

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**НАРІЖНИЙ СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ**

УДК 664.3.033.1

**РОЗРОБКА РЕЖИМІВ ОДЕРЖАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО СТІЙКИХ ЕМУЛЬСІЙ  
ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СПРЕДІВ**

05.18.04 – технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Одеса-2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Технологічному інституті молока та м'яса Національної академії аграрних наук України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, головний науковий співробітник **Гуляєв-Зайцев Сергій Сергійович**, Технологічний інститут молока та м'яса НААНУ, головний науковий співробітник відділу технології масла.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, старший науковий співробітник, заслужений діяч науки і техніки, двічі лауреат Державної премії України **Шурчкова Юлія Олександрівна**, Інститут технічної теплофізики НАН України, головний науковий співробітник відділу тепломасообміну в дисперсних системах.

кандидат технічних наук, доцент **Шарахматова Тетяна Євгенівна**, Одеська національна академія харчових технологій, кафедра технології молока і молочних продуктів, старший викладач.

Захист відбудеться “ 5 ” квітня 2012 р. о \_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.02 при Одеській національній академії харчових технологій за адресою: вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039 аудиторія А 234.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій, за адресою: вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039.

Автореферат розісланий “ 5 ” березня 2012 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
д.т.н., професор

Станкевич Г.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Технологічна операція емульгування рослинних жирів нині вивчена слабо, недостатньо обґрунтовано параметри отримання стійких жирових емульсій прямого типу, а відомі режими одержання таких емульсій мають скоріше емпіричний характер. Не оптимізовано технологічні та енергетичні параметри отримання емульсій, не оцінено їх вплив на стійкість жирових дисперсій. При цьому, слід також враховувати, що в маслоробній галузі, на відміну від маргаринової, технологія спредів передбачає одержання емульсій прямого типу “жир у воді”.

У виробництві спредів для диспергування жирової фази використовують найрізноманітніші емульгуючі пристрої: гомогенізатори, емульсори роторного типу, відцентрові насоси. Останні досить поширені, однак не завжди забезпечують отримання емульсій необхідної дисперсності, що негативно впливає на якість готових продуктів і призводить до значних втрат жиру.

Одним із перспективних напрямів розробки обладнання для емульгування жирів є використання роторних пристроїв, однак питання отримання емульсій, необхідної технологічної стійкості з їх застосуванням, практично не досліджене.

Фактично немає даних про перебіг диспергування з використанням роторно-вихрових емульгуючих пристроїв. Не досліджено вплив ряду факторів (тривалості та інтенсивності механічного впливу, температури диспергування, складу і властивостей жирової системи) на емульгування жирів у пристроях роторного типу. Не встановлено ролі таких безумовно важливих факторів, які визначають хід диспергування жиру і стабільність емульсії прямого типу, як масова частка поверхнево-активних речовин (ПАР) і жирової фази в емульсії. Відомості про вплив вакуумування на емульгування також дуже обмежені й суперечливі.

Таким чином, через брак знань досі не розроблено науково обґрунтованих режимів одержання жирових емульсій прямого типу з оптимальними властивостями стабільності й дисперсності жирової фази.

Вирішення цієї проблеми дає можливість отримати відповіді в зазначених напрямках. Крім того, розширюється практика використання рослинних жирів зокрема при виробництві морозива, десертів, згущених, сирних, сметанних та інших продуктів. Отже, дослідження емульгування жирів є актуальним, а отримані результати мають досить широку сферу застосування.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до науково-технічної програми Національної академії аграрних наук України (НААНУ) 2006...2010 рр., у межах науково дослідної роботи на тему: "Дослідити процеси емульгування рослинних і молочного жирів, розробити способи й параметри одержання технологічно стійких жирових емульсій" (державний реєстраційний номер 0108U0005561), де здобувач був відповідальним виконавцем.

Дисертаційна робота виконана в ТІММ НААНУ. Дослідження емульгування жирів, а також визначення показників стійкості емульсій проводили у відділі технології масла, оцінку ступеня дисперсності жирової фази емульсій – у відділі біотехнології ТІММ.

**Метою дисертаційної роботи** є вдосконалення технології спредів шляхом розробки науково обґрунтованих режимів емульгування жирів.

Відповідно до сформульованої мети роботи було визначено такі основні *завдання*:

- провести інформаційно-патентний пошук з питань технології й обладнання для отримання жирових емульсій;
- виготовити дослідний зразок лабораторної установки на базі емульсора роторного типу;
- дослідити емульгування молочного й рослинних жирів у пристрої роторного типу, встановити закономірності формування емульсій прямого типу й вивчити їх стійкість;
- з'ясувати вплив основних технологічних і енергетичних параметрів (тривалості диспергування та інтенсивності механічного впливу, масової частки ПАР і жирової фази в емульсії, складу і властивостей жирової системи, температури і вакуумування) на дисперсність та стабільність емульсій;
- визначити вплив досліджуваних факторів на енергетичні витрати для отримання стійких жирових емульсій за допомогою пристрою роторного типу;
- встановити зміни показників окиснення жирів в ході термомеханічного оброблення;
- розробити науково обґрунтовані режими термомеханічного оброблення жирових систем з метою одержання технологічно стійких емульсій прямого типу.

*Об'єкт досліджень* – технологія жирових емульсій.

*Предмет досліджень* – емульсії молочного й рослинних жирів з масовою часткою жирової фази 3,5...72,5 %.

*Методи досліджень.* Роботу виконано на спеціально змонтованій експериментальній установці. У ході виконання експериментальної частини роботи використовували фізико-хімічні методи досліджень структурно-механічних показників емульсій, їх стійкості й ступеня дисперсності. Для визначення фізико-хімічних і органолептичних показників компонентів сировини, а також готової і вторинної продукції використовували стандартні, загальновідомі і модифіковані методи досліджень.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше одержано дані щодо кінетики емульгування жирів тваринного та рослинного походження у плазмі молока за допомогою пристрою роторного типу. Встановлено вплив на емульгування технологічних параметрів: тривалості диспергування й інтенсивності механічного впливу, масової частки ПАР і жирової фази, складу і властивостей жирової системи, температури і вакуумування. З'ясовано вплив цих факторів на енерговитрати в ході емульгування, та встановлено їх значення, що забезпечують отримання стійких дисперсій жиру в роторно-вихровому емульсорі. Визначено показники технологічної стійкості емульсій для обох методів виробництва спредів.

Вперше науково обґрунтовано оптимальні параметри одержання технологічно стійких емульсій у роторно-вихровому пристрої: масова частка ПАР – 0,6 %, температура емульгування 50...70 °С, потужність оброблення 155...220 Вт, швидкість ротора емульгуючого пристрою 3000 об/хв (18,8 м/с); тривалість оброблення 60...75 с; витрати енергії 1,9...3,3 кДж/кг.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати досліджень покладені в основу рекомендацій з одержання технологічно стійких жирових емульсій за допомогою пристрою роторного типу для виробництва спредів як методом сколочування жирової суміші, так і перетворення ВЖС, а також доповнень у технологічні інструкції з виробництва спредів обома методами. За вдосконаленими технологічними інструкціями працюють 15 молокопереробних підприємств. Дані, отримані в ході досліджень, використані для визначення вихідних вимог на розробку роторно-вихрового емульсора Я5-ОММ, призначеного для підготовки технологічно стійких жирових дисперсій. Проведено виробки продуктів з комбінованою жировою фазою в промислових умовах та встановлено технологічні параметри й енерговитрати для отримання стійких жирових емульсій за допомогою пристрою роторного типу.

Емульгування рослинних жирів використовується також при виробництві морозива, десертів, згущених, сирних, сметанних та інших продуктів, тому отримані результати знайдуть широку сферу застосування.

**Особистий внесок здобувача** полягає в підборі й аналізі літературних джерел за темою дисертаційної роботи, організації та проведенні експериментальних досліджень спільно з фахівцями відділів технології масла й біотехнології ТІММ, обробці та аналізі отриманих експериментальних даних. За участю автора розроблено рекомендації з одержання технологічно стійких жирових емульсій, внесено доповнення до технологічних інструкцій для обох методів виробництва спредів, а також за матеріалами роботи підготовлені до публікації статті.

Визначення мети й постановка завдань роботи, розроблення програми й методики досліджень, планування експериментів, аналіз і узагальнення отриманих результатів, формулювання висновків проведені разом з науковим керівником – д.т.н., проф., член-кор. НААНУ С.С. Гуляєвим-Зайцевим.

