

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУМИННОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА З РОЗДІЛЬНИМ ПОДАВАННЯМ ЖИРОВОЇ ФАЗИ

*У статті подано результати експериментальних досліджень впливу швидкості дисперсійної фази, діаметра каналу підводу жирової фази та швидкості її подавання на величину жирових часток процесу гомогенізації з роздільним подаванням жирової фази.*

**Ключові слова:** гомогенізація, диспергатор, роздільна гомогенізація, струминний гомогенізатор, експериментальні дослідження.

У процесі виробництва харчових продуктів, які являють собою емульсії, однією з основних проблем є створення продукту високої гомогенності з найменшим розміром часток дисперсної фази та стабільним протягом тривалого часу. До таких продуктів, крім молочних продуктів та продуктів дитячого харчування, останнім часом приєдналась група харчових продуктів із комбінованим жировим складом. Основна причина цього – недостатні обсяги виробництва молочної сировини, її велика вартість, що відображається і на вартості молочних продуктів для кінцевого користувача.

Останнім часом усе більша кількість виробників молочної продукції переходять на використання заміників молочного жиру (ЗМЖ). Виробники таких продуктів стверджують, що поряд із відомими перевагами молочного жиру, він має і недоліки, такі як, наприклад, за регулярного вживання продуктів на основі молочного жиру у людини значно збільшується кількість холестерину в організмі, що може призвести до різних захворювань серцево-судинної системи. Перевагами ЗМЖ є: зручність у використанні; поліпшення поживних властивостей, відсутність холестерину, трансізомерів жирних кислот; можливість поєднання з тваринним жиром, джерелами молочної сировини; можливість розроблення нових видів молочної продукції.

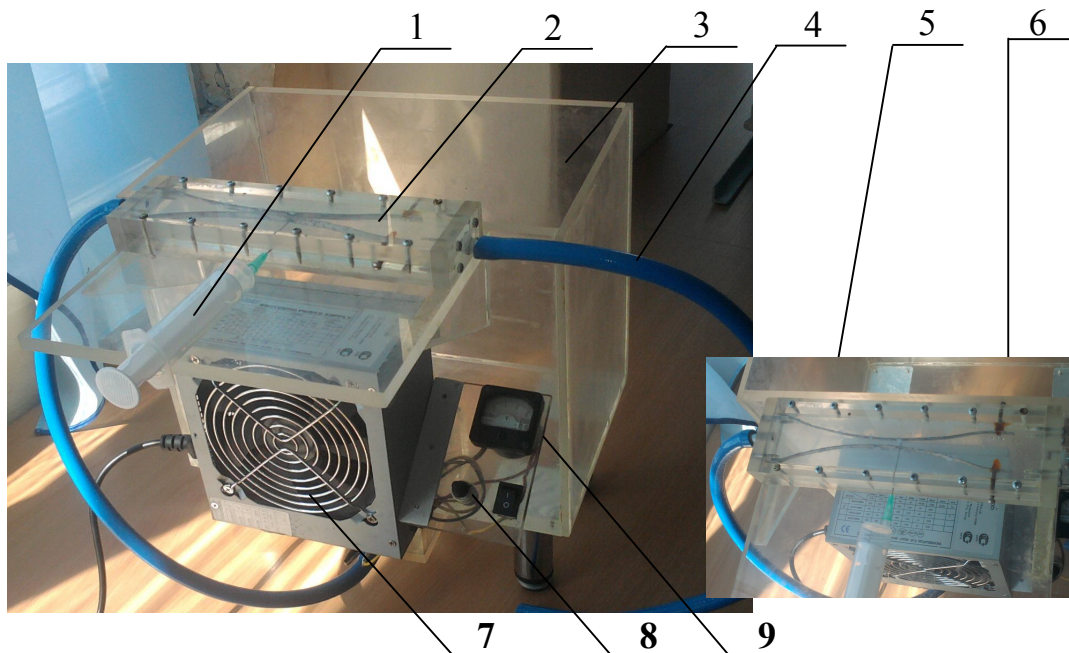
Для створення стабільних емульсій продуктів на основі ЗМЖ використовують диспергатори (емульсори), які подрібнюють дисперсну фазу (жири) та рівномірно розподіляють її у дисперсійній фазі (зазвичай – знежирене молоко). Розмір часток жиру після диспергування – 2-10 мкм [1]. Для досягнення цієї ж мети для молочних продуктів використовують гомогенізатори, ступінь подрібнення жирової фази в яких становить 0,8-2 мкм. Причому принципової різниці між емульсорами та гомогенізаторами не існує [2]. Останні дослідження стверджують, що підвищення ступеня дисперсності молочного жиру або його заміників до розмірів менше 0,8-0,3 мкм вкрай позитивно впливають на процеси засвоєння організмом людини [3]. Таким чином, проблема створення універсального пристрою для створення високодисперсних жирових емульсій має підвищену актуальність.

