

РОЗРОБКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА

Постнов Г.М., к.т.н., проф., Червоний В.М., к.т.н., доц.,

Шипко Г.М., магістрант

(Харківський державний університет харчування та торгівлі)

Постнова О.М., к.т.н., доц.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

Було запропоновано використання ультразвукової обробки для ефективного проведення процесу гомогенізації молока, проведено дослідження щодо вивчення впливу ультразвукової обробки на ефективність процесу. За результати досліджень сформульовані основні технологічні, експлуатаційні та екологічні вимоги для ефективного проведення процесу гомогенізації молока, а також запропоновано принципову схему для апаратурного оформлення відповідного процесу.

Постановка задачі. У складі молока міститься 87,3% води, 12,5% сухих речовин, у тому числі 3,8% молочного жиру, 3,3% білків, 4,7% молочного цукру, 0,7 мінеральних речовин. Особливість багатьох компонентів молока в тому, що природа не повторює їх ні в якому іншому продукті харчування [1-2].

У молоці жир розподілений у вигляді жирових кульок, оточених складними білковими оболонками, тобто являє собою емульсію молочного жиру у воді. Розмір жирових кульок коливається від 1 до 5 мкм. Причому, кількість жирових кульок, що мають розмір більше 2 мкм, складає більше 50% і залежить від породи та індивідуальних особливостей корови [3-4].

Поживна цінність молока в значній мірі визначається розмірами частинок жиру в молоці. Надтонке дроблення жиру в емульсіях дуже сильно змінює властивості вихідного продукту. У проведених дослідженнях австралійськими вченими доведено, що дроблення жирових кульок молока до менших, ніж в початковому стані, розмірів майже на третину підвищує поживну цінність молока [5].

Одним з технологічних рішень у виробництві молочних продуктів дитячого харчування є організація попередньої обробки молока ультразвуком для його диспергування.

За даними досліджень американських вчених, під час ультразвукової обробки молока не відбувається руйнування найбільш лабільної частини вітаміну С і його вміст практично дорівнює вихідному. Як відомо, пастеризація паром знижує концентрацію вітаміну С на 20 ... 30%, інфрачервоним випромінюванням на 10 ... 15%, кип'ятіння -

практично повністю руйнує вітамін С. Австралійські вчені стверджують, що ультразвукова обробка забезпечує не тільки підвищення поживної цінності молока, але і його стерилізацію, а оброблене ультразвуком і заморожене для тривалого зберігання молоко, після розморожування повністю зберігає свої поживні і смакові якості [6].

Отримані дані свідчать про широкі можливості використання ультразвукової обробки для виробництва молочних продуктів дитячого харчування.

На ринку молочного устаткування ультразвукові гомогенізатори представлені одиничними моделями. Зокрема, ТОВ «Юнітерм» (Росія) пропонує ультразвукове обладнання – гомогенізатори проточного типу УЗК 05 та УЗК 07. Установа являє собою кільцевий ультразвуковий перетворювач оригінальної конструкції, який виконаний на сучасних п'єзоелементах. Однак в даних конструкціях не реалізована можливість зміни частоти коливань ультразвукових хвиль.

Метою досліджень стало формулювання основних технологічних, експлуатаційних та екологічних вимог для ефективного проведення процесу гомогенізації молока, а також розробка принципової схеми для апаратурного оформлення відповідного процесу.

Основні матеріали досліджень. На кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва проводяться дослідження з вивчення впливу ультразвукових хвиль на ефективність процесу гомогенізації молока.

В ході проведення експериментальних робіт було визначено розподіл розмірів

жирової фази в молоці від тривалості ультразвукової обробки. Частота ультразвукової обробки була обрана зі стандартного ряду магнітострикційних випромінювачів, що випускаються промисловістю, і дорівнює 22 кГц. Тривалість була обрана 45, 90, 135, 180 с, з розрахунку того, що збільшення тривалості обробки понад 200 с призводить до різкого збільшення температури суміші, внаслідок чого стає неможливим отримання емульсії з високими показниками якості (стійкість, дисперсність) або емульсії взагалі. Кількість оброблюваної речовини складає 500 мл.

Для проведення обробки молока була підготовлена спеціальна ємність з нержавіючої сталі Ст25 діаметром 65 мм, висотою 150 мм, товщина стінок ємності 2 мм, яка володіє високими відбивальними властивостями ультразвукових хвиль.

Отримана проба піддавалась мікроскопіюванню та фотофіксацією результатів. На наступному етапі фотоматеріали завантажувалися в ЕОМ та за допомогою програми «UTHSCSA ImageTool» проводився процес отримання результатів вимірювання. Статистична обробка результатів проводилась з використанням програми «Microsoft Office Excel».

Необхідна кількість інтервалів розбивки визначено за умов допустимості похибки апроксимації кривої розподілу для випадку квантування половини кривої нормального

закону розподілу.

В ході досліджень було визначено кількість кульок жирової фази в заданих інтервалах з кроком $h = 1 \cdot 10^{-6}$ м. На основі експериментальних даних розподілу жирових кульок від їх 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 розподілу $F(d)$, 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:

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

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

Отримані залежності для частоти ультразвукової обробки 22 кГц наведені на рис. 1.

Універсальність і високу швидкість процесу ультразвукової обробки можна пояснити тим, що при накладанні ультразвукових коливань порушується прикордонний шар часток середовища, що збільшує активну поверхню речовини.

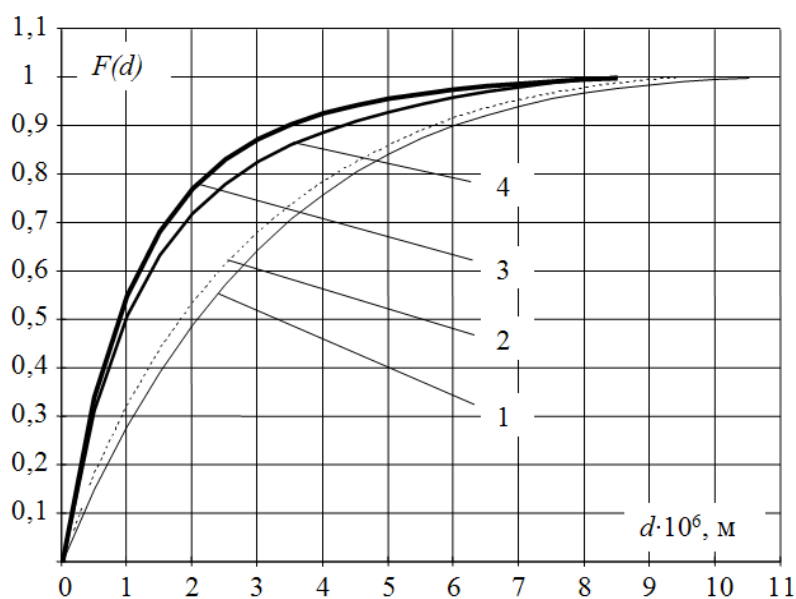


Рис. 1. Інтегральна функція розподілу $F(d)$ розмірів кульок дисперсної фази d в молоці за частоти 22 кГц та тривалості ультразвукової обробки, с: 1 – 45; 2 – 90; 3 – 135; 4 – 180

Отримані дані свідчать про те, що обробка ультразвуковими хвилями частотою 22 кГц молока жирністю 3,2% дозволяє домогтися підвищення коефіцієнта дисперсності на 27...64% впродовж ультразвукової обробки тривалістю 135...180с.

Для розробки проекту апарату для ультразвукової обробки молока необхідно сформулювати вимоги, щодо його характеристик. Процес гомогенізації молока ефективно проводиться за умов питомої потужності ультразвукової обробки 15 Вт/дм³ [7]. Продуктивність ультразвукової установки повинна відповідати вимогам, що висуває сучасний розвиток господарства. Тому, для проведення процесу гомогенізації молока потрібно досягти продуктивності 100 дм³/год.

Загальні вимоги безпеки при експлуатації ультразвукового пристрою повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.124-90 і «Правилам будови та безпеки експлуатації посудин, що працюють під тиском ПБ-10-115-96». В установці повинні бути присутніми справні вентиля, що відключають подачу в установку води та сировини. Вони повинні забезпечувати можливість швидкого та надійного перекриття трубопроводів. Пристрій, зміст і експлуатація трубопроводу по гарячій воді повинні відповідати вимогам «Правил устрою та безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води». Пускова апаратура повинна бути надійно заземлена. Стан заземлення при експлуатації підлягає систематичній перевірці.

Виходячи з того, що в ультразвуковій установці планується використання магнітострикційних випромінювачів, необхідно перед включенням установки забезпечити пуск води для охолодження випромінювачів. У пускової кнопки установки повинна бути табличка з написом, що нагадує про необхідність включення подачі води. При проектуванні установки необхідно врахувати максимальну можливість її розбирання для проведення санітарної обробки або розробити конструкцію, що зможе забезпечити можливість її ефективною безрозбірною мийки.

За умови, що в установці будуть протікати теплові процеси з метою зменшення енерговитрат необхідно в якості термоізоляції застосувати високоефективний екологічно чистий малогорючий матеріал, захищений спеціальною обшивкою.

Лабораторні дослідження базувались на

використанні ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т за частоти обробки 22 кГц та кількості суміші, що обробляється, 0,5 дм³. З метою інтенсифікації процесу гомогенізації молока та збільшення продуктивності пристрою необхідно досягти умови, за якої в оброблювальну камеру під впливом тиску буде подаватися суміш і через 135... 180 с буде надходити нова порція суміші.

Грунтуючись з розподілу акустичного поля ультразвукових коливань у рідині з розвинутою кавітацією необхідно, щоб діаметр випромінювальної поверхні робочого інструмента складав діаметр 1...3 см, а поздовжній розмір робочого об'єму акустичного апарата не перевищував 10...20 см.

Оскільки робочий інструмент ультразвукової коливальної системи виконується зазвичай у вигляді диска необхідного діаметра та має дві протилежні випромінюючі поверхні (тобто одночасно випромінює ультразвукові коливання убік dna робочого об'єму та поверхні рідини в об'ємі) оптимальним буде занурення робочого інструмента в оброблюване середовище на глибину, близьку до половини поздовжнього розміру робочого об'єму.

Основними факторами для вибору параметрів при розробці ультразвукового апарата є: інтенсивність і частота коливань; час озвучування, продуктивність апарата, температура, тиск і інші умови проведення процесу в ультразвуковому полі. На основі цих даних було запропоновано принциповий устрій ультразвукового апарата для гомогенізації молока. Він складається з ультразвукового перетворювача з випромінювачем, зовнішнього елемента, внутрішнього елемента, ущільнювача, патрубків введення сировини та виведення гомогенізованого молока, кришки. В середину зовнішнього елемента встановлено внутрішній елемент з зазором 0,5...2 мм, внаслідок чого утворюється камера ультразвукової обробки. Розмір зазору змінюється при використанні внутрішніх елементів різного діаметра. Регулювання зазору дозволяє обробляти різноманітну сировину з підвищеною в'язкістю. Зовнішній та внутрішній елементи виготовлені з матеріалів, що мають високі відбивні властивості ультразвукових коливань. Ультразвуковий перетворювач з випромінювачем введено через отвір в основі

зовнішнього елемента безпосередньо в камеру ультразвукової обробки.

Для кріплення ультразвукового перетворювача з випромінювачем до зовнішньої камери використовують гвинти. Герметичність досягається використанням ущільнювачів. Для інтенсифікації процесу гомогенізації молока на внутрішніх стінах зовнішнього елемента знаходиться гвинтоподібний канал. Кришка кріпиться за допомогою болтів через отвори з елементами. Для герметизації використовують ущільнювачі.

Апарат працює наступним чином. Вмикається ультразвуковий перетворювач з випромінювачем. Через патрубок введення підготовлена сировина потрапляє в камеру ультразвукової обробки. За рахунок того, що зовнішній та внутрішній елементи виготовлені з матеріалів, які мають високі показники відбивання ультразвуку, відбувається інтенсивний процес гомогенізації молока. В процесі гомогенізації сировина наповнює камеру та поступає в міжстінний простір елементів. Потік сировини розподіляється на два потоки, один з яких продовжує рух в гвинтоподібному каналі, а другий – вздовж бічної поверхні внутрішнього елемента. Внаслідок того, що вектори швидкостей потоків направлені під кутом 90° відбувається турбулізація загального потоку, що підвищує якість отриманого гомогенізованого молока

та інтенсифікує процес гомогенізації. Гомогенізоване молоко через патрубок виведення потрапляє в ємність для збору продукту.

Висновки. В ході проведення експериментів було виявлено, що обробка ультразвуковими хвилями частотою 22 кГц молока жирністю 3,2% дозволяє домогтися підвищення коефіцієнта дисперсності на 27...64%. На наступних етапах досліджень планується визначити вплив ультразвукової обробки на зміну мікробіологічних показників.

За результати досліджень сформульовані основні технологічні, експлуатаційні та екологічні вимоги для ефективного проведення процесу гомогенізації молока, а також запропоновано принципову схему для апаратного оформлення відповідного процесу.

Отримані результати будуть впроваджені в навчальний процес Харківського державного університету харчування та торгівлі, а саме під час виконання дипломного проекту магістра планується обґрунтувати можливість використання ультразвукових установок для виробництва молочних продуктів на промислових потужностях підприємства ПАТ «Яготинське для дітей» (Україна), розробити конструкцію ультразвукового диспергатора і адаптувати технологічну схему виробництва гомогенізованого молока.

Література

1. Шалыгина А.М. Общая технология молока и молочных продуктов: учебник для вузов / А.М.Шалыгина, Л.В.Калинина. – М. : КолосС, 2006. – 199 с.
2. Твердохлеб Г.В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г.В.Твердохлеб, Р.И.Раманаскас. – М. : Де Ли Принт, 2006. – 306 с.
3. Кузнецов В.В. Справочник технолога молочного производства: Технология и рецептуры. Т. 6 : Технология детских молочных продуктов / В.В.Кузнецов, Н.Н.Липатов. – СПб : ГИОРД, 2005. – 512 с.
4. Шидловская В.П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов: Справочник / В.П.Шидловская. - М. :

References

1. Shalygina A.M. General Technology of milk and milk of products [Total milk and dairy products technology: a textbook for high schools] / A.M.Shalygina, L.V.Kalinina. - M.: Colossus, 2006. - 199 p. [in Russian].
2. G.V.Tverdohleb Chemistry and Physics of milk and milk of products [Chemistry and physics of milk and milk products] / G.V.Tverdohleb, R.I.Ramanskas. - M: De Li Print, 2006. - 306 p. [in Russian].
3. V.V.Kuznetsov Directory technologist milk production [Directory technologist milk production: technology and formulations]. T. 6: Technology infant products / V.V.Kuznetsov, N.N.Lipatov. - St. Petersburg: GIORД, 2005. - 512 p. [in Russian].
4. Shidlovskaya V.P. Orhanolepticheskiye properties of milk and milk of products [The organoleptic properties of milk and dairy

5. Kolos, 2004. – 360 с.
5. Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing / Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Canovas, Jochen Weiss. – Springer, New York, 2010. – 678 p.
6. Wu H. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter / H. Wu, G. J. Hulbert, J. R. Mount // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – №1. – 2000. – P. 211-218.
7. Дейниченко Г.В. Отримання водно-жирових емульсій за допомогою ультразвуку / Г.В.Дейниченко, Г.М.Постнов, М.А.Чеканов, В.М.Червоний та ін. – Х.: Факт, 2013. – 192 с.

- products]: Reference / V.P.Shidlovskaya. - Moscow: Kolos, 2004. - 360 p. [in Russian].
5. Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing / Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Canovas, Jochen Weiss. - Springer, New York, 2010. - 678 p. [in English].
6. Wu H. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter / H. Wu, G. J. Hulbert, J. R. Mount // Innovative Food Science & Emerging Technologies. - №1. - 2000. - P. 211-218. [in English].
7. Deynichenko G.V. Otrimannya water-fat emulsiy for Relief Ultrasound [Getting water-fat emulsions with ultrasound] / G.V.Deynichenko, G.M.Postnov, M.A.Chekanov, V.M.Chervony that in. - H. : Fact, 2013. - 192 p. [in Ukrainian].

Аннотация

РАЗРАБОТКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ГОМОГЕНИЗАТОРА МОЛОКА

Постнов Г.М., Червоний В.М., Шипко Г.М., Постнова О.Н.

Было предложено использование ультразвуковой обработки для эффективного проведения процесса гомогенизации молока, проведено исследование по изучению влияния ультразвуковой обработки на эффективность процесса. По результатам исследований сформулированы основные технологические, эксплуатационные и экологические требования для эффективного проведения процесса гомогенизации молока, а также предложено принципиальную схему для аппаратурного оформления соответствующего процесса.

Abstract

DEVELOPMENT OF MILK ULTRASONIC HOMOGENIZER

Postnov G.M., Chervoniy V.M., Shipko G.M., Postnova O.M.

The use of ultrasonic treatment was suggested for the effective conduct of the process of homogenization of milk, a study on the effect of ultrasonic treatment on the effectiveness of the process. According to studies formulates the basic technological, operational and environmental requirements for the effective conduct of the process of homogenization of milk, but also suggested the concept for the hardware design of the process.