Перевірка технологічних розробок у промислових умовах виконані дисертантом за участі фахівців молокопереробних підприємств України. Особистий внесок дисертанта підтверджується поданими документами і науковими працями.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення дисертаційної роботи були представлені на: V Міжнародній науково-практичній конференції “Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація й економіка”, ДонНУЕТ (Донецьк 2007 р); VII Міжнародній конференції “Масложирова індустрія-2007”, ВНДІЖ (Санкт-Петербург 2007 р); Міжнародній науково-технічній конференції “Інноваційні технології, проблеми якості й безпеки сировини та готової продукції в м'ясній та молочній промисловості”, НУХТ (Київ 2007 р); II Міжнародному науково-практичному семінарі “Маргарини, майонези, спреди, харчові добавки”, Експоцентр (Москва 2008 р), організатори: ВНДІЖ, КубДТУ, УкрНДІ олій та жирів; XII Науковій конференції Тернопільського державного технічного університету, ТДТУ (Тернопіль 2008 р); Науково-практичній конференції молодих учених і фахівців “Досягнення молодих вчених у вирішенні актуальних проблем м'ясної та молочної галузей”, ТІММ (Київ 2009 р); Вчених радах ТІММ за результатами роботи щорічно в 2006-2008 рр.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 17 друкованих праць, зокрема 8 статей у фахових наукових виданнях, перелік яких затверджено ВАК України, 1 стаття у закордонному виданні, 6 тез доповідей на наукових та науково-практичних конференціях.

**Структура дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, 260 найменування (18 сторінок) і 15 додатків (64 сторінки). Роботу викладено на 132 сторінках друкованого тексту, який містить 62 рисунки (59 сторінок) та 12 таблиць (9 сторінок).

### **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** розглянуто стан проблеми, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, визначено мету і завдання досліджень, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, представлено відомості щодо особистого внеску автора, апробації та публікації результатів досліджень.

**У першому розділі «Емульгування жирів: технологія та обладнання (Огляд літератури)»** розглянуто різні теорії та гіпотези механізму диспергування, способи й методи готування тонкодисперсних жирових систем, а також фактори стійкості та їх стабілізуючий або дестабілізуючий вплив. Проаналізовано існуючі напрями апаратного оформлення емульгування й дослідження його різних режимів в апаратах відомих конструкцій. Висвітлено окисні процеси молочного й рослинних жирів.

**У другому розділі «Організація роботи й методи досліджень»** подано характеристику об'єкту і предмету, використаних методів, а також схему проведення досліджень (рис.1). Робота виконана в лабораторіях відділів технології масла і біотехнології Технологічного інституту молока й м'яса НААНУ, а також на молокопереробних підприємствах.

Для проведення досліджень розробили і змонтували експериментальну установку на базі емульсора Я5-ОЕА, оснащену засобами керування й вимірювання параметрів оброблення. Робочі органи лабораторного (Я5-ОЕА) і промислового (Я5-ОММ) емульсора мають однакові конструктивні параметри, що дозволило всі отримані в ході роботи дані застосувати в промислових умовах.

Для оцінки ступеня дисперсності і стабільності емульсій використовували методи: мікроскопіювання, найточніший і найпоширеніший для визначення гранулометричного складу емульсій; відстоювання, що характеризує стійкість жирових дисперсій проти флокуляції, коагуляції й утворення “вершкового” шару, та метод Фавстової, який дозволяє виразити міцність захисних шарів ліпопротеїнових оболонок жирових кульок (ЖК) і агрегативну стійкість емульсій проти коалесценції об'єктивним показником ступеня їхньої дестабілізації.

Точність отриманих результатів забезпечувалася 3...5-разовою повторністю дослідів, і підтверджена статистичним обробленням методами регресійного й дисперсійного аналізу за допомогою програми СПЛАЙН 3.3.2 відповідно до ДСТУ ISO 8466 (ч.1;ч.2). Графічне і математичне оброблення результатів проводили за допомогою програм Microsoft Excel 7.0, Harvard ChartXL for Windows XP.

**У третьому розділі «Експериментальна частина»** представлено результати експериментальних досліджень емульгування молочного й рослинних жирів у пристрої роторного типу, а також дані про вплив основних технологічних і енергетичних параметрів на дисперсність і стабільність емульсій.

Встановлено що, підвищення інтенсивності механічного впливу (з 1500 до 3000 об/хв, або з 63 до 175 Вт, відповідно) прискорює формування емульсій, за оцінкою їх як за відстоюванням, так і за кількістю дестабілізованого жиру (рис. 2 а). Ефективність

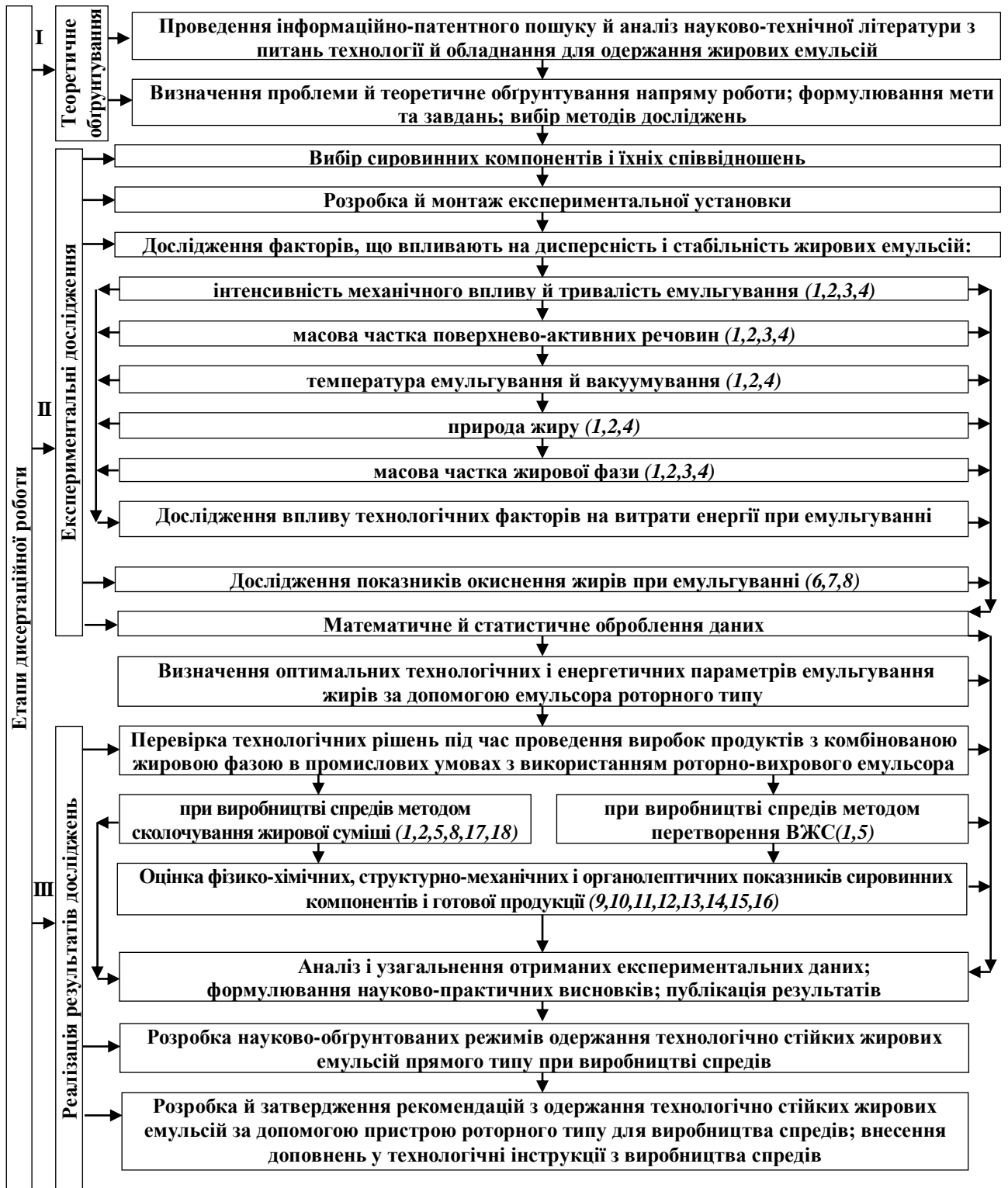


Рис. 1. Структурна схема проведення досліджень.

Примітка – умовні позначення методів визначення: 1-дестабілізації жиру; 2-стійкості емульсії за відстоюванням жиру; 3-ступеня дисперсності жирової фази емульсії; 4-стійкості емульсії центрифугуванням; 5-стійкості емульсії за швидкістю розшарування; 6-пероксидних чисел жиру; 7-стійкості молочного жиру до окиснення; 8-кислотності жиру; 9-числа Рейхерта-Мейссля; 10-йодного числа; 11-показника заломлення; 12-вмісту кристалічної фази молочного жиру за різних температур; 13-коефіцієнта термостійкості; 14-граничної напруги зсуву; 15-температури плавлення жирів; 16-органолептичної оцінки; 17-кислотності титриметричним методом; 18-щільності.

емульгування, досягає практично максимального рівня через 1,5 хв. При цьому за інтенсивності оброблення 3000 об/хв (18,8 м/с), показники стабільності, визначені обома методами, перебувають на рівні 30 %. За цей же час в емульгуючому пристрої (за швидкості ротора 1500...3000 об/хв) можна отримати тонкодисперсну жирову емульсію, ЖК якої за розмірами співставні з ЖК натуральних молочних вершків.

Емульгування жирів проходить циклічно – на тлі формування емульсії чергується зменшення розмірів ЖК (диспергування жирової фази) і збільшення їх (агрегація). При цьому зниження дисперсності жиру (в 1,5-3 рази) супроводжується підвищенням ступеня його дестабілізації (рис. 2 а). Частота зміни величини ЖК зростає зі збільшенням інтенсивності оброблення суміші.

