступу : <http://document.ua/dsp-4.4.5.078-2001-srrsdoc-srh2000148368.html>.
195. Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути (С изменением №1) : ГОСТ 26927-90. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 15 с.
196. Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка (С изменением №1) : ГОСТ 26930-86. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 16 с.
197. Сырье и продукты пищевые. Метод определения меди (С изменением №1) : ГОСТ 26931-86. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 12 с.
198. Сырьё и продукты пищевые. Метод определения свинца (С изменением №1) : ГОСТ 26932-86. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 15 с.

199. Сырьё и продукты пищевые. Метод определения кадмия : ГОСТ 26933-86. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 16 с.
200. Сырьё и продукты пищевые. Метод определения цинка (С изменением №1) : ГОСТ 26934-86. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 15 с.
201. Сырьё и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов : ГОСТ 30178-96. – [Введ. 1998-01-07]. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 24 с.
202. Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка [Электронный ресурс] : МУК 2.6.1.1194-03. // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200032527>.
203. Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови (ISO 6658:1985, IDT) : ДСТУ ISO 6658:2005. – [Чинний від 2006-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 26 с. – (Національний стандарт України).
204. Дослідження сенсорне. Словник термінів (ISO 5492:1992, IDT) : ДСТУ ISO 5492:2006. – [Чинний від 2007-01-10]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 42 с. – (Національний стандарт України).
205. Дослідження сенсорне. Ідентифікація та вибирання дескрипторів для створення сенсорного спектру за багатобічного підходу (ISO 11035:1994, IDT) : ДСТУ ISO 11035:2005. – [Чинний від 2007-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 34 с. – (Національний стандарт України).
206. Сенсорный анализ. Методология. Метод профиля текстуры [Электронный ресурс] : ISO 11036:1994. – Режим доступа : http://www.ars_russia.com.
207. Касилова Л. А. Методические указания по теме «Изучение методики отработки рецептур на кулинарную продукцию» / Л. А. Касилова, Л. Н. Крайнюк. – Х. : ХГАТОП, 1997. – 16 с.
208. Методика разработки рецептур на новые и фирменные блюда (изделия) на предприятиях общественного питания. – М. : ВНИИОП, 1991. – 19 с.
209. Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Основні положення : ДСТУ 3946-2000. – [Чинний від 2001-01-01]. – К : Держстандарт України, 2000. – 7 с. – (Національний стандарт України).
210. Про порядок розробки та затвердження технологічної документації на фірмові блюда, кулінарні і борошняні кондитерські вироби на підприємствах громадського харчування [Електронний ресурс] : наказ № 210. – Режим доступу : www.zakon.rada.gov.ua.
211. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / [О. Н. Сафонова, Ф. В. Перцевой, О. А. Гринченко та ін.]. – Х. : ХГАТОП, 2000. – 200 с.
212. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. П. Грачев. – М. : Пищевая пром-сть, 1979. – 200 с.

213. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания : метод. указания / А. С. Ратушный, В. Г. Топольник. – М. : Рос. экон. акад. им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.
214. Ратушный А. С. Оценка качества кулинарной продукции (вопросы прикладной квалиметрии) / А. С. Ратушный, В. Г. Топольник. – М. : Рус. кулинария, 1991. – 182 с.
215. Экономика, организация и планирование промышленного производства: учеб. пособие для вузов / [Н. А. Лисицын, Ф. П. Висюлин, В. И. Выборнов и др.] ; под общ. ред. Н. А. Лисицина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1990. – 446 с.
216. Осейко М. І. Технологія рослинних олій / М. І. Осейко. – К. : Варта, 2006. – 280 с.
217. Неницеску К. Д. Органическая химия. В 2 т. Т. 1 / К. Д. Неницеску ; пер. с румын. Л. Бырлэдяну ; под ред. М. И. Кабачника. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1962. – 863 с.
218. Васильева Г. Ф. Дезодорация масел и жиров / Г. Ф. Васильева. – СПб. : ГИОРД, 2000. – 192 с.
219. Краткий справочник физико-химических величин / [сост. : Н. М. Барон, А. А. Равдель, З. Н. Тимофеева, А. М. Пономарева]. – Изд-е десятое, испр. и доп. – СПб. : Иван Федоров, 2003. – 240 с.
220. Отто М. Современные методы аналитической химии. В 2 т. Т. 2 / М. Отто ; пер. с нем. под ред. А. В. Гармаш. – М. : Техносфера, 2003. – С. 64.
221. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення залишкового вмісту технічного гексану (ISO 9832:2002, IDT) : ДСТУ ISO 9832:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 12 с. – (Національний стандарт України).
222. Пат. 15040 Україна, МПК^б А 23 D 7/02. Спосіб одержання жирових фаз, що містять емульгатори зворотних емульсій / Кривич В. С., Мурликіна Н. В. ; заявники і патентовласники Кривич В. С., Мурликіна Н. В. – № u 2005 11389 ; заявл. 01.12.2005 ; опубл. 15.06.2006, Бюл. № 6. – 3 с.
223. Измайлова З. Н. Структурообразование в белковых системах / З. Н. Измайлова, П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1974. – 268 с.
224. Рогов И. А. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов / И. А. Рогов, А. В. Горбатов, В. Я. Свинцов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 319 с.
225. Падохин В. А. Физико-механические свойства сырья и пищевых продуктов : учеб. пособие / В. А. Падохин, Н. Р. Кокина ; Иван. гос. хим.-технол. ун-т, Ин-т химии растворов РАН. – Иваново, 2007. – 128 с.
226. Производство мясной продукции на основе биотехнологии / [под общ. ред. акад. РАСХН Н. Н. Липатова. – М. : ВНИИМП, 2005. – 369 с.

227. Некрасов П. О. Бактерицидні властивості діацилгліцеринів ω -3 ненасичених жирних кислот / П. О. Некрасов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Нові рішення в сучасних технологіях : темат. вип. зб. наук. праць. – Х., 2008. – № 43. – С. 32–36.

228. Бережной Н. Г. Роль современных методов сенсорного анализа при разработке и продвижении новых продуктов на рынке / Н. Г. Бережной // Молочная промышленность. – 2005. – № 4. – С. 34–36.

229. М'ясні напівфабрикати. Емульгатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.vianoks.com.ua/myasnye-polufabrikaty/item/emulgatory.html>.

230. Козлов А. В. Мясные изделия: как грамотно экономить / А. В. Козлов // Мясная индустрия. – 2010. – № 3. – С. 48–50.

231. Чивикина Т. Эмульгаторы и стабилизаторы Лемаль // Мясная сфера. – 2011. – № 1 (80). – С. 74–75.

232. Каталог пищевых добавок производства фирмы «ВАН ХЕЕС ГмбХ», [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.van-hees.com/assets/files/pdf/Catalogue_VHRus_2011_July.pdf.

233. Технологические рекомендации по применению комплексной пищевой добавки (стабилизатора-эмульгатора) «Стар-Гель 30» при производстве мясных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.starhold.ru/content/view/347/148/>.

234. Каталог компанії «Агросмак» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://agrosmak.ua/ru/catalog>.

235. Каталог компании «Аромарос-М» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://aromaros.ru/catalog/>.

236. Мурликіна Н. В. Використання емульгаторів у технологіях м'ясних продуктів / Н. В. Мурликіна, М. О. Янчева // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Х., 2014. – Вип. 6/10 (72). – С. 44–49.

237. Мурликіна Н. В. Вивчення окисної стабільності емульгаторів ацилгліцеринної природи / Н. В. Мурликіна // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2014. – Вип. 2 (20). – С. 336–345.

238. Study of the structure of food emulsifiers of acylglycerine origin by infrared spectroscopy / N. Murlykina, O. Upatova, M. Yancheva, O. Ukleina, M. Murlykina // Ukrainian journal of food science / National University of Food Technologies. – Kyiv, Ukraine : NUFT, 2014. – Vol. 2. Issue 2. – P. 182–188.

Наукове видання

МУРЛИКІНА Наталя Віталіївна
ЯНЧЕВА Марина Олександрівна

**ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ
ЕМУЛЬГАТОРІВ АЦИЛГЛЦЕРИННОЇ ПРИРОДИ
У ТЕХНОЛОГІЯХ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ**

Монографія

Редактор Л. Ю. Кротченко

Підп. до друку 06.06.2015 р. Формат 60 x 84 1/16. Папір офсет.
Друк офсет. Ум. друк. арк. 12,9 Тираж 300 прим. Поз. 267/98

Видавець і виготівник
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, Харків, 61051
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4417 від 10.10.2012 р.