

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

ЧЕРВОНИЙ ВІТАЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 664.34:66.084.8

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕМУЛЬГУВАННЯ ЖИРІВ
ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ
ТА ЙОГО АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, професор

Постнов Геннадій Михайлович,

Харківський державний університет харчування та торгівлі,
професор кафедри устаткування підприємств харчування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Гуць Віктор Степанович,

Національний університет харчових технологій,
завідувач кафедри охорони праці та цивільної оборони

кандидат технічних наук, доцент

Скрипник В'ячеслав Олександрович,

ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет
економіки і торгівлі»,
завідувач кафедри технологічного обладнання
харчових виробництв і торгівлі

Захист відбудеться «27» квітня 2011 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий «25» березня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.А. Дубініна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку людства постає необхідність вирішення проблем раціонального використання енергетичних і матеріальних ресурсів, безпеки виробництв і продукції. Це питання є особливо актуальним для розвитку харчової промисловості України.

Для ефективного вирішення наведених проблем на сьогоднішній день існує декілька шляхів, серед яких одне з чинних місць займає інтенсифікація технологічних процесів в харчових виробництвах з використанням ультразвукових технологій. Використання ультразвуку можливо для проведення процесів сушіння, різання, коагуляції, розчинення та кристалізації. Проте особливо ефективним можливе застосування ультразвуку в процесах диспергування та емульгування.

Питанню вивчення ультразвуку, його застосування для отримання емульсій присвятили праці вітчизняні та закордонні вчені І.Е. Ельпінер, Й.О. Рогов, В.М. Горбатов, Ю.Ф. Заяс, В.М. Хмелев, Б.Г. Новицький, О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, П.М. Немирович, Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Cánovas, Jochen Weiss. Великий внесок у розвиток моделювання процесів харчових виробництв і показників якості харчових продуктів внесли І.М. Федоткін, В.С. Гуць, Н.В. Остапчук, Є.Л. Алексєєв.

За даними досліджень, які були проведені для вивчення процесу ультразвукового емульгування, існує невідповідність між результатами ряду дослідників. Відсутні остаточні результати або їхні кореляції, за допомогою яких було б можливим моделювання зміни середнього розміру часточок і розподілу часточок за розмірами залежно від використання акустичних параметрів ультразвукової обробки (частоти, питомої енергії, тривалості обробки). Це питання стає дуже важливим для розвитку харчової промисловості, оскільки його рішення дозволить обґрунтувати раціональні параметри ультразвукової обробки харчових жирів для одержання високоякісних емульсій, а також сприяти впровадженню ультразвукових технологій у харчову промисловість.

Так, для отримання емульсій на підприємствах харчової промисловості найчастіше використовуються апарати механічної дії (змішувачі, емульситатори, гомогенізатори), суттєвим недоліком яких є те, що отримана емульсія має у своєму складі жирові кулі діаметром до 5,0...10,0 мкм, що значним чином впливає на якість емульсій. Перспективний у технічному та технологічному аспектах ультразвуковий спосіб дає можливість отримання емульсій з жировими кульками до 0,1 мкм. Це значно підвищує якість емульсій і розширює можливості їх використання в харчовій промисловості.

Таким чином, удосконалення процесу ультразвукового емульгування жирів та його апаратне оформлення є актуальним науково-технічним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до основних напрямків наукових досліджень Харківського державного університету харчування та торгівлі у межах держбюджетних тем №5-04-07Б (0104U4002576) «Організаційні та технологічні аспекти безвідходної переробки сільськогосподарської сировини», №3-08-10Б (0107U010149) «Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської сировини», а також за госпдоговірною тематикою №12-10Д (0110U000871) «Розробка рекомендацій

щодо використання ультразвукових установок на м'ясопереробних підприємствах».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення процесу ультразвукового емульгування жирів та його апаратурне оформлення. Виходячи з мети було визначено наступні завдання досліджень:

- провести аналітичні дослідження процесу емульгування;
- визначити залежність ефективності процесу ультразвукової обробки для отримання водно-жирових емульсій від її тривалості;
- визначити вплив акустичних характеристик (частоти, питомої потужності) ультразвукової обробки на показники якості водно-жирових емульсій;
- дослідити залежність розподілу розмірів кульок дисперсної фази в емульсії від кількості жиру;
- дослідити динаміку стійкості водно-жирових емульсій у процесі зберігання;
- розробити конструкцію пристрою для забезпечення запропонованого процесу ультразвукового емульгування жирів;
- здійснити комплекс заходів щодо практичного впровадження розробки у виробництво;
- оцінити економічний та соціальний ефект від упровадження розробки у виробництво.

Об'єкт дослідження – процес емульгування харчових жирів за допомогою ультразвуку для отримання водно-жирової емульсії.

Предмет дослідження – емульсії тваринних жирів, а саме харчового топленого свинячого жиру в воді.

Методи дослідження – аналітичні, теоретичні та експериментальні з використанням контрольно-вимірювальної апаратури відповідної точності, стандартні методики дослідження харчової сировини, сучасні методи математичної статистики, кореляційного аналізу та комп'ютерних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у наступному:

- науково обґрунтовано доцільність та ефективні параметри процесу ультразвукового емульгування харчового топленого свинячого жиру;
- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено залежність тривалості ультразвукової обробки від наступних чинників: параметрів ультразвукової коливальної системи, геометричних розмірів ємності, характеристики сировини і її кількості;
- встановлено, що ультразвукова частота та тривалість обробки мають визначальний вплив на розподіл та мінімальний середній діаметр жирових кульок в емульсії;
- отримано рівняння залежності впливу кількості питомої енергії ультразвукової обробки на геометричні показники жирових кульок дисперсної фази.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено експериментальну установку для дослідження процесу ультразвукового емульгування;
- встановлено вплив ультразвукової обробки на дисперсність та стійкість емульсій з жиромісткої сировини;

- розроблено пристрій для проведення процесу ультразвукового емульгування з жиромісткої сировини;
- розроблено технічний опис та інструкцію з експлуатації ультразвукового пристрою для отримання емульсій.

На технічні рішення, що запропоновані у дисертаційній роботі, отримано 1 патент України на корисну модель.

Реалізація результатів роботи. Виготовлено експериментальний зразок пристрою для отримання емульсій із жиромісткої сировини та проведено впровадження експериментального зразка у виробництво на ПП «Торговельна група «ТФК» (акт від 12.10.2010 р.), рекомендацій щодо використання ультразвукових установок для отримання водно-жирових емульсій – на ПП «Агроукррос» (акт від 30.09.2010 р.), а також в навчальний процес ХДУХТ (акти від 16.12.2007 р., 08.12.2009 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в плануванні, постановці та проведенні наукових експериментів, отриманні наукових результатів, обробці дослідних даних, узагальненні отриманих результатів, формулюванні висновків, підготовці матеріалів до публікацій, проведенні заходів щодо впровадження результатів роботи у виробничий та навчальний процес.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи обговорювались та були схвалені на: III міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми розвитку легкої і харчової промисловості» (с. Лівадія, 2007 р.); 74 та 75 наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 2008, 2009 рр.); I Всеукраїнській конференції студентів та аспірантів «Сучасні технології хімічних та харчових виробництв» (м. Дніпропетровськ, 2008 р.); Всеукраїнському науково-технічному семінарі «Удосконалення малої хладо-теплотехніки і забезпечуванню нею технологічних процесів» (м. Донецьк, 2008 р.) I Міжнародній конференції студентів та аспірантів «Сучасні технології харчових виробництв» (м. Дніпропетровськ, 2009 р.); I Міжнародній науково-практичній конференції «Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства» (м. Полтава, 2009 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми енергетичної ефективності харчових і хімічних виробництв» (м. Одеса, 2009 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація та економіка» (м. Святогірськ, 2009 р.); VII Міжнародній науковій конференції студентів та аспірантів «Техника и технология пищевых производств» (м. Могильов, Республіка Білорусь, 2010 р.); конференціях професорсько-викладацького складу та аспірантів ХДУХТ (м. Харків, 2008-2010 рр.). Розробка демонструвалася на міжнародній виставці «Наука і виробництво» (м. Харків, 2008 р.), міжнародній виставці «Наука і виробництво. Машинобудування Харківщини» (м. Харків, 2009 р.), виставці наукових досягнень ХДУХТ, яка проводилася на базі СК «Локомотив» (м. Харків, 2009 р.), виставці наукових досягнень ХДУХТ, яка проводилася у межах Міжнародної науково-практичної конференції «Ресторанне господарство в стратегії розвитку туризму» (м. Харків, 2009 р.), виставці наукових досягнень ХДУХТ, яка проводилася у межах Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування» (м. Харків, 2009 р.), Міжнародній виставці «Енергія зростання»

в рамках Міжнародного форуму «Інновації. Інвестиції. Харківські ініціативи» та Великого Слобожанського ярмарку (м. Харків, 2010 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, в тому числі 8 статей, серед яких 7 у наукових фахових виданнях, що затверджені ВАК України, 1 патент України на корисну модель, 8 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, 10 додатків, а також списку використаних джерел, що включає 158 найменувань, в тому числі 15 іноземних. Дисертація викладена на 135 сторінках друкованого тексту, вона містить 19 таблиць і 46 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи та її внесок у розвиток харчової промисловості України, сформульовано мету і завдання досліджень, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведені відомості щодо апробації та реалізації роботи.

У першому розділі «Аналіз ефективності процесів емульгування» наведено характеристику жирової сировини, напрямки використання емульгованої сировини, наведено результати проведеного огляду і аналізу науково-технічної і патентної літератури, а також фірмової документації, в якій розкрито проблеми використання ультразвуку в процесі отримання емульсій. Виявлено, що основними причинами, які перешкоджають використанню ультразвукових технологій у харчовій галузі промисловості України, є недостатній асортимент ультразвукових апаратів і установок вітчизняного виробництва для реалізації процесу ультразвукового емульгування. Крім того, стримуючим чинником є обмеженість, а в деяких випадках відсутність наукових досліджень впливу ультразвукових з плоским фронтом хвиль на неоднорідні об'єкти типу водно-жирових емульсій та практичних рекомендацій щодо їх застосування. Узагальнення відомостей, викладених у цьому розділі, дозволило сформулювати основні завдання дослідження, що спрямовані на досягнення мети дисертаційної роботи.

У другому розділі «Об'єкт та методи досліджень» визначено об'єкт і предмети досліджень, описано методи досліджень, експериментальні установки та методики обробки експериментальних даних. Дослідження процесу ультразвукового емульгування було проведено на експериментальній установці (рис. 1), що розроблена на базі ультразвукового диспергатора типу УЗДН-2Т. Оцінка ефективності процесу емульгування ґрунтується на отриманні залежності розподілу жирових кульок емульсії від тривалості ультразвукової обробки, ультразвукової частоти та кількості жирової фази. Визначення геометричних розмірів жирових кульок емульсії проводили з використанням фотопристрою, мікроскопа типу ЛОМО-1 та апаратно-розрахункового пристрою (ПЕОМ), дослідження стійкості – з використанням центрифуги типу ЦЛН-2. Обробку результатів досліджень було проведено з використанням сучасних методів математичної статистики та кореляційного аналізу з застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

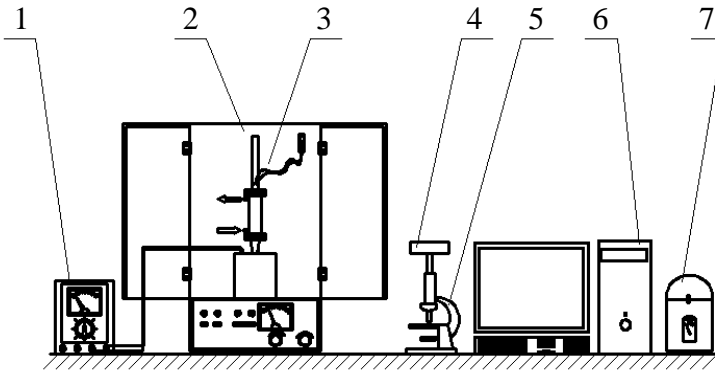


Рис. 1. Схема експериментальної установки для дослідження процесу ультразвукового емульгування: 1 – мілівольтметр; 2 – ультразвуковий диспергатор типу УЗДН-2Т; 3 – ємність; 4 – фотопристрій; 5 – мікроскоп ЛОМО-1; 6 – апаратурно-розрахунковий пристрій (ПЕОМ); 7 – центрифуга типу ЦЛН-2

У третьому розділі «Результати досліджень процесу ультразвукового емульгування жиромісткої сировини» було проведено моделювання процесу ультразвукового емульгування з використанням послідовного методу побудови математичної моделі.

На першому етапі, виходячи з наявних уявлень про процес, було поставлено та вирішено завдання визначення раціональної тривалості обробки, ґрунтуючись на показникові заданого критерію якості, яким було обрано різницю зміни температури водно-жирової емульсії $\Delta t(\tau)$.

Експериментальні дані залежності $\Delta t(\tau)$ свідчать, що 92% отриманих даних можуть бути апроксимовані лінійною залежністю. Кут нахилу до осі τ є громіздкою функцією багатьох параметрів. У межах моделі

$$k \cdot P \cdot \tau = \Delta t \cdot G \cdot c \quad (1)$$

кут нахилу можна записати у вигляді:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{2\pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2 \cdot c_{зв.} \cdot k}{r^2 \cdot h \cdot c} \cdot \left(r_{вунр.}^2 - r^2 \cdot e^{-\frac{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot \eta}{c_{зв.}^3 \cdot \rho} \left(\frac{4}{3} \eta + \frac{\nu-1}{c_p} \cdot \lambda_m \right) \cdot h} \right) \right), \quad (2)$$

де P – потужність, що витрачається на нагрів, Вт; τ – тривалість ультразвукової обробки, с; Δt – підвищення температури в наслідок обробки суміші, К; G – маса суміші, що обробляється, кг; c – теплоємність, Дж/(кг·К); f – частота ультразвукових коливань, Гц; A – амплітуда ультразвукових коливань, м; $c_{зв.}$ – швидкість звуку, м/с; k – коефіцієнт корисної дії; $r_{вунр.}$ – радіус ультразвукового випромінювача, м; r – радіус ємності, м; η – коефіцієнт динамічної в'язкості середовища, Па·с; h – товщина шару рідини, м; ρ – щільність оброблюваної суміші, кг/м³; ν – відношення питомих теплоємностей; c_p – теплоємність при постійному тиску, Дж/(кг·К); λ_m – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К).

У разі, якщо показник експонентної функції є малою величиною ($e^\beta = 1 + \beta$), то будемо мати звичайну лінійну функцію, а саме:

$$\Delta t = \frac{2\pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2 \cdot c_{зв.} \cdot k \cdot \tau}{r^2 \cdot h \cdot c} \cdot \left(r_{вунр.}^2 - r^2 + \frac{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot \eta \cdot r^2}{c_{зв.}^3 \cdot \rho} \cdot \left(\frac{4}{3} \eta + \frac{\nu-1}{c_p} \cdot \lambda_m \right) \cdot h \right). \quad (3)$$

Наведена формула (3) показує залежність раціональної тривалості ультразвукової обробки від наступних чинників: параметрів ультразвукової коливальної системи, геометричних розмірів ємності, характеристики сировини і її кількості.

Отримані результати були підкріплені експериментальними дослідженнями (рис. 2). Виходячи з сучасного аналізу уявлення про процес за літературними джерелами, як визначальну частоту ультразвукових хвиль було обрано значення 22 кГц. Встановлено, що раціональна тривалість ультразвукової обробки не повинна перевищувати 160 с. Подальше збільшення тривалості обробки призводить до різкого збільшення температури отримуваної емульсії, що погіршує її якість.

У ході проведення експериментальних робіт було визначено залежність розподілу розмірів жирової фази в емульсії від частоти та тривалості ультразвукової обробки. Частоту ультразвукової обробки було обрано серед стандартного ряду ультразвукових частот: 15, 22, 35 кГц. Тривалість експозиції було обрано на підставі теоретичних досліджень – 45, 90, 135, 180 с. Обробці піддавалась водно-жирова система з 20% жиромовою фазою. Кількість оброблюваної речовини складала 200 мл. Обробку проводили, використовуючи ємність з нержавіючої сталі 12X18H10T діаметром 65 мм, висотою 150 мм. Отримана проба підлягала мікроскоп-піюванню та фотофіксації результатів. На наступному етапі фотоматеріали завантажувалися в ПЕОМ та за допомогою програми «UTHSCSA ImageTool» проводився аналіз результатів.

Було досліджено кількість кульок жирової фази в заданих інтервалах з кроком $h = 1 \cdot 10^{-6}$ м. На основі експериментальних даних розподілу жирових кульок від діаметра було побудовано диференціальну функцію розподілу. Моделюючи диференціальну функцію згладженою монотонною функцією, чисельно отримуємо інтегральну функцію за формулою $F(x) = \int_{-\infty}^x f(r)dr$. В цьому випадку $f(r)dr$ визначає ймовірність того, що розмір кульки буде перебувати в інтервалі $(r \pm \Delta r)$, тобто $(r - \Delta r \leq r_0 \leq r + \Delta r)$. Таким чином, отримуємо інтегральну функцію $F(d)$, що визначає ймовірність того, що діаметр жирової кульки не буде перевищувати величину d , тобто $F(d) = F(R < r)$, де $r \in R$. Функція розподілу має вигляд:

$$F(d) = 1 - e^{-a_1 d^* + a_2 d^{*2} + a_3 d^{*3}}, \quad (4)$$

де d^* – середнє значення окремого інтервалу, м.

Значення коефіцієнтів a_1, a_2, a_3 наведено в табл. 1.

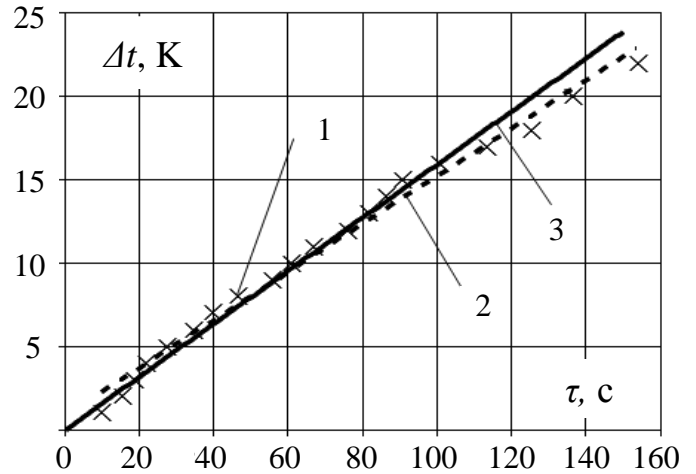


Рис. 2. Залежність різниці зміни температури водно-жирової емульсії Δt від тривалості ультразвукової обробки τ за частоти ультразвукової обробки 22 кГц: 1 – експериментальні значення; 2 – кореляція експериментальних значень; 3 – розрахункова залежність

Значення коефіцієнтів a_1, a_2, a_3 для функції розподілу (4)
за різних значень частот ультразвукової обробки

Значення коєфі- цієнтів	Частота ультразвукової обробки, кГц											
	15				22				35			
	Тривалість експозиції, с											
	45	90	135	180	45	90	135	180	45	90	135	180
a_1	0,3139	0,4015	0,8551	0,7831	0,3407	0,3939	0,8654	0,8599	0,4009	0,3843	0,3981	0,4160
a_2	0,0071	-0,0176	-0,0765	-0,0963	-0,0118	-0,0105	-0,0646	-0,0931	-0,0612	-0,0452	-0,0413	-0,0514
a_3	0,0004	0,0028	0,0046	0,0081	0,0020	0,0014	0,0041	0,0065	0,0060	0,0047	0,0042	0,0050

Отримані залежності для частоти ультразвукової обробки 22 кГц наведені на рис. 3. Регресійні залежності корелюють із експериментальними значеннями з коефіцієнтом кореляції $k = 0,95 \dots 0,99$, що говорить про однозначний функціональний зв'язок між досліджуваними величинами.

За результатами досліджень виявлено, що за частоти 35 кГц отримано незадовільні результати порівняно з частотами 15 та 22 кГц. Так, за частоти 22 кГц в інтервалі розмірів жирових кульок до $3 \cdot 10^{-6}$ м було отримано результати на 18...20% вище, ніж за 35 кГц за тих самих умов. Проте важливим чинником є те, що частота 15 кГц є верхньою граничною частотою коливань, яку здатне відчувати людське вухо, тому її використання на харчових підприємствах є малоімовірним. До того ж, максимальне значення кількості жирових кульок для перших трьох класів діаметрів характерне для частоти ультразвуку 22 кГц, що зумовлює подальше дослідження цієї частоти.

Слід зазначити, що залежність (3) описує тривалість ультразвукової обробки від кількісних чинників, які

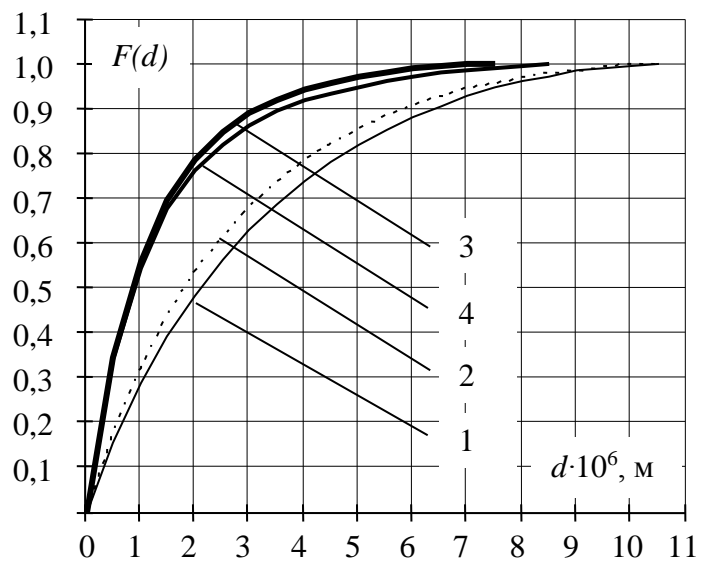


Рис. 3. Інтегральна функція розподілу $F(d)$ розмірів кульок дисперсної фази d в емульсії за частоти 22 кГц та тривалості ультразвукової обробки τ : 1 – 45; 2 – 90; 3 – 135; 4 – 180

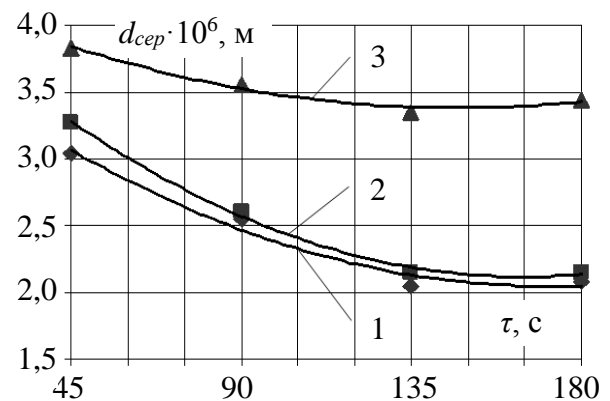


Рис. 4. Динаміка середнього діаметра $d_{сер}$ дисперсної фази від тривалості τ ультразвукової обробки для водно-жирової суміші та частоти ультразвуку, кГц: 1 – 15; 2 – 22; 3 – 35

характеризують процес, що проводиться. Проте в ній не знайшла відображення оцінка якісних показників отриманого продукту, що безпосередньо впливає на ефективність проведеного процесу. Тому було проведено математичну обробку результатів експериментів, що дозволила знайти інтерполяційну залежність зміни середнього діаметра жирових кульок $d_{сер}$ від тривалості проведення процесу емульгування τ (рис. 4). Збільшення значення середнього діаметра за всіх частот ультразвукової обробки після 150...160 с пояснюється наступним. У системі відсутні білкові молекули, які б могли утворити поляризаційний шар на поверхні жирової кульки. Тому зі збільшенням тривалості обробки, що відповідно призводить до збільшення температури суміші, термічно нестійкі жирові частки поєднуються, тобто відбувається процес коагуляції та коалесценції.

Проведені дослідження з виявлення частоти розподілу розмірів жирової фази за частоти ультразвукової обробки 22 кГц для 10, 20 та 30% системи (табл. 2).

Таблиця 2

**Значення коефіцієнтів a_1, a_2, a_3 для функції розподілу (4)
за різних значень частини жирової фази**

Значення коєфі- цієнтів	Частина жирової фази, %											
	10				20				30			
	Тривалість експозиції, с											
	45	90	135	180	45	90	135	180	45	90	135	180
a_1	0,3533	0,3979	1,0332	0,9204	0,3407	0,3939	0,8654	0,8599	0,3487	0,4007	0,6244	0,6888
a_2	0,0062	0,0093	-0,0998	-0,0767	-0,0118	-0,0105	-0,0646	-0,0931	-0,0294	-0,323	-0,0017	-0,0474
a_3	0,0001	0,00002	0,0057	0,0047	0,002	0,0014	0,0041	0,0065	0,0036	0,0034	0,0001	0,0035

Отримані дані свідчать про те, що більш високі значення дисперсності має емульсія з меншою кількістю жирової фази, тобто кількість жирових кульок з розмірами до $4 \cdot 10^{-6}$ м з 10% вмістом жиру більше на 11...13%, ніж для 30% системи. Проте за тривалості обробки 135 с розподіл часточок жирової фази для всіх видів емульсії практично однаковий, що обґрунтовує використання під час обробки ультразвуком частину жиру 30%.

Було визначено вплив ультразвукових хвиль на показники стійкості жирової емульсії. Розраховано залежність стійкості емульсії від тривалості обробки ультразвуковими хвилями та концентрації жирової фази в емульсії:

$$y = 95,56 + 0,03 \cdot x_1 - 38,39 \cdot x_2 - 0,0002 \cdot x_1^2 - 16,7 \cdot x_2^2 + 0,167 \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (5)$$

де y – загальна стійкість емульсії, %; x_1 – тривалість ультразвукової обробки, с; x_2 – частина жиру в емульсії.

Досліджено зміну середнього діаметра часточок дисперсної фази оброблювальної системи залежно від тривалості ультразвукової обробки з питомою потужністю ультразвукової обробки 10, 15, 30 Вт/дм³ (рис. 5). Отримані дані свідчать про те, що збільшення показника питомої потужності ультразвукової обробки в три рази (з 10 Вт/дм³ до 30 Вт/дм³) призводить до зменшення показника мінімального

середнього розміру часточок дисперсної фази на 43%, тобто з показника $3,37 \cdot 10^{-6}$ м до $2,05 \cdot 10^{-6}$ м.

Математична обробка результатів дослідження дисперсності з використанням методів регресійного аналізу показала, що показник середнього діаметра часточок d дисперсної фази оброблювальної системи може бути описаний математичною залежністю від показників питомої потужності P і тривалості τ ультразвукової обробки. У результаті було отримано залежності зміни d від кількості питомої енергії ультразвукової обробки A в оброблювальних системах із питомою потужністю ультразвукової обробки 10, 15 та 30 Вт/дм³ (табл. 3).

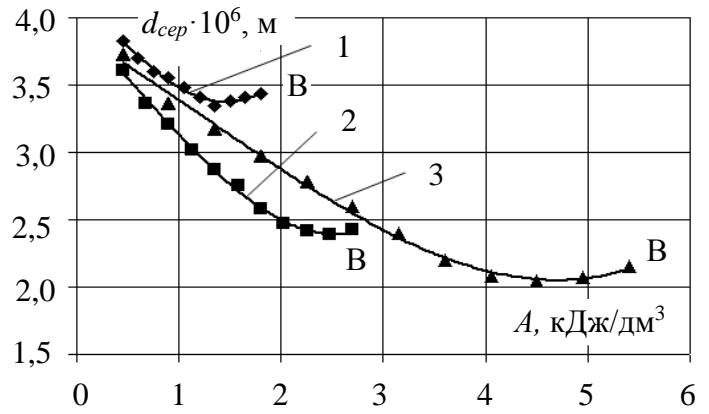


Рис. 5. Зміна значень середнього діаметру часточок $d_{сеп}$ дисперсної фази від питомої енергії ультразвукової обробки за різних значень питомої потужності Вт/дм³: 1 – 10; 2 – 15; 3 – 30 (В – закінчення техно-логічного процесу)

Таблиця 3

Залежність середнього діаметра часточок $d_{сеп}$ дисперсної фази оброблювальної системи від питомої енергії ультразвукової обробки A

Питома потужність ультразвукової обробки P , Вт/дм ³	Залежність
10	$d = 0,1571 A^3 - 0,0976 A^2 - 0,7253 A + 4,1515$
15	$d = 0,0763 A^3 - 0,1374 A^2 - 0,7555 A + 3,9494$
30	$d = 0,0151 A^3 - 0,0597 A^2 - 0,441 A + 3,875$

За умов використання отриманих регресійних рівнянь, було розраховано показники A та τ , які відповідають локальним екстремумам функцій, у котрих d_{min} приймає найменші значення (табл. 4).

Таблиця 4

Параметри ультразвукової обробки, за яких діаметр часточок d дисперсної фази емульсії приймає мінімальні значення

Питома потужність ультразвукової обробки P , Вт/дм ³	Мінімальний середній розмір часточок дисперсної фази d_{min} , мкм	Питома енергія ультразвукової обробки A , Дж/дм ³	Тривалість обробки τ , с
10	3,37	1465	146
15	2,38	2394	159
30	2,05	4705	157

Таким чином, можна відзначити, що максимальну дисперсність мають емульсії, що були

оброблені з питомою потужністю ультразвукової обробки 30 Вт/дм^3 . Проте зменшення показника питомої потужності в два рази (до 15 Вт/дм^3) збільшує в два рази продуктивність та призводить до збільшення значення мінімального середнього розміру часточок дисперсної фази на 18% за умов майже однакової тривалості обробки. Тобто використання питомої потужності ультразвукової обробки на рівні 15 Вт/дм^3 є раціональним та обґрунтованим.

З метою виявлення можливостей використання отриманої емульсії було проведено дослідження тривалості зберігання, які показали, що водно-жирові емульсії зберігають загальну стійкість на достатньому рівні впродовж 24 год (показник загальної стійкості після 24 год зберігання 58...75%). Це обґрунтовує можливість їх використання в технологічних процесах приготування продуктів харчування.

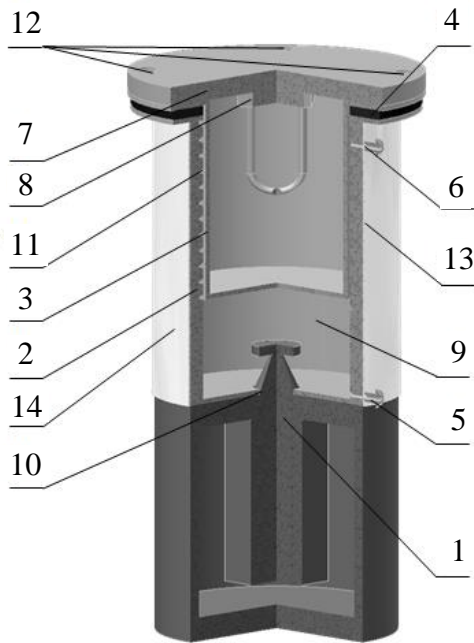


Рис. 6. Принципова схема пристрою для проведення процесу емульгування (патент України на корисну модель №42882): 1 – випромінювач; 2 – зовнішній елемент; 3 – внутрішній елемент; 4 – ущільнювач; 5 – патрубок введення сировини; 6 – патрубок виведення сировини; 7 – кришка; 8 – нагрівальний елемент; 9 – камера ультразвукової обробки; 10 – отвір; 11 – гвинтоподібний канал; 12 – отвори під болти; 13 – теплоізоляція; 14 – кожух

У четвертому розділі «Розробка апарата для проведення процесу ультразвукового емульгування жиромісткої сировини» описано схему пристрою для проведення процесу емульгування (рис. 6). У середину зовнішнього елемента (2) встановлено з проміжком $0,5...2 \text{ мм}$ внутрішній елемент (3), унаслідок чого утворюється камера ультразвукової обробки (9). Ультразвуковий перетворювач з випромінювачем (1) введено через отвір (10) в основі зовнішнього елемента (2) безпосередньо в камеру ультразвукової обробки (9). На внутрішніх стінах зовнішнього елемента (2) для інтенсифікації процесу емульгування знаходиться гвинтоподібний канал (11). Кришка (7) кріпиться за допомогою болтів через отвори (12) з елементами (2) та (3). Нагрівальний елемент (8) під'єднано до кришки (7) і занурено в теплоносію, що заповнює ємність внутрішнього елемента (3). Підігрів теплоносія призводить до підвищення температури та зменшення в'язкості продуктів, що піддаються ультразвуковій обробці в міжстінному просторі елементів (2) і (3). Для зменшення тепловитрат у конструкції передбачено теплоізоляцію (13), яку вкрито кожухом (14). Устаткування працює наступним чином. Вмикається ультразвуковий перетворювач з випромінювачем (1).

Через патрубок введення (5) підготовлена сировина потрапляє в камеру ультразвукової обробки (9). За рахунок виконання зовнішнього (2) та

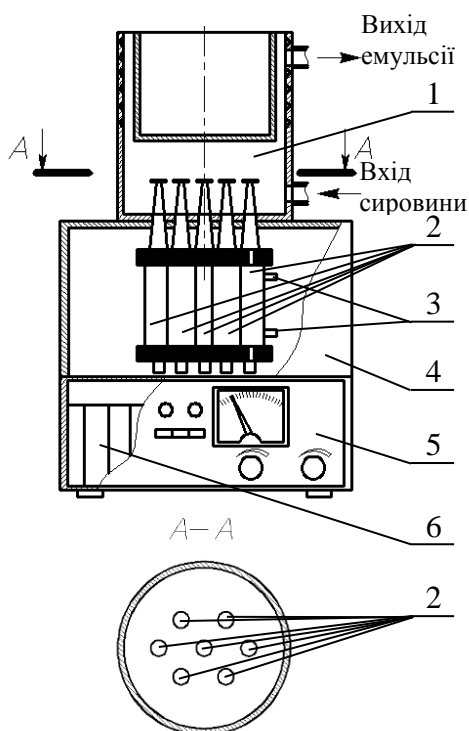


Рис. 7. Схема ультразвукового пристрою: 1 – робоча камера; 2 – випромінювачі; 3 – патрубочки для охолодження випромінювачів; 4 – кожух; 5 – панель керування; 6 – генератор

внутрішнього (3) елементів з матеріалів, що мають високі показники відбивання ультразвуку, відбувається інтенсивний процес емульгування. В процесі емульгування сировина наповнює камеру та надходить до міжстінного простору елементів (2) і (3). За рахунок підігріву теплоносія нагрівальним елементом (8) зменшується в'язкість продукту, що обробляється. Потік сировини ділиться на потоки, один з яких продовжує рух в гвинтоподібному каналі (11), а другий – вздовж бічної поверхні внутрішнього елемента (3). Унаслідок того, що вектори швидкостей потоків направлені під кутом 90° , відбувається турбулізація загального потоку, що підвищує якість емульсії, що отримується, та інтенсифікує процес емульгування. Готова емульсія через патрубок виведення (6) потрапляє в ємність для збору продукту.

Запропоноване технічне рішення дозволило розробити ультразвуковий пристрій для отримання емульсії УПОЕ-1 з 7 магніострикційними випромінювачами продуктивністю до $100 \text{ дм}^3/\text{год}$ (рис. 7). Розробка вищенаведеного пристрою дала змогу скласти схему проведення процесу ультразвукового емульгування (рис. 8). Ультразвукова установка складається з наступних конструктивних елементів: ємності (1), у яку подаються для наступної обробки рідка та жирова фази, ультразвукового пристрою

(4) для одержання жирової емульсії, що заснований на використанні магніострикційного випромінювача, двох живильних кранів (3) і (9). Живильний кран (3) призначений для регулювання

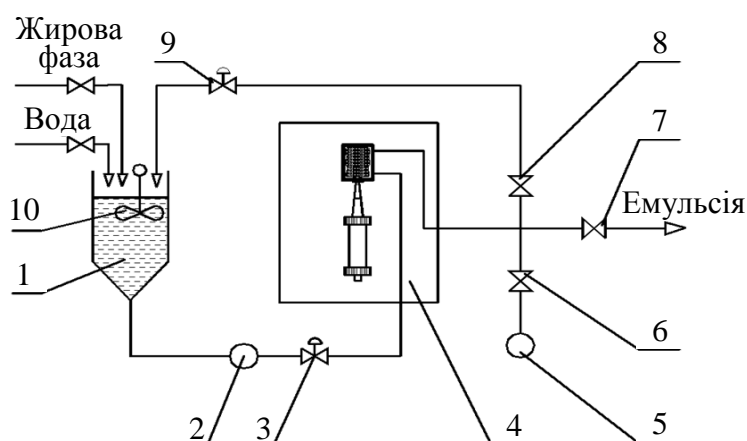


Рис. 8. Схема проведення процесу ультразвукового емульгування: 1 – ємність; 2 – насос; 3, 9 – крани живильні; 4 – пристрій ультразвуковий для отримання жирової емульсії; 5 – мікроскоп, що під'єднаний до ПЕОМ; 6, 7, 8 – крани запірні; 10 – змішувач

подавання оброблюваного середовища в пристрій (4) за допомогою насоса (2), а живильний кран (9) – для регулювання виводу суміші, що не відповідає необхідній якості в ємність (1) для повторної обробки. Конструкцією передбачено запірний кран (6) для одержання пробної порції суміші та наступного її аналізу на мікроскопі (5), що підключений до ПЕОМ, запірний кран (7) для одержання емульсії й запірний кран (8) для рециркуляції суміші.

У п'ятому розділі «Економічна ефективність та впровадження результатів досліджень у виробництво» обґрунтовано економічну ефективність результатів досліджень. Показано, що розробка ультразвукового пристрою для отримання водно-жирових емульсій є локальним інвестиційним проектом, який може бути реалізований на діючих підприємствах. Сума інвестиційних коштів, спрямованих на реалізацію інвестиційного проекту, складається з вартості виготовлення ультразвукового пристрою для отримання водно-жирових емульсій і дорівнює 30 тис. грн (на початок 2010 р.), термін реалізації проекту – 5 років. Виходячи з виробничої потужності ультразвукового пристрою для отримання водно-жирових емульсій – 100 $\text{дм}^3/\text{год}$, розрахованої оптової ціни водно-жирової емульсії 9,78 тис. грн/ м^3 за коефіцієнта використання пристрою $k = 0,5$, період окупності складатиме 8 місяців.

Запропоновано технологічну схему виробництва м'ясних січених виробів з використанням водно-жирової емульсії шляхом заміни частини стандартних компонентів на водно-жирову емульсію. Економічна ефективність від використання водно-жирових емульсій у технології виробництва м'ясних січених виробів на 1 кг напівфабрикату складатиме 3,20 грн, що дозволить знизити відпускну ціну на 9,5...12,5%.

Здійснено комплекс заходів із впровадження результатів досліджень у практику. Комплект проектної документації на створення експериментального зразка ультразвукового пристрою для отримання водно-жирових емульсій, в тому числі технічний опис та інструкцію з експлуатації ультразвукового пристрою для отримання емульсій УПОЕ-1, передано на ПП «Торговельна група «ТФК» (м. Харків). Розроблено та затверджено на ПП «Агроукррос» (м. Харків) технічну документацію – «Рекомендації щодо використання ультразвукових установок для отримання емульсій з жировмісної сировини».

ВИСНОВКИ

1. Аналіз науково-технічної літератури дозволив зробити висновки про недостатню ефективність існуючого устаткування для проведення процесу емульгування, відсутність наукових даних про закономірності впливу ультразвукової обробки на ефективність процесу емульгування і перспективність використання ультразвукового обладнання для отримання водно-жирових емульсій.

2. Створено установку для проведення процесу ультразвукового емульгування свинячого жиру, що дозволяє отримати емульсії з середнім розміром жирових кульок $(2...3) \cdot 10^{-6}$ м без застосування емульгаторів.

3. Визначено залежність раціональної тривалості ультразвукової обробки від наступних чинників: параметрів ультразвукової коливальної системи, геометричних розмірів ємності, характеристики сировини і її кількості. Встановлено, що тривалість ультразвукової обробки більше 160 с спричиняє підвищення температури суміші, що обробляється, на 25 К, що робить неможливим отримання якісних емульсій.

4. Визначено вплив акустичних характеристик ультразвукової обробки на ефективність процесу ультразвукового емульгування. Встановлено раціональні параметри ефективності процесу ультразвукового емульгування: частота ультразвукової обробки 22 кГц, тривалість обробки 145...160 с. Використання

ультразвукової обробки з питомою потужністю 15 Вт/дм³ дає максимальну продуктивність ультразвукової установки, не погіршуючи якість готової емульсії.

5. Дослідженнями залежності розподілу розмірів кульок дисперсної фази в емульсії від кількості жиру встановлено, що за ультразвукової обробки частотою 22 кГц та тривалістю 135 с розподіл жирових кульок в емульсії з часткою жиру 30% не відрізняється від розподілу жирових кульок в емульсії з часткою жиру 10%, що обґрунтовує отримання якісних висококонцентрованих емульсій за допомогою ультразвуку з часткою жиру 30%.

6. На підставі досліджень динаміки стійкості водно-жирових емульсій у процесі зберігання доведено, що показник загальної стійкості отриманої водно-жирової емульсії змінюється на 25...42% протягом 24 год, що забезпечує можливість їх використання в технологічному процесі виробництва харчових продуктів.

7. Проведено оцінку економічної ефективності від упровадження ультразвукового пристрою для отримання водно-жирових емульсій. Період окупності за коефіцієнта використання пристрою $k = 0,5$ складає 8 місяців. Запропоновано напрямок використання водно-жирової емульсії в якості складової частини для виготовлення м'ясних січених напівфабрикатів, що зменшить відпускну ціну на напівфабрикат на 10...11%. За результатами оцінки економічної ефективності проведено комплекс заходів щодо впровадження результатів досліджень у виробництво, а саме розроблено проект рекомендацій з використання ультразвукових установок для отримання водно-жирових емульсій на ПП «Агроукрос» та передано технічну документацію на ПП «Торговельна група «ТФК».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Постнов Г. М. Дослідження процесу ультразвукового емульгування жировмісної сировини / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Вісник Східнукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2008. – № 2 (120). – С. 266–269. Здобувачем проведені дослідження зміни температури емульсії під впливом ультразвукової обробки.

2. Постнов Г. М. Особливості оцінки якості водно-жирових емульсій, що були отримані з використанням ультразвуку / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків, 2008. – Вип. 2 (8). – С. 215–220. Здобувачем запропоновано методику для оцінки показників якості водно-жирових емульсій.

3. Особливості використання ультразвукових технологій в харчовій промисловості / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, Д. А. Нечипоренко // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. праць / Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк : 2008. – Вип. 19. – С. 63–68. Здобувачем запропоновано удосконалення процесу емульгування за допомогою ультразвуку.

4. Визначення інтенсивності випромінювання акустичної потужності ультразвукової установки / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, Д. А. Нечипоренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв

ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків, 2009. – Вип. 1 (9). – С. 238–242. Здобувачем запропоновано методику для оцінки показника інтенсивності впромінювання акустичної потужності ультразвукових установок.

5. Постнов Г. М. Розробка устаткування для отримання емульсій з жировмісної сировини / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Вісник Східнукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2009. – №2 (132). – С.295–298. Здобувачем запропоновано конструкцію устаткування для отримання емульсій з жировмісної сировини.

6. Postnov G. Ultrasonic emulsification fat-containing raw material / G. Postnov, V. Chervoniy // Journal of EcoAgriTourizm : Bulletin of Agri-ecology, Agri-food, Bioengineering and Agritourism by University of Brasov. – Vol. 5 (2009), №1 (14). – P. 50–52. Здобувачем досліджено вплив ультразвукової обробки на якість емульсії, що отримується.

7. Постнов Г. М. До питання визначення тривалості ультразвукової обробки під час отримання водно-жирових емульсій / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків, 2009. – Вип. 2 (10). – С. 296–303. Здобувачем досліджено вплив тривалості ультразвукової обробки, параметрів ультразвукової коливальної системи, геометричних розмірів ємності, характеристики сировини та її кількості на ефективність проведення процесу отримання водно-жирових емульсій.

8. Постнов Г. М. Економічна ефективність упровадження ультразвукового пристрою для отримання водно-жирових емульсій на підприємствах харчової промисловості / Г. М. Постнов, М. А. Дядюк, В. М. Червоний // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків, 2010. – Вип. 1 (11). – С. 188–193. Здобувачем визначено економічну ефективність від упровадження ультразвукового пристрою для отримання емульсій на підприємствах харчової промисловості.

9. Пат. на корисну модель 42882 Україна, МПК (2009) A23 L 1/025, B 01 F 11/00. Пристрій для отримання емульсії з жировмісної сировини / Постнов Г. М., Червоний В. М. ; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. № u200901724 ; заявл. 27.02.2009 ; опубл. 27.07.2009, Бюл. № 14. – 4 с. Здобувачем запропоновано конструкцію пристрою для отримання емульсій з жировмісної сировини.

10. Червоний В. М. Ультразвукове емульгування жировмісної сировини / В. М. Червоний // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 74-а наук. конф. молодих вчених, асп. і студ., 21-22 квіт. 2008 р. : тези доп. / Нац. ун-т харч. техн. – К., 2008. – С.183.

11. Постнов Г. М. Вплив дії ультразвукових коливань на водно-жирові емульсії / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 75-а наук. конф. молодих вчених, асп. і студ., 13-14 квітня 2009 р. : тези доп. / Нац. ун-т харч. техн. – К., 2009. – С. 236. Здобувачем обґрунтовано використання показника стійкості для оцінки ефективності процесу емульгування.

12. Постнов Г. М. Апаратурне оформлення процесів емульгування в харчовій промисловості / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства : I Міжнар. наук.-практ. конф.

присв. 35-річчю технологічного факультету, 23-24 квітня 2009 р.: тези доп. / Полтав. ун-т спожив. кооп. України – Полтава, 2009. – С. 242–245. Здобувачем проаналізовано та запропоновано шляхи удосконалення процесу емульгування та його апаратне оформлення.

13. Постнов Г. М. Якість емульсій, що отримують при ультразвуковій обробці / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Сучасні технології харчових виробництв : I Міжнар. конф. студ. та асп., 21-25 квітня 2009 р.: тези доп. / Дніпр. нац. ун-т ім. О. Гончара. – Дніпропетровськ, 2009. – С. 20. Здобувачем досліджено вплив тривалості ультразвукової обробки на середній діаметр жирової кульки емульсії.

14. Постнов Г. М. Оцінка ефективності роботи ультразвукового пристрою для отримання емульсій / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка : IV Міжнар. наук.-техн. конф., 9-11 вересня 2009 р. : тези доп. / Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, Святогірськ, 2009. – С. 52–53. Здобувачем досліджено вплив тривалості ультразвукової обробки та кількості жирової фази на середній діаметр жирової кульки емульсії.

15. Червоний В. Н. Лабораторная ультразвуковая установка для проведения процесса эмульгирования / В. Н. Червоний // Наука и технология пищевых производств : VII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 22-23 апреля 2010 г. : тез. докл. / Могил. гос. ун-т продовол. – Могилёв, 2010. – С. 79.

16. Постнов Г. М. Вплив частоти ультразвукової обробки на якість водно-жирової емульсії / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Актуальні проблеми безпеки харчування : I Міжгалуз. наук.-практ. конф., 14-15 жовтня 2010 р. : матеріали / Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2010. – С. 125. Здобувачем досліджено вплив ультразвукової обробки на якість водно-жирової емульсії.

17. Постнов Г. М. Визначення раціональних параметрів процесу ультразвукового емульгування / Г. М. Постнов, В. М. Червоний // Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі : Всеукр. наук.-практ. конф., присв. 20-річчю з дня заснування ф-ту обладнання та технічного сервісу, 18 листопада 2010 р. : тези доп. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків, 2010. – С. 116–117. Здобувачем визначено раціональні параметри процесу ультразвукового емульгування.

АНОТАЦІЯ

Червоний В.М. Удосконалення процесу емульгування жирів за допомогою ультразвуку та його апаратне оформлення. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Харків, 2011.

Дисертацію присвячено удосконаленню процесу емульгування жирів за допомогою ультразвуку.

В дисертації досліджено вплив тривалості ультразвукової обробки, параметрів ультразвукової коливальної системи, геометричних розмірів ємності, характеристики

сировини і її кількості на ефективність проведення процесу отримання водно-жирових емульсій.

Отримано інтегральні функції розподілу кількості жирових кульок із визначеним діаметром залежно від частоти ультразвукової обробки, тривалості, а також кількості жирової фази.

Отримано залежність середнього діаметра жирової фази від тривалості ультразвукової обробки

Встановлено раціональні параметри ефективності процесу ультразвукового емульгування: частота ультразвукової обробки 22 кГц, тривалість обробки 145...160 с. Доведено, що використання ультразвукової обробки з питомою потужністю 15 Вт/дм³ дає максимальну продуктивність ультразвукової установки, не погіршуючи якість готової емульсії.

Розроблено ультразвукову установку для отримання водно-жирових емульсій. Здійснено комплекс заходів щодо впровадження результатів досліджень у виробництво.

Ключові слова: емульсія, частота, питома енергія, процес ультразвукової обробки, ультразвукова установка, водно-жирова емульсія.

АННОТАЦИЯ

Червоный В.Н. Усовершенствование процесса эмульгирования жиров с помощью ультразвука и его аппаратное оформление. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Харьков, 2011.

Диссертация посвящена усовершенствованию процесса эмульгирования жиров с помощью ультразвука.

В диссертации исследовано влияние продолжительности ультразвуковой обработки, параметров ультразвуковой колебательной системы, геометрических размеров емкости, характеристики сырья и его количества на эффективность проведения процесса получения водно-жировых эмульсий.

Получены интегральные функции распределения количества жировых шариков с определенным диаметром в зависимости от частоты ультразвуковой обработки, продолжительности, а также количества жировой фазы.

Получена зависимость среднего диаметра жировой фазы от продолжительности ультразвуковой обработки.

Определено влияние акустических характеристик ультразвуковой обработки на эффективность процесса ультразвукового эмульгирования. Установлены рациональные параметры эффективности процесса ультразвукового эмульгирования: частота ультразвуковой обработки 22 кГц, продолжительность обработки 145...160 с. Доказано, что использование ультразвуковой обработки с удельной мощностью 15 Вт/дм³ дает максимальную производительность ультразвуковой установки, не ухудшая качество готовой эмульсии.

Установлено, что при ультразвуковой обработки частотой 22 кГц и продолжительностью 135 с распределение жировых шариков в эмульсии с частицей жира 30% не отличается от распределения жировых шариков в эмульсии с частицей жира 10%, что обосновывает получение качественных высококонцентрированных эмульсий с помощью ультразвука с частью жира 30%.

Проведены исследования продолжительности хранения, которые показали, что водно-жировые эмульсии сохраняют общую стойкость на достаточном уровне в течение 24 ч (показатель общей стойкости после 24 ч хранения 58...75%). Это обосновывает возможность их использования в технологических процессах приготовления продуктов питания.

Проведена оценка экономической эффективности от внедрения ультразвукового устройства для получения водно-жировых эмульсий. Период окупаемости при коэффициенте использования устройства $k = 0,5$ составляет 8 месяцев. Предложено направление использования водно-жировой эмульсии в качестве составляющей части для изготовления мясных рубленых полуфабрикатов, которое позволит уменьшить отпускную цену на полуфабрикат на 10...11%.

Разработана установка для проведения процесса ультразвукового эмульгирования свиного жира, которая позволяет получить эмульсии со средним размером жировых шариков $(2...3) \cdot 10^{-6}$ м без применения эмульгаторов. Разработан комплект проектной документации на создание экспериментального образца ультразвукового устройства для получения водно-жировых эмульсий, в том числе техническое описание и инструкцию по эксплуатации ультразвукового устройства для получения эмульсий УПОЕ-1, а также техническую документацию – «Рекомендации по использованию ультразвуковых установок для получения эмульсий из жиросодержащего сырья».

Осуществлен комплекс мероприятий по внедрению результатов исследований в производство.

Ключевые слова: эмульсия, частота, удельная энергия, процесс ультразвуковой обработки, ультразвуковая установка, водно-жировая эмульсия.

ANNOTATION

Chervonyi V.N. Improvement of the process of the emulsification of fat by ultrasound and and its apparatus execution. – Manuscript.

Thesis for Candidate's degree by speciality 05.18.12 – Processes and Equipment for Food, Microbiological and Pharmaceutical Industries. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, Kharkiv, 2011.

The dissertation is devoted to improvement of the process of the emulsification of fat by ultrasound and and its apparatus execution.

The thesis investigated the influence of the duration of ultrasonic treatment, the parameters of ultrasonic oscillatory system, the geometric dimensions of capacity, performance materials and its quantity on the efficiency of the process of obtaining a water-lipid emulsions.

Obtained the cumulative distribution function of the fat globules with a certain diameter, depending on the frequency of ultrasonic treatment, the duration and amount of fat phase.

The dependence of the average diameter of the fat phase of the duration of ultrasonic treatment.

Established rational parameters of the effectiveness of ultrasonic emulsification: the frequency of 22 kHz ultrasonic treatment, the duration of treatment 145 ... 160 s. The use of ultrasonic treatment with a specific capacity of 15 W/dm³ gives the best performance of ultrasonic installation without compromising the quality of the finished emulsion.

Designed by an ultrasonic apparatus for obtaining a water-lipid emulsions. A range of activities on implementation of research results into production.

Key words: emulsion, frequency, the specific energy ultrasonic treatment, ultrasonic device, water-lipid emulsion.

Харківський державний університет харчування та торгівлі,
вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

ДОД ХДУХТ, вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051