Циклічність диспергування жиру наочно ілюструють криві зміни гранулометричного складу емульсії (рис. 2 б). Так, через 2 хв емульгування за інтенсивності оброблення 2500 об/хв. (15,7м/с) в емульсії переважали ЖК з діаметром 9 мкм і менше (об'єм жиру в ЖК діаметром понад 12 мкм становив 11 %), тоді як через 3 хв, за тієї ж інтенсивності оброблення, основна маса жиру (68 %) перебувала в ЖК розміром 13...19 мкм. Надалі, через 5 хв емульгування дисперсність знову підвищилася – у ЖК величиною 13 мкм містилося лише 9 % жиру. Цю закономірність підтверджують мікрофотографії ЖК емульсій, зроблені за різної інтенсивності й тривалості диспергування. Встановлені закономірності диспергування жирів збігаються з висновками П.О. Ребіндера і Л. Я. Крємнева, отриманими на інших системах.

Установлено, що після диспергування, в ході витримки в стані спокою за температури 65 °С дещо підвищується кількість дестабілізованого жиру. Отже, підвищення стійкості емульсій внаслідок орієнтування молекул ПАР на поверхні ЖК, або інших стабілізуючих процесів не відбувається. Однак після стабілізації емульсій впродовж години на рівні, наближеному до показників натуральних вершків відповідної жирності, їх стійкість майже не змінюється.

В міру підвищення масової частки емульгатора зростає стабільність емульсій (як з молочним жиром, так і ЗМЖ – рис.3) і відповідно скорочується раціональна тривалість оброблення. Так, при масовій частці ПАР – 0,6 % і вище для отримання стійкої, тонкодисперсної емульсії, з середнім діаметром ЖК – 1,7 мкм, кількістю дестабілізованого жиру – 6 %, та відстоюванням – 20 %, достатньо 1...1,25 хв диспергування, оскільки подальше оброблення практично не підвищує стійкості емульсії і є недоцільним.

Зі зменшенням масової частки ПАР від 1,2 % до 0,6 %, у межах середніх діаметрів ЖК до 2 мкм зростає відстоювання жиру за незначного підвищення ступеня його дестабілізації, а при подальшому зменшенні до 0,4 % в межах середніх діаметрів ЖК вище 2 мкм ці показники стрімко зростають, корелюючи між собою (рис. 4). Оптимальна масова частка ПАР (МГД+лецитин у співвідношенні 3:1), що забезпечує одержання технологічно стійких жирових емульсій за допомогою пристрою роторного типу, становить 0,6 %.

Температура проведення оброблення істотно впливає як на хід емульгування, так і на седиментаційну стійкість дисперсій жиру. Найвища ефективність емульгування забезпечується за 70 °С, і зі зниженням температури вона зменшується. При зниженні температури диспергування до 40 °С відстоювання жиру підвищується



удвічі (з 16 % до 33 %). Кількість дестабілізованого жиру в емульсіях, в діапазоні температур 40...70 °С, практично однакова і через 2 хв емульгування становить 16...20 %.

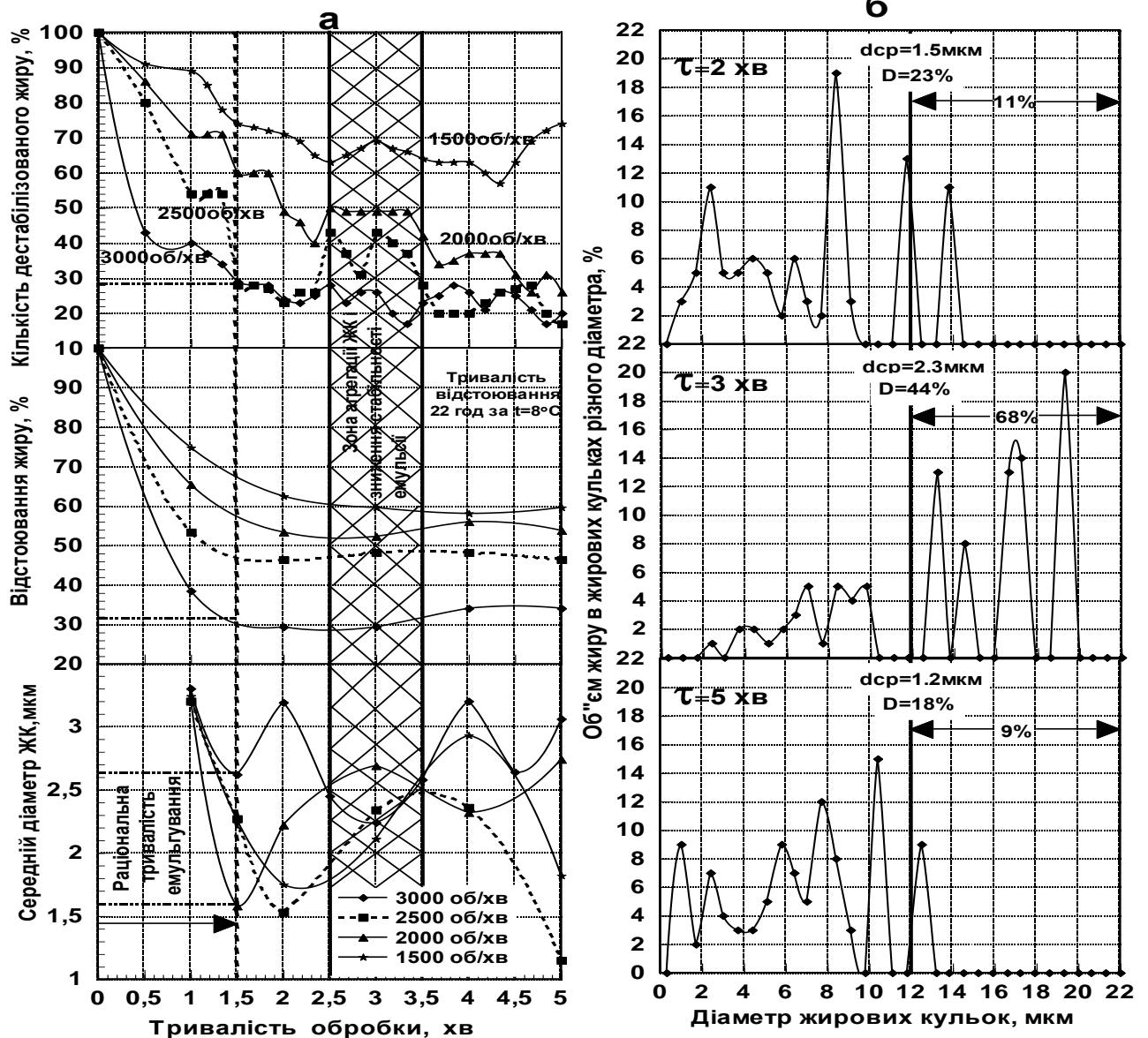


Рис. 2. Ступінь дисперсності і стабільності (а), та зміна гранулометричного складу (б) жирової емульсії в ході оброблення в емульгуючому пристрої.

Вакуумування (розрідження на рівні  $-0,06...0,08$  МПа) сповільнює диспергування жиру в пристрої роторного типу і зменшує стійкість отриманих емульсій, тому є недоцільним.

Ступінь дестабілізації емульсій на основі молочного жиру, а також ЗМЖ Олмікс 100АК і Феттімільк 02АК під час диспергування змінюється практично однаково, тобто емульгування цих жирів мало відрізняється. Менш стійкою є емульсія із ЗМЖ Делікон ЗТЛ №1. Формування емульсій з використанням згаданих вище жирів за відстоюванням також подібне, за винятком емульсії зі ЗМЖ Феттімільк 02АК, у якій кількість відстоюного жиру на 10...15 % більша.

Встановлено, що з підвищенням масової частки жиру в емульсіях зменшується його дисперсність при зростанні ступеня дестабілізації. Це є причиною збільшення раціональної тривалості оброблення. Так, емульсії з масовою часткою жирової фази 3,5...10 %, за інтенсивності оброблення 3000 об/хв, досягають стійкості, співставної з

показниками натуральних вершків відповідної жирності за 45 с, а через 1,25 хв емульгування дестабілізованого жиру в емульсіях немає. За цих же умов формуються досить стійкі емульсії з масовою часткою жиру 25 %. Рациональна тривалість диспергування емульсій жирністю 35 % становить 1,5 хв, при цьому ступінь

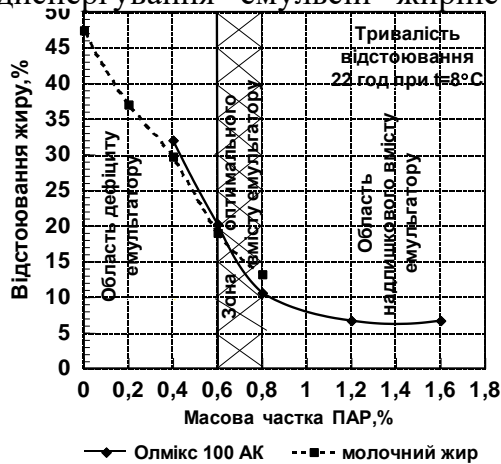


Рис. 3. Стабільність жирової емульсії залежно від вмісту ПАР ( $\tau=1,5$ хв).

температур пероксидні числа всіх зразків відповідали показникам свіжого жиру – понад 9 год витримування, а свіжого, але такого, що не підлягає зберіганню – 16 год. Така тривалість витримування жиру свідчить про його добру здатність до зберігання.

У міру підвищення інтенсивності механічного впливу (рис. 5) зростає і потужність: з 50 Вт при швидкості обертання ротора емульгуючого пристрою 1500 об/хв (9,5 м/с) до 140...200 Вт при швидкості 3000 об/хв (18,8 м/с). Зона підвищеної потужності оброблення (від 0,5 до 2,0 хв) збігається із зоною активного емульгування, очевидно

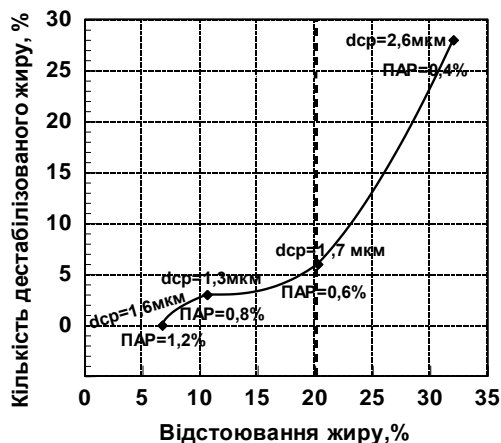


Рис. 4. Ступінь дисперсності і стабільності жирової емульсії залежно від вмісту ПАР ( $\tau=1,5$ хв).

Зміна потужності при емульгуванні жирів у досліджуваній області вмісту ПАР (від 0 % до 1,6 %) практично не спостерігається. Витрати енергії для одержання за допомогою пристрою роторного типу емульсій з необхідними властивостями стабільності й стійкості, за оптимального вмісту ПАР – 0,6 %, формування емульсії й доведення системи до постійних характеристик є на 30 % енерговитратнішим, ніж послідує оброблення вже сформованої жирової дисперсії.

Потужність оброблення, що забезпечує достатню стійкість емульсій (ступінь дестабілізації менше 30 %), перебуває на рівні 150...175 Вт і досягається вона при інтенсивності оброблення, яка відповідає швидкості ротора емульгуючого пристрою 2500...3000 об/хв (табл. 1). Оброблення емульсій в роторному пристрої з такою потужністю дозволяє вже через 1,5 хв отримати стійку жирову дисперсію. Витрати енергії при цьому становлять 3...4 кДж/кг і перевищувати вказаний рівень недоцільно, оскільки це не збільшує стійкості емульсій.

Доведено, що інтенсивне механічне оброблення (до 3000 об/хв) за високих температур (40...70 °С), з вакуумуванням і без нього, а також інші фактори, що впливають на емульсію впродовж 25 циклів диспергування, майже не змінюють показники окиснення її жирової системи. При визначенні (форсованим методом за  $t^{\circ}=101...103$  °С) здатності жиру, виділеного з отриманих емульсій, до зберігання, з'ясувалося, що за таких високих температур пероксидні числа всіх зразків відповідали показникам свіжого жиру – понад 9 год витримування, а свіжого, але такого, що не підлягає зберіганню – 16 год.

Така тривалість витримування жиру свідчить про його добру здатність до зберігання.

У міру підвищення інтенсивності механічного впливу (рис. 5) зростає і потужність: з 50 Вт при швидкості обертання ротора емульгуючого пристрою 1500 об/хв (9,5 м/с) до 140...200 Вт при швидкості 3000 об/хв (18,8 м/с). Зона підвищеної потужності оброблення (від 0,5 до 2,0 хв) збігається із зоною активного емульгування, очевидно формування емульсії й доведення системи до постійних характеристик є на 30 % енерговитратнішим, ніж послідує оброблення вже сформованої жирової дисперсії.

Потужність оброблення, що забезпечує достатню стійкість емульсій (ступінь дестабілізації менше 30 %), перебуває на рівні 150...175 Вт і досягається вона при інтенсивності оброблення, яка відповідає швидкості ротора емульгуючого пристрою 2500...3000 об/хв (табл. 1). Оброблення емульсій в роторному пристрої з такою потужністю дозволяє вже через 1,5 хв отримати стійку жирову дисперсію. Витрати енергії при цьому становлять 3...4 кДж/кг і перевищувати вказаний рівень недоцільно, оскільки це не збільшує стійкості емульсій.

становлять 1,9...3,3 кДж/кг (тривалість оброблення 60...75 с; потужність 155...220 Вт, за швидкості ротора емульгуючого пристрою 3000 об/хв [18,8 м/с]).

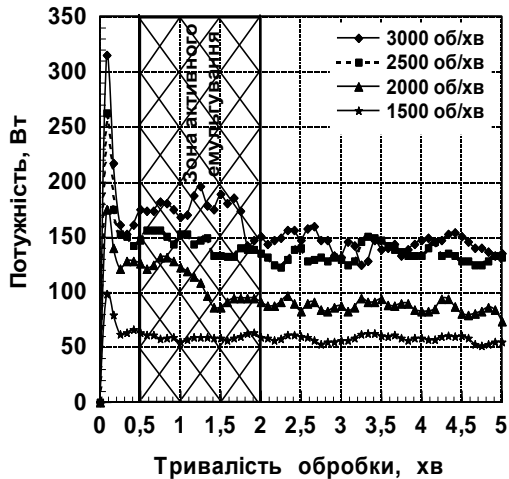


Рис. 5. Потужність оброблення в ході емульгування ( $t=65^{\circ}\text{C}$ ). витрат енергії порівняно з обробленням без вакууму. У такий спосіб вакуумування не

Встановлено, що зі зниженням температури емульгування потужність зростає, але в певних температурних межах (рис. 6). Наприклад, витрати енергії на емульгування впродовж 1,5 хв за температури  $40^{\circ}\text{C}$  становили 4,6 кДж/кг при середній потужності 255 Вт, що на 45 % більше, ніж за  $70^{\circ}\text{C}$  (3,1 кДж/кг, 174 Вт). Причиною цього, на нашу думку, є підвищення в'язкості емульсії зі зниженням температури емульгування.

Встановлено, що емульгування з вакуумуванням продукту призводить до підвищення на 30...35 %

Таблиця 1

**Ступінь дестабілізації жирових емульсій за різної інтенсивності оброблення в роторно-вихровому емульгуючому пристрої ( $n = 3, P \geq 95,0$ )**

Інтенсивність механічного оброблення, Вт (об/хв) [м/с]	Ступінь дестабілізації емульсій, %, через, хв обробки				
	0,5	1,5	2,5	3,0	4,5
63 (1500) [9,5]	91	74	65	69	63
125(2000) [12,6]	85	60	40	49	31
150(2500) [15,7]	80	28	25	43	27
175(3000) [18,8]	43	28	25	27	25

тільки знижувало стійкість одержуваних емульсій і сповільнювало диспергування, але й збільшувало витрати енергії на формування стійких жирових дисперсій.

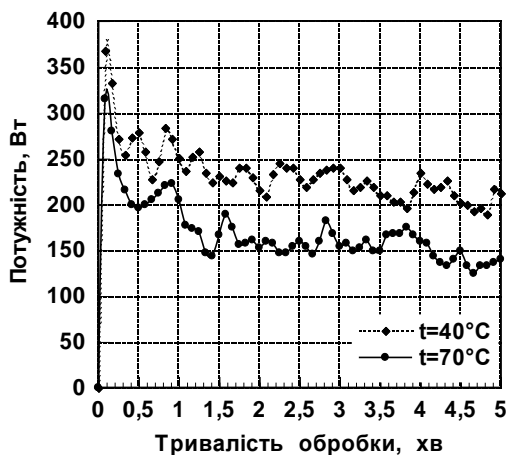


Рис. 6. Потужність оброблення в ході емульгування за різних температур.

Потужність оброблення при диспергуванні різних жирів, а також енерговитрати для отримання емульсій (незалежно від виду використаної жирової фази) високої стабільності і стійкості, були приблизно однаковими і становили 1,9...3,3 кДж/кг (тривалість оброблення 60...75 с із потужністю  $N=155...220$  Вт).

Потужність при емульгуванні також залежала від вмісту жирової фази в емульсіях і зростала в міру її підвищення з 3,5 до 35 % у 1,6 рази (2 кДж/кг, 115 Вт і 3,2 кДж/кг, 180 Вт, відповідно). Це, очевидно, можна пояснити підвищенням в'язкості емульсії при збільшенні їх жирності.

Для того, щоб отримати повнішу інформацію про перебіг емульгування проведено повний факторний експеримент, що враховує взаємний вплив тривалості диспергування в інтервалі від 15 с до 95 с (витрати енергії, при середній потужності оброблення 175 Вт, становили відповідно від 0,5 кДж/кг до 3,3 кДж/кг), масової частки ПАР – від 0,2 % до 1,0 % та температури оброблення від 40 °С до 70 °С на показники стабільності й дисперсності емульсій. Вибір даних факторів пояснюється їх найбільшим впливом на диспергування і, відповідно, на отримання технологічно стійких емульсій.

Результати експерименту дозволили визначити вплив вищеназваних факторів на зміни ступеня дисперсності й стабільності емульсій в ході емульгування.

У результаті математичного оброблення результатів експерименту одержано рівняння регресії, які виражають залежність ступеня дестабілізації ( $Y_1$ ), седиментаційної стійкості ( $Y_2$ ) та дисперсності жирової фази емульсії ( $Y_3$ ) від тривалості диспергування ( $x_1$ ), масової частки ПАР ( $x_2$ ) та температури оброблення ( $x_3$ ):

$$Y_1 = 8,62 - 21,2x_1 - 3,30x_2 - 1,80x_3 + 20,22x_1^2 + 2,72x_2^2 - 0,78x_3^2 + 1,75x_1x_2 + 0,25x_1x_3 - 0,25x_2x_3 - 0,25x_1x_2x_3$$

$$Y_2 = 27,04 - 21,8x_1 - 6,5x_2 - 5,9x_3 + 21,44x_1^2 + 3,94x_2^2 - 2,63x_1x_2 - 3,13x_2x_3 - 1,38x_1x_2x_3$$

$$Y_3 = 2,84 - 0,5x_1 - 0,57x_2 - 0,5x_3 - 0,18x_1^2 + 0,57x_2^2 - 0,18x_3^2$$

Отримані рівняння регресії є адекватними та відображають процес, що відбувався фактично. На основі аналізу одержаних рівнянь встановлено, що тривалість диспергування і відповідно енерговитрати істотніше впливають на показники стабільності й дисперсності емульсій ніж вміст ПАР та температура оброблення. Також, слід зауважити, що вплив даних факторів тісно взаємопов'язаний. Рациональні режими отримання емульсій жирністю 30...40 %, з дисперсністю і стабільністю, близькими до натуральних вершків, у роторно-вихровому емульгуючому пристрої наступні: температура емульгування – 50...70 °С, масова частка ПАР – 0,6 %, тривалість оброблення – 60...75 с, витрати енергії при потужності оброблення – 155...220 Вт становитимуть 1,9...3,3 кДж/кг.

У результаті статистичного оброблення отриманих результатів досліджень методами регресійного й дисперсійного аналізу, було визначено залежності між експериментальними даними, які мали лінійний і нелінійний характер. Перевірка результатів досліджень показала, що експериментальні дані можна описати нормальним законом розподілу. Сумарна відносна похибка випадкової складової похибки була незначною. Перевірка гіпотези про однорідність дисперсій за критерієм Фішера показала, що однорідність отриманих дисперсій задовільна (при  $P=0,95$ ). Відповідно до обчислених характеристик (дисперсія, середнє квадратичне відхилення, критерій Фішера) можна зробити висновок, що отримані регресії достовірні й відображають зв'язок між дослідженими параметрами. Апроксимаційні криві можуть бути використані для прогнозування, узагальнення й аналізу результатів, а також формулювання висновків.

На основі отриманих результатів встановлено ефективні технологічні та енергетичні параметри емульгування жирів за допомогою емульсора роторного типу.

У четвертому розділі «Реалізація результатів досліджень» викладено матеріали про проведення виробок продуктів з комбінованою жировою фазою в виробничих умовах із використанням експериментально-промислового роторно-вихрового емульсора Я5-ОММ.

На основі результатів, отриманих під час експериментальних досліджень емульгування жирів, а також аналізу відомих технічних рішень і експлуатаційних даних існуючого обладнання визначено технічні параметри і характеристики, які лягли в основу вихідних вимог на розробку емульсора роторного типу. За цими вимогами, з урахуванням попередніх розрахунків, колективом конструкторського підрозділу ТІММ (Єресько Г.О., Кимачинський С.І., Майборода Ю.В.) розроблено емульсор Я5-ОММ для підготовки технологічно стійких жирових дисперсій при виробництві спредів (рис 7).

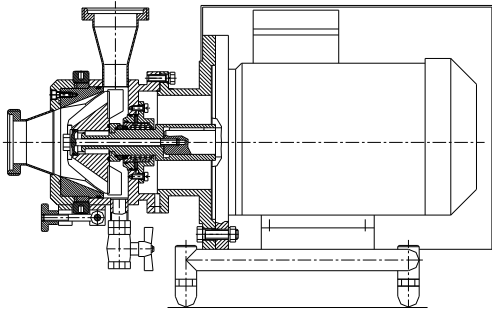


Рис. 7. Загальний вигляд емульсора.

Виробки молочно-жирових сумішей з різним вмістом жирової фази із застосуванням конструкції Я5-ОММ (параметри інших диспергуючих пристроїв узяті<sup>1</sup> для емульсій з масовою часткою жирової фази 3,5%) показали, що роторно-вихровий диспергуючий пристрій (табл. 2) має доволі високу продуктивність одержання тонкодисперсних жирових емульсій при порівняно низьких питомих витратах енергії, тому наразі є оптимальним для використання в промислових цілях. Розроблено і затверджено паспорт на емульсор марки Я5-ОММ-02.00.000.

Таблиця 2

### Порівняльна характеристика різних типів диспергуючих пристроїв

Тип диспергуючого пристрою	Продуктивність, л/год	Діаметр часток після оброблення, мкм	Потужність, кВт	Питома потужність приводу, кВт/м <sup>3</sup>
Клапанний, А1-ОГ2М	5000	0,8...2,5	37	7,4
Ультразвуковий	30	1,6	1,4	46,7
Сопловий, ОГВ	1000	1...1,25	4,4	4,4
Вихровий, на базі клапанного А1-ОГ2М	5000	0,77...1,05	19	3,8
Роторно-вихровий, Я5-ОЕА <sup>2</sup>	300	1...2,5	0,15-0,175	0,5...0,6
Роторно-вихровий, Я5-ОММ <sup>3</sup>	3500...4000	1...2,5	2,1	0,5...0,6
Роторно-вихровий, Я5-ОММ <sup>4</sup>	6000...7000	-	2,5	0,4

Для підтвердження отриманих лабораторних експериментальних даних, а також для визначення ефективності конструкції, проведено виробки продуктів з комбінованою жировою фазою в промислових умовах із використанням емульсора роторного типу у складі лінії для виробництва спредів як методом безперервного сколочування жирової суміші (на

<sup>1</sup> данні взято з наступного джерела: " Фиалкова, Е.А Гомогенизация. Новый взгляд: монография-справочник [Текст] / Фиалкова Е.А. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 392 с."

<sup>2</sup> При концентрації жирової фази в емульсії 3,5 ... 35%.

<sup>3</sup> При концентрації жирової фази в емульсії 35±5%.

<sup>4</sup> При концентрації жирової фази в емульсії 62,5...72,5%.

базі ЗАТ "Золотоніський маслоробний комбінат" і ДП "Старокостантинівський молочний завод), так і методом перетворення ВЖС (на базі ВАТ "Решетилівський маслозавод").

Установлено, що під час диспергування стабільність емульсії зростала (внаслідок підвищення дисперсності) і досягала практично максимального рівня після п'яти циклів оброблення (рис. 8). Після змішування емульсії з натуральними вершками показники стабільності сумішей досягали високого рівня: кількість дестабілізованого жиру становила менше 3 % при фактично повній відсутності відстоювання. З урахуванням цього, визначили параметри технологічної стійкості 35 %-вих жирових емульсій для виробництва спредів: кількість дестабілізованого жиру (за методом Фавстової) не повинна перевищувати 30 %; показник стійкості жирової дисперсії (за модифікованим методом відстоювання) також не більше 30 %; діаметр середньої ЖК ( $3\pm 1$ ) мкм.

Встановлено, що рівень технологічної стійкості емульсії при виробництві спредів методом сколочування жирової суміші має бути вищим, ніж при виробництві спредів методом перетворення ВЖС. Це зумовлено низкою факторів, основними з яких є різна масова частка жирової фази одержуваних емульсій, а також специфіка їх подальшого оброблення залежно від способу виробництва. Досягти ефективного емульгування ВЖС можна регулюванням швидкості подачі її компонентів і режиму роботи емульсора на завершальній стадії процесу.

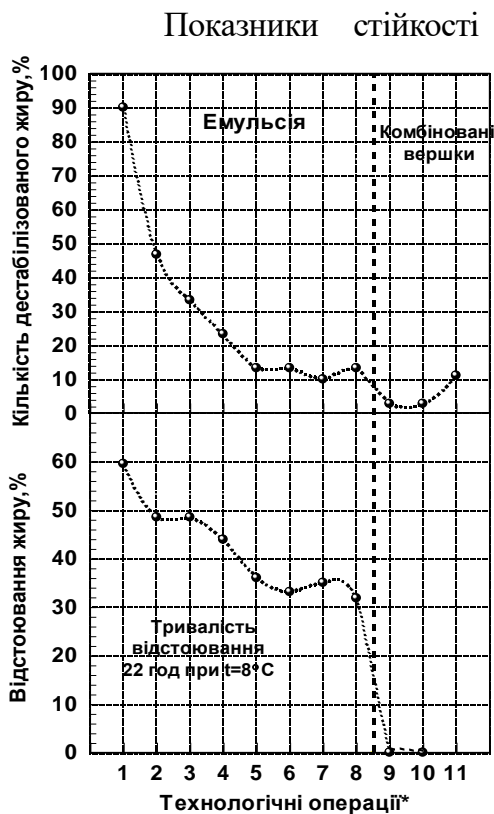


Рис. 8. Стабільність жирової емульсії при виробництві спредів методом безперервного сколочування (\*після: 1-8 – циклів емульгування; 9 - змішування; 10 – пастеризації і охолодження; 11 - дозрівання).

Величина тиску, створеного емульсором, залежить від зазору між ротором і статором, а також реологічних властивостей оброблюваного продукту. Потужність оброблення в процесі роботи емульсора практично не змінюється і становить ( $2,3\pm 0,2$ ) кВт.

Найбільш висока ефективність емульгування суміші в емульсорі Я5-ОММ досягалася за максимальної продуктивності перекачування і мінімального робочого зазору між ротором і статором 0,22 мм. Збільшення зазору зменшує інтенсивність оброблення і тому є недоцільним, як і створення протитиску на виході.

Продуктивність емульсора Я5-ОММ при мінімальному робочому зазорі, становить: на суміші з масовою часткою жиру 3,5...40 % (за температури 65 °С) – 18 м<sup>3</sup>/год, на суміші 62,5...72,5 % жиру (за температури 50 °С) – 10 м<sup>3</sup>/год. З огляду на

періодичний режим емульгування і доцільну кратність оброблення робоча продуктивність становить: для емульсії з масовою часткою жиру 62,5...72,5 % – 6...7 м<sup>3</sup>/год, а з масовою часткою жиру (35±5) % – 3,5...4 м<sup>3</sup>/год.

Отримані за допомогою Я5-ОММ емульсії, мали (при дотриманні рекомендованих нами режимів) необхідну технологічну стійкість і не дестабілізувалися впродовж усіх наступних технологічних операцій. Відхід жиру в маслянку, її кислотність і густина відповідали допустимим нормам. Із вироблених емульсій виготовили спреди солодковершкові "Золотоніський традиційний" 72,5 % жиру й "Фермерське" 72,5% жиру, а також суміші рослинно-вершкові "Полтавське несолоне" 70,5 % жиру й "Традиційна хатинка" 72,5 % жиру, які відповідали вимогам відповідної нормативної документації за всіма показниками якості.

У зразках вихідних жирів і виробленої продукції, були досліджені температура

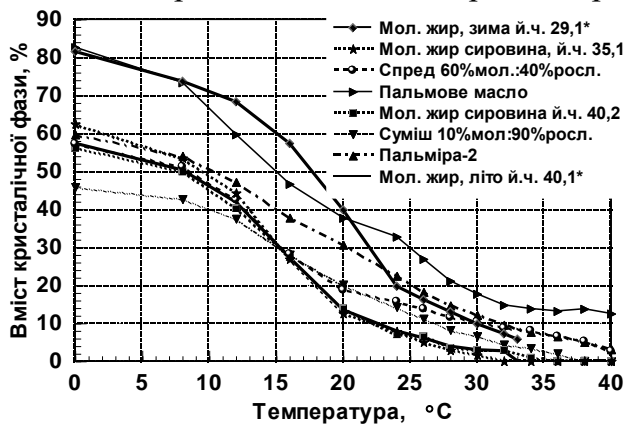


Рис. 9. Залежність вмісту кристалічної фази в жирах від температури.

жирі наближався, а за вищої температури перевищував такий для молочного жиру зимового періоду року (й.ч.=29,1%). За температури нижче 25 °C ЗМЖ Пальміра-2 мав близькі до молочного жиру фізичні властивості, а за вищої температури вміст кристалічної фази незначно перевищував такий для молочного жиру зимового періоду.

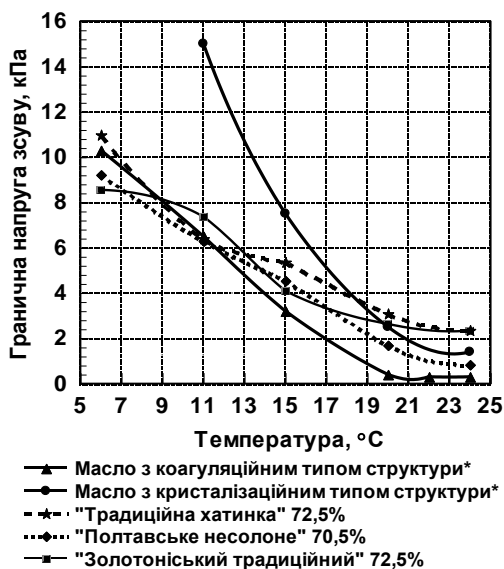


Рис. 10. Залежність граничної напруги зсуву від температури.

плавлення, показник заломлення, число Рейхерта-Мейссля і йодне число, а також оцінені органолептичні показники в лабораторії технології масла ТІММ. При визначенні коефіцієнтів термостійкості (за температури 29 °C) зразків були отримані хороші результати ( $K_T=88...97$ ).

Жири у використаній на підприємствах молочній сировині відповідали показникам, що визначаються дилатометричним методом (рис. 9), для молочного жиру літнього періоду року (й.ч.=40,1%). За температури нижче 20 °C вміст кристалічної фази в модифікованому пальмовому

жирові основи отриманих продуктів мають фізичні властивості, які укладаються в область, обмежену граничними кривими для молочних жирів літнього (й.ч.=40,1%) і зимового (й.ч.=29,1%) періодів року, лише за температури нижчої 15 °C вміст кристалічної фази в жирі рослинно-вершкової суміші з 90 %-вою заміною молочного жиру був дещо меншим. Отже, їх поведінка в ході емульгування незначно відрізняється від молочного жиру, а отриманий продукт за реологічними характеристиками наближається до показників натурального вершкового масла.

Гранична напруга зсуву зразків за температури 6...24 °C, перебувала на рівні показників високоякісного вершкового масла доброї консистенції (рис. 10).

\* данні взято з наступного джерела за дозволом його автора: "Гуляев-Зайцев С.С. Развитие научных основ процессов маслообразования, интенсификация существующих и разработка новых технологий в маслоделии. Дисс... доктора технических наук: 05.18.04 / С.С. Гуляев-Зайцев УкрНИИмясомолпром. – К., 1988. – 441 с."

Наведені вище результати свідчать про високий рівень якості продукції, виробленої з технологічно стійких емульсій, отриманих за допомогою емульсора роторного типу Я5-ОММ за умови дотримання рекомендованих нами технологічних режимів.

Порівняльні випробування емульсора Я5-ОММ із клапанним гомогенізатором А1-ОГМ5 і насосом Г2-ОБД щодо ефективності емульгування жиру показали, що економія електроенергії (за обсягів виробництва спредів 5 т і 10 т на добу) становить 44,1кВт/год і 17,5 кВт/год на добу, або (за річних обсягів виробництва спредів 1525 т і 3050 т) 13450,5 кВт/год і 5337,5 кВт/год на рік відповідно.

Таким чином, результати випробувань підтвердили дієвість і доцільність прийнятих конструкторських рішень, а також високу ефективність емульсора роторного типу Я5-ОММ, що є підставою для його експлуатації та серійного виробництва.

## ВИСНОВКИ

На підставі отриманих у дисертаційній роботі даних про закономірності формування жирових дисперсій у пристрої роторного типу, розроблено режими одержання технологічно стійких емульсій при виробництві спредів.

1. Показано, що емульгування жирів у молочній плазмі за допомогою пристрою роторного типу має циклічний характер: після отримання дисперсій із середнім розміром жирових кульок менше 4 мкм почергово відбуваються їх диспергування і агрегація, які супроводжуються відповідно збільшенням і зменшенням стабільності емульсій.

2. Встановлено, що зі збільшенням масової частки поверхнево-активних речовин скорочується тривалість диспергування, проте їх надлишок не підвищує стійкості емульсій. Визначено оптимальний вміст поверхнево-активних речовин – 0,6 %, який забезпечує отримання технологічно стійких жирових емульсій за допомогою пристрою роторного типу впродовж 60...75 с диспергування.

3. З'ясовано, що підвищення масової частки жирової фази в суміші (від 3,5 до 35%) сповільнює формування емульсії типу ж/в, оскільки при цьому зростає ступінь її дестабілізації (від 0 до 30 %) і відповідно тривалість ефективного емульгування (від 30 до 90 с). Встановлено, що використання як жирової фази різноманітних жирів істотно не впливає на емульгування ні за ефективністю диспергування, ні за раціональною тривалістю оброблення.

4. Показано, що емульгування жирів і доведення системи до постійних характеристик є енерговитратнішим, ніж подальше оброблення вже сформованих, практично стабільних емульсій. Перевищення витрат енергії на емульгування в пристрої роторного типу понад 3,0...4,0 кДж/кг є недоцільним, оскільки практично не підвищує стійкості емульсій. Доведено, що витрати енергії на емульгування відповідно зростають зі збільшенням швидкості обертання ротора диспергуючого пристрою, зниженням температури оброблення, а також підвищенням масової частки жирової фази. Вакуумування в ході диспергування є недоцільним, оскільки спонукає до підвищення енерговитрат, та знижує стійкість отриманих емульсій. Водночас



суттєвої різниці в енерговитратах для одержання емульсій різних видів жирів з різною масовою часткою поверхнево-активних речовин не встановлено.

5. Одержано залежності ступеня дисперсності й стабільності жирової фази емульсій від тривалості диспергування, масової частки поверхнево-активних речовин та температури оброблення. Вперше науково обґрунтовано оптимальні параметри отримання емульсій з масовою часткою жиру 30...40 %, з дисперсністю і стабільністю близькими до натуральних молочних вершків, у роторно-вихровому емульгуючому пристрої: температура емульгування – 50...70 °С, вміст поверхнево-активних речовин – 0,6 %, без вакуумування, потужність оброблення – 155...220 Вт, при швидкості ротора емульгуючого пристрою 3000 об/хв (18,8 м/с); тривалість оброблення – 60...75 с; витрати енергії при цьому становитимуть – 1,9...3,3 кДж/кг.

6. Доведено, що інтенсивне механічне оброблення 3000 об/хв (18,8 м/с), за високих температур (70 °С), з вакуумуванням (0,06...0,08 МПа) і без нього, а також інші фактори, що діють на емульсію в ході диспергування практично не впливають на показники окиснення її жирової системи.

7. Установлено, що після змішування з натуральними молочними вершками стійкість комбінованих емульсій значно зростає порівняно з дисперсією рослинних жирів, тому недоцільно доводити ступінь дисперсності й стабільності емульсій рослинних жирів до рівня, що перевищує показники натуральних вершків відповідної жирності. Визначено, що для одержання технологічно стійких жирових емульсій при виробництві спредів методом сколочування жирової суміші досить п'яти, а методом перетворення високожирної суміші – 1...2 циклів оброблення.

8. Визначено параметри технологічної стійкості 35 %-вих жирових емульсій для виробництва спредів: кількість дестабілізованого жиру (за методом Фавстової) не повинна перевищувати 30 %; показник стійкості жирової дисперсії (за модифікованим методом відстоювання) також не більше 30 %; діаметр середньої жирової кульки ( $3 \pm 1$ ) мкм.

9. За результатами досліджень уточнено технологію спредів. Розроблено й затверджено рекомендації з одержання технологічно стійких жирових емульсій за допомогою пристрою роторного типу для виробництва спредів як методом сколочування жирової суміші, так і методом перетворення високожирної суміші, а також розроблено й внесено доповнення в технологічні інструкції з виробництва спредів обома методами. За вдосконаленими технологічними інструкціями працюють 15 молокопереробних підприємств.

10. Експериментально доведено і підтверджено в умовах виробництва доцільність використання пристроїв роторного типу для одержання технологічно стійких жирових емульсій. Раціоналізовано отримання стійких дисперсій жиру, завдяки зниженню потужності і скороченню тривалості оброблення суміші, що дало економічний ефект за рахунок економії енерговитрат і робочої сили, зменшення спрацювання обладнання. За допомогою емульсора Я5-ОММ у промислових умовах отримано дисперсії рослинних жирів з масовою часткою жирової фази 30...72,5 %, з яких вироблено суміші рослинно-вершкові "Полтавське несолоне" 70,5 % жиру і "Традиційна хатинка" 72,5 % жиру, а також спреди солодковершкові "Золотоніський традиційний" 72,5 % жиру і "Фермерське" 72,5 % жиру, що відповідають вимогам ТУ У 15.4–00446836, ТУ У 15.5-00447824.004:2006 і ТУ У 15.5-31952591-003:2006 за всіма показниками якості.

### Перелік публікацій за темою дисертаційної роботи

1. Гуляев-Зайцев, С.С. Исследование процессов эмульгирования растительных жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний // Молочна промисловість. – 2007. – № 2. – С. 37-41, № 3. – С. 51.

*Особистий внесок:* підбір і аналіз літературних джерел, планування й проведення експериментальних досліджень, обробка й аналіз отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

2. Гуляев-Зайцев, С.С. Концентрація поверхнево-активних речовин [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний // Харчова і переробна промисловість. – 2008. – № 6. – С. 16-17.

*Особистий внесок:* проведення літературного пошуку, розробка програми й методики досліджень, а також їх виконання, обробка й аналіз отриманих експериментальних даних, підготовка матеріалів до друку.

3. Наріжний, С.А. Влияние технологических факторов на эмульгирование жира в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.А. Наріжний // Молочна промисловість. – 2007. – № 5. – С. 43-45.

4. Гуляев-Зайцев, С.С. Исследование процессов получения тонкодисперсных эмульсий с различными видами жировой фазы в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний // Молочна промисловість. – 2008. – № 3. – С. 65-67.

5. Гуляев-Зайцев, С.С. Вплив технологічних факторів на емульгування жиру в емульсорі роторного типу [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. — 363 с. (Обладнання та технології харчових виробництв) ( Темат. зб. наук. пр.; вип. 18 / гол. ред. О.О. Шубін).

*Особистий внесок:* аналітичний огляд літературних джерел, організація й виконання експериментальних досліджень, аналіз і узагальнення отриманих результатів і підготовка матеріалів до друку.

6. Эффективное оборудование для производства технологически стойких жировых эмульсий [Текст] / Г.А. Ерьсько, С.С. Гуляев-Зайцев, С.И. Кимачинский, С.А. Наріжний // Молочна промисловість. – 2008. – № 4. – С. 55-57.

7. Гуляев-Зайцев, С.С. Получение устойчивых жировых эмульсий при производстве спредов: технология и оборудование [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.И. Кимачинский, С.А. Наріжний // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 4. – С. 50-52.

8. Гуляев-Зайцев, С.С. Процеси емульгування жирів в емульсорі роторного типу [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 9. – С. 52-55.

9. Гуляев-Зайцев, С.С. Концентрация поверхностно-активных веществ как основной фактор получения технологически стойких жировых эмульсий [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний // Продукты и ингредиенты. – 2008. – № 4. – С. 52-54, № 5. – С. 70-72.

10. Роторно-вихревой эмульсор для получения стойких дисперсий растительных жиров [Текст] / Г.А. Ерьсько, С.С. Гуляев-Зайцев, С.И. Кимачинский, С.А. Наріжний // Оборудование для пищевой промышленности. – 2008. – № 2. – С. 34-37.

11. Гуляев-Зайцев, С.С. Эмульсор Я5-ОММ – залог получения качественного спреда [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.И. Кимачинский, С.А. Наріжний // Молочное дело. – 2009. – № 4-5. – С. 18-20.

*Особистий внесок:* аналіз відомих технічних рішень і експлуатаційних даних існуючого обладнання, визначення вихідних вимог на розробку емульсора роторного типу, проведення лабораторних і промислових випробувань емульсора Я5-ОММ, перевірка технологічних розробок у промислових умовах і обробка отриманих даних, розробка паспорта на емульсор марки Я5-ОММ-02.00, підготовка матеріалів до друку.

12. Гуляев-Зайцев, С.С. Влияние технологических факторов на эмульгирование жира в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний // Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка: тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. – Донецьк, ДонНУЕТ, 2007. – 180 с.

13. Гуляев-Зайцев, С.С. Влияние технологических факторов на эмульгирование жира в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний // Інноваційні технології, проблеми якості і безпеки сировини та готової продукції у м'ясній та молочній промисловості: тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. – К., НУХТ, 2007. – 181 с.

14. Гуляев-Зайцев, С.С. Процессы эмульгирования растительных жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний // Масложировая индустрия – 2007: материалы докладов 7-ой междунар. науч. - практ. конф. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 86-87.

15. Наріжний, С.А. Исследование влияния технологических факторов на процессы эмульгирования растительных и молочного жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.А. Наріжний // Маргарини, майонези, спреди, пищевые добавки: материалы докл. 2-го междунар. науч. - практ. семинара – М., 2008. – С. 67-71.

16. Наріжний, С.А. Емульгування жирів в емульсорі роторного типу [Текст] / С.А. Наріжний // Тези доп. XII наук. конф. – Тернопіль, ТДТУ, 2008. – С. 281.

17. Наріжний, С.А. Отримання технологічно стійких емульсій у виробництві спредів [Текст] / С.А. Наріжний // Досягнення молодих вчених у вирішенні актуальних проблем м'ясної та молочної галузей: матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів – К., ТІММ, 2009. – С. 37.

*Особистий внесок:* проведення інформаційно-патентного пошуку з питань технології й устаткування для одержання жирових емульсій, узагальнення, систематизація й статистична обробка отриманих експериментальних даних, під керівництвом д.т.н., проф., член-кор. НАНУ С.С. Гуляєва-Зайцева формулювання висновків і розробка режимів отримання технологічно стійких емульсій, підготовка матеріалів до друку.

Основні результати дисертації повністю відображені в наведених публікаціях.

## АНОТАЦІЯ

**Наріжний С.А. Розробка режимів одержання технологічно стійких емульсій при виробництві спредів.** - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04 - технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Одеса, 2012.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню емульгування жирів у пристрої роторного типу, з метою розробки науково обґрунтованих режимів одержання технологічно стійких жирових емульсій при виробництві спредів.

Показано, що емульгування жирів має циклічний характер. Встановлено вплив основних технологічних і енергетичних параметрів у ході диспергування на дисперсність і стабільність емульсій.

Науково обґрунтовано режими термомеханічного оброблення жирових систем у пристрої роторного типу та відпрацьовано найбільш ефективні технологічні й енергетичні параметри одержання тонкодисперсних жирових емульсій прямого типу жирністю від 3,5 до 72,5 %, з урахуванням технологічних вимог виробництва спредів.

Розроблено і затверджено рекомендації для одержання технологічно стійких жирових емульсій за допомогою пристрою роторного типу для виробництва спредів як методом сколочування жирової суміші, так і методом перетворення ВЖВ, а також розроблені й внесені доповнення в технологічні інструкції з виробництва спредів.

Доведено доцільність використання пристроїв роторного типу для отримання технологічно стійких жирових емульсій і розроблено вихідні вимоги на створення роторно-вихрового емульсора Я5-ОММ, ефективність якого підтверджено в лабораторних і промислових умовах.

**Ключові слова:** емульгування, технологічна стійкість, роторно-вихровий емульсор.

## АННОТАЦИЯ

**Нарижный С.А. Разработка режимов получения технологически стойких эмульсий при производстве спредов. – Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04 – технология мясных, молочных продуктов и продуктов из гидробионтов. – Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Одесса, 2012.

Диссертационная работа посвящена исследованию эмульгирования жиров в устройстве роторного типа, с целью разработки научно обоснованных режимов получения технологически стойких жировых эмульсий при производстве спредов.

Исследованы закономерности формирования жировых дисперсий в устройстве роторного типа. Показано, что эмульгирования жиров носит циклический характер: после получения дисперсий со средним размером ЖШ меньше 4 мкм попеременно происходят диспергирование и агрегация ЖШ, сопровождающиеся соответственно повышением и снижением стабильности эмульсий.

Установлено влияние основных технологических и энергетических параметров (продолжительность диспергирования и интенсивность механического воздействия, массовая доля ПАВ и жировой фазы в эмульсии, состав и свойства жировой системы, температура и вакуумирование) в ходе диспергирования, на дисперсность и стабильность эмульсий.

Установлено, что стабильность эмульсий весьма существенно зависит от температуры диспергирования, а наиболее эффективное эмульгирование проходит при температуре 50...70 °С и скорости вращения ротора диспергирующего устройства 3000 об/мин (мощность обработки 150... 175 Вт), при этом уже через 1,5 мин формируются тонкодисперсные и достаточно устойчивые эмульсии.

Показано, что по мере повышения содержания ПАВ сокращается рациональная продолжительность обработки, однако избыток эмульгатора не повышает устойчивости эмульсий. Определено оптимальное содержание ПАВ, обеспечивающее получение

технологически стойких жировых эмульсий 30...40 % жирности, с помощью устройства роторного типа в течение 60...75 с диспергирования, которое составляет 0,6 %.

Выяснено, что повышение содержания жировой фазы в смеси замедляет формирование эмульсии типа ж/в, так как при этом возрастает степень ее дестабилизации и, соответственно, рациональная длительность эмульгирования. Установлено, что использование в качестве жировой фазы разного рода жиров не оказывает значительного влияния на эмульгирование как по эффективности диспергирования, так и по рациональной продолжительности обработки.

Выяснено влияние исследуемых факторов на энергозатраты в ходе эмульгирования и установлены их значения, обеспечивающие получение технологически стойких дисперсий жира в роторно-вихревом эмульсоре.

Показано, что эмульгирование жиров и доведение системы до постоянных характеристик является более энергозатратным, чем последующая обработка уже сформировавшихся эмульсий, а превышение уровня затрат энергии выше 3,0...4,0 кДж/кг нецелесообразно, так как практически не повышает стойкости эмульсий. Доказано, что затраты энергии на эмульгирование возрастают по мере увеличения скорости вращения ротора диспергирующего устройства, снижения температуры обработки, а также повышения массовой доли жировой фазы в смеси. В то же время значительной разницы в энергозатратах на получение эмульсий разных видов жиров с различным содержанием ПАВ не установлено.

Кроме того, установлены изменения показателей окисления жиров при термомеханической обработке в ходе эмульгирования.

Разработаны и научно обоснованы режимы термомеханической обработки жировых систем в устройстве роторного типа и отработаны наиболее эффективные технологические и энергетические параметры получения тонкодисперсных жировых эмульсий прямого типа жирностью от 3,5 до 72,5 %, с учетом технологических требований при производстве спредов. Определены следующие режимы эмульгирования смесей жирностью 30...40 %: температура эмульгирования 50...70 °С, содержание ПАВ – 0,6 %, без вакуумирования, мощность обработки 155...220 Вт, скорость ротора эмульгирующего устройства 3000 об/мин; длительность обработки 60...75 с; затраты энергии при этом составят 1,9...3,3 кДж/кг.

Установлено, что после смешивания с натуральными сливками устойчивость комбинированных эмульсий значительно возрастает по сравнению с дисперсией растительных жиров, исходя из чего, нецелесообразно доводить степень дисперсности и стабильности эмульсий растительных жиров до уровня, превышающего показатели натуральных сливок соответствующей жирности. Определено, что для получения технологически стойких жировых эмульсий при производстве спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси достаточно пяти, а методом преобразования ВЖС – 1...2 циклов обработки.

Установлены принципы регулирования стабильности и дисперсности жировой фазы эмульсий. Определены показатели технологической стойкости эмульсий для обоих методов производства спредов.

Разработаны и утверждены рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий с помощью устройства роторного типа для производства спредов как методом сбивания жировой смеси, так и методом преобразования ВЖС, а также разработаны и внесены дополнения в технологические инструкции по производству спредов. Дополненные технологические инструкции внедрены на 15 молокоперерабатывающих предприятиях.

Доказана целесообразность использования устройств роторного типа для получения технологически стойких жировых эмульсий и разработаны исходные требования на создание роторно-вихревого эмульсора Я5-ОММ, эффективность которого подтверждена в лабораторных и промышленных условиях.

В результате промышленного внедрения эмульсора Я5-ОММ рационализировано получение стойких дисперсий жира посредством снижения потребляемой мощности и сокращения длительности обработки смеси, что дало экономический эффект за счет экономии энергозатрат и рабочей силы, уменьшения износа оборудования и др.

С помощью эмульсора Я5-ОММ в промышленных условиях получены дисперсии растительных жиров с концентрацией жировой фазы 30...72,5 %, из которых выработаны смеси растительно-сливочные "Полтавське несолоне" 70,5 % жира и "Традиційна хатинка" 72,5 % жира, а также спред сладкосливочный "Золотоніський традиційний" 72,5% жира, соответствующие требованиям ТУ У 15.4 – 00446836 и ТУ У 15.5 – 00447824.004:2006 по всем показателям качества.

Эмульгирование растительных жиров используется так же при производстве мороженого, десертов, сгущенных, сырных, сметанных и других продуктов, поэтому полученные результаты найдут широкую сферу применения.

**Ключевые слова:** эмульгирование, технологическая стойкость, роторно-вихревой эмульсор.

## RESUME

**Narizhnyi S.A. Development of conditions to obtain technologically stable emulsions in the production of spreads.** – Manuscript.

Thesis for the candidate's degree of the technical sciences on the specialty 05.18.04 – technology of food products – Odessa National Academy of Food Technologies, Ministry of Education and Science, of young people and sport of Ukraine, Odessa, 2012.

This dissertation work deals with fat emulsifying processes in a rotor type appliance in order to develop scientifically based ways and parameters to obtain technologically stable emulsions in the production of spreads.

The emulsifying process is shown to be of the cycling character. The effect of principal technology and energy parameters on dispersibility and stability of emulsions during dispersing process was ascertained.

Conditions of thermo-mechanical treatment of fat systems in the rotor type appliance are developed and scientifically justified, the most effective technology and energy parameters of obtaining finely dispersed fat emulsions of direct type, their fat content from 3.5 % to 72.5 % are perfected, the technological demands for spreads production being taken into account.

Recommendations for obtaining stable fat emulsions with the use of the rotor type appliance according to fat mixture churning method as well as HFC transformation method were developed and authorized, the sections regulating fat emulsifying within technological instructions for spread productions according to both abovementioned methods were changed and amended.

The expediency of the rotor type appliances' use to obtain technologically stable fat emulsions was proven and a rotor-vortex emulsor Ya5-ОММ was developed, its efficiency having been proven under laboratory and industrial conditions.

**Key words:** emulsifying, technological stability, rotor-vortex emulsor.