Аналізуючи теорії гомогенізації, що існують, дійшли до висновку, що визначальним у процесі руйнування жирових часток у середовищі дисперсійної

фази є різниця швидкостей між жировою кулькою та оточувальною дисперсійною фазою [4]. Основна причина невдач під час створення нових типів гомогенізаторів, на наш погляд, полягає у тому, що причиною руйнування жирових часток більшість авторів вважали градієнт швидкості потоку і не враховували високу залученість сусідніх шарів дисперсійної фази при її русі. Виділити жирову кульку та змусити її рухатись з відмінною від оточувальної плазми швидкістю – складне завдання, розв'язання якого дозволило б значно збільшити коефіцієнт корисної дії гомогенізаторів, який для клапанних машин становить 0,0018% [5]. Висока різниця швидкостей досягається у протитечійно-струменевому гомогенізаторі, але підвищене піноутворення ускладнює його широке використання у промисловості. Результатами аналітичних досліджень в створенні ефективної та універсальної конструкції гомогенізаторів є струминний гомогенізатор із роздільним подаванням вершків [6].

Розроблена конструкція струминного гомогенізатора дозволяє створювати максимальну різницю швидкостей між жиром і дисперсійною фазою та витримувати необхідний склад емульсії за жировим складом (здійснювати нормалізацію за жирністю). Для вивчення процесу гомогенізації в такому пристрої є необхідними його експериментальні дослідження, зокрема дослідження розмірів жирових часток залежно від конструктивних і режимних параметрів.

Для проведення експериментальних досліджень створено лабораторну установку, яка дозволяє змінювати, досліджувати необхідні параметри процесу (рисунок 1).



1 – шприц для введення жирової фази; 2 – корпус струменеутворювача; 3 – ємність для знежиреного молока; 4 – патрубок відводу обробленого продукту; 5 – напрямки; 6 – регульовальні тяги; 7 – блок живлення насосу; 8 – потенціометр зміни подавання насосу; 9 – вольтметр.

Рисунок 1 – Загальний вигляд лабораторної установки для струменевої гомогенізації з роздільним подаванням жирової фази

Тиск диспергування доцільно збільшувати до 4...6 МПа, тому що цієї величини досягається максимально необхідна ступінь диспергування за теоретичними розрахунками. Висота камери – 4 мм. За такого діапазону діаметрів сопел і прийнятого вище діапазону надлишкового тиску, продуктивність диспергатора буде становити 350...2000 кг/год, що відповідає більшості промислових машин. Мінімальна відстань між напрямками, за теоретичними розрахунками, – від 0 до 10 мм.

Температура диспергування молока за технологічними вимогами становить 40...70°C. Нижня межа обумовлена температурою повного розплавлення молочного жиру, що переходить у рідкий стан, а вища – змінами у властивостях молока, які відбуваються у процесі пастеризації і є небажаними для диспергування. Отже, досліди проводились за температури 55-60°C.

Як дисперсна фаза використовувалась рослинна олія. Концентрація жиру в кінцевому продукті підтримувалась в межах 3-5%. Для оцінки якості гомогенізації використовувався метод підрахунку та заміру розмірів жирових кульок під мікроскопом. Кожен дослід повторювався 3 рази, після чого визначалося середнє арифметичне, здійснювалась перевірка на грубі промахи (методом оцінки максимальних розбіжностей результатів дослідів). Із кожної проби відбирали 10-15 характерних мікрофотографій та визначали середній розмір жирових кульок.

Відповідно до планування експериментальних досліджень були проведені досліди з визначення впливу потужності насоса та відстані між напрямними на якість диспергування (рисунок 2).

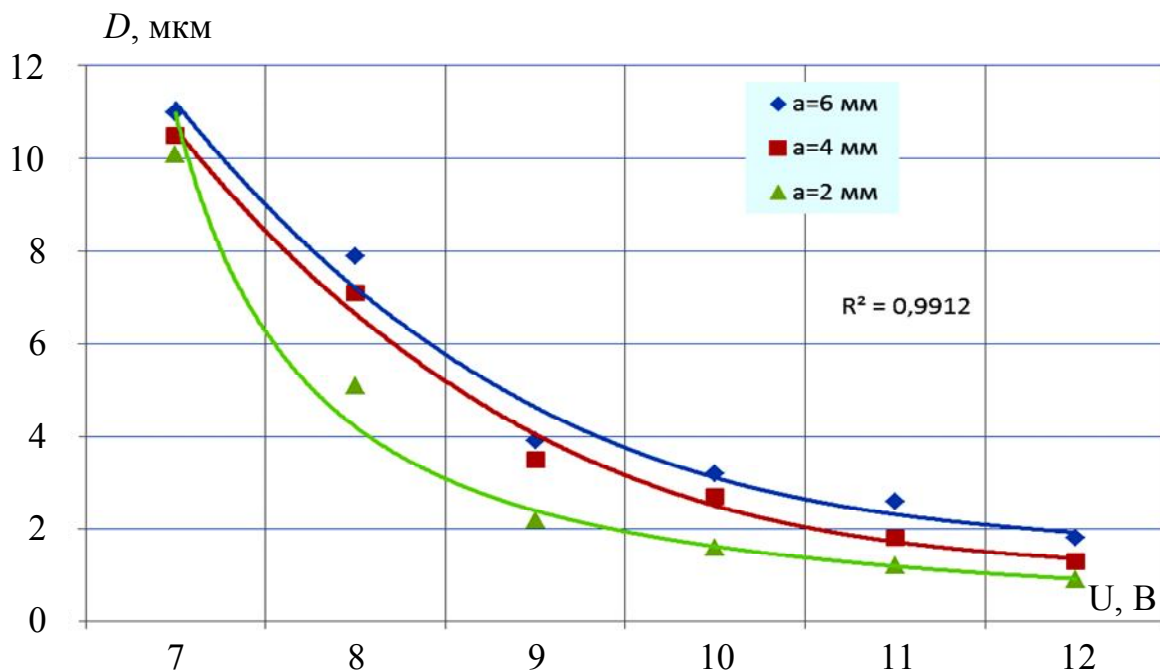


Рисунок 2 – Залежність розміру часток жиру  $D$ , мкм від потужності насоса  $U$ , В та відстані між напрямними  $a$ , мм.

Відповідно до рисунка 2, якість диспергування підвищується (знижується середній розмір жирових кульок) із підвищенням потужності насоса. Насос ви-

користується об'ємної дії, тому з підвищенням напруження відбувається одночасно два явища – збільшення його подавання та підвищення тиску. Зі збільшенням тиску – збільшується і швидкість потоку рідини в камері диспергування. Такий самий процес відбувається і зі збільшенням подавання насосу. У сукупності підвищення напруження призводить до збільшення швидкості плинину рідини – тобто збільшується значення критерію Вебера, що закономірно збільшує ступінь диспергування. За зменшення відстані між напрямними  $a$ , за умовою нерозривності потоку, підвищується швидкість у точці введення жирової фази, що також збільшує критерій Вебера та ступінь диспергування.

Результати досліджень узагальнені на графіку залежності якості диспергування від швидкості потоку рідини (рисунок 3).

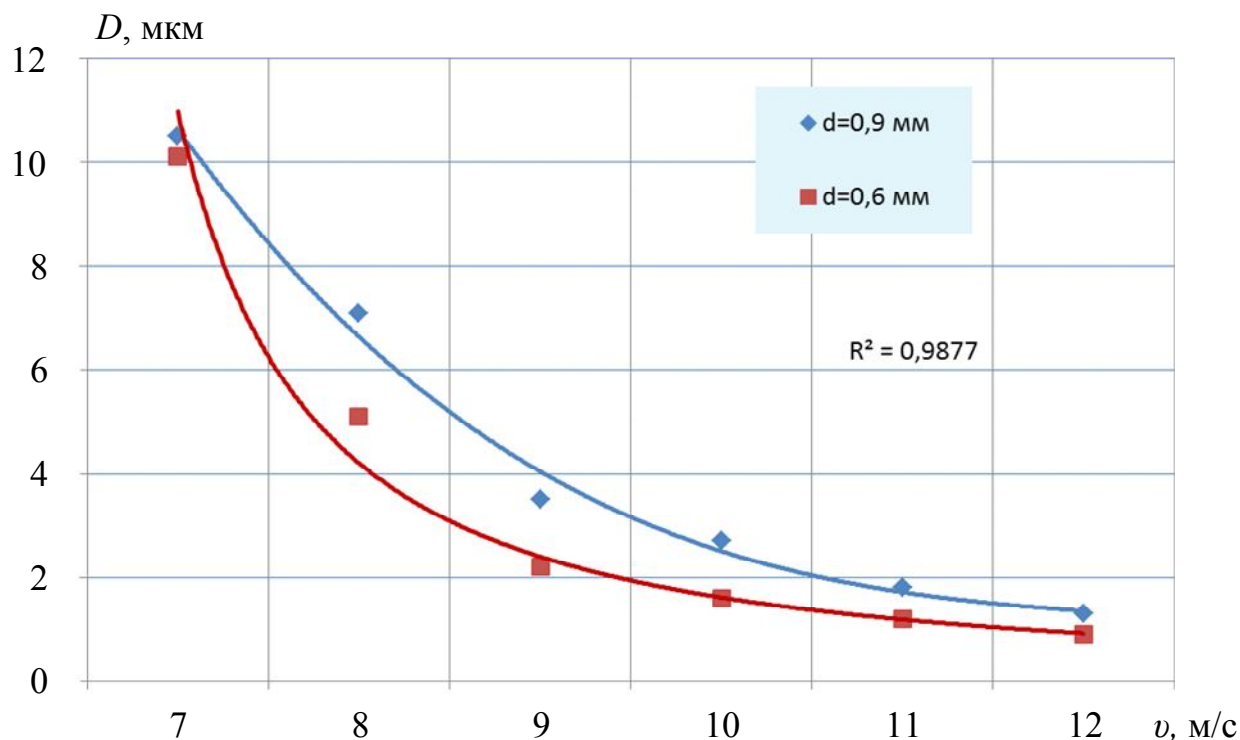


Рисунок 3 – Залежність розміру часток жиру  $D$ , мкм від швидкості потоку  $v$ , м/с та діаметра каналу подавання жиру  $d$ , мм

Із підвищенням швидкості плинину рідини збільшується значення критерію Вебера і ступеня дисперсності жиру після оброблення.

Для дослідження впливу діаметра каналу подавання жиру в диспергаторі використовувались голки з внутрішнім діаметром 0,9 та 0,6 мм. Зі зменшенням діаметра отвору зменшується середній розмір жирових часток після оброблення. Цю закономірність можна пояснити тим, що краплі жиру після входження до швидкісного потоку через отвір меншого діаметра легше подрібнюються до більшого ступеня дисперсності.

Мають інтерес дослідження величини подавання жирової фази на ступінь дисперсності (рисунок 4).

Зі збільшенням каналу подавання та величини подавання вершків у робочу камеру величини крапель жиру до моменту подрібнення збільшуються.

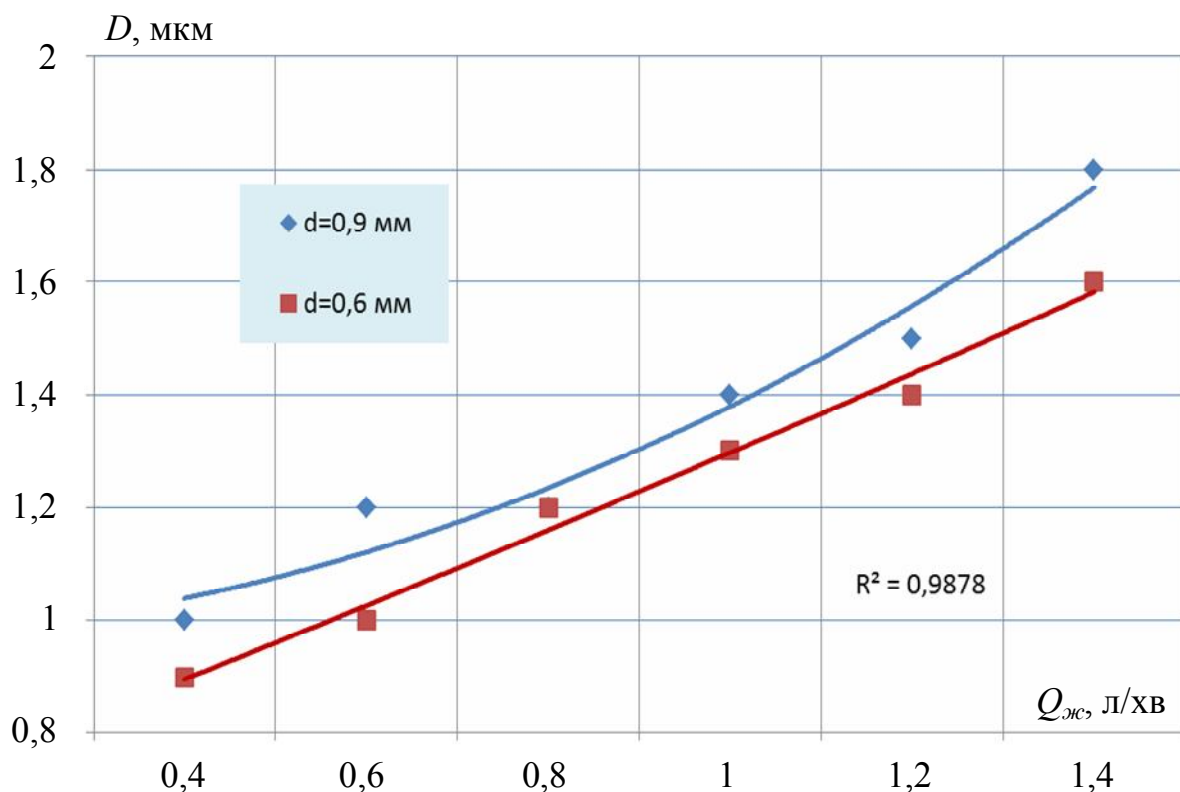


Рисунок 4 – Залежність розміру часток жиру  $D$ , мкм від подавання жиру  $Q_{жс}$ , л/хв та діаметра каналу подавання жиру  $d$ , мм

Краплі жиру більшого розміру, за критерієм Вебера, потребують більш високої швидкості потоку для подрібнення, тому їх середній діаметр після оброблення буде більшим.

**Висновки.** За підвищення швидкості плинун дисперсійної фази і збільшення критерію Вебера очікувано збільшується ступінь дисперсності жирової фази. За швидкістю потоку 55 м/с мінімальний середній розмір часток, що вдалося одержати, 0,9-1 мкм – на рівні клапанних гомогенізаторів за енерговитрат у 2-3 рази менших, ніж у інших струминних диспергаторів. Зі зменшенням діаметра каналу підведення вершків на 30% розмір дисперсних часток зменшується на 8-12%, а збільшення швидкості введення вершків з 0,4 до 1,4 л/хв збільшує розмір часток майже вдвічі, тому оптимальним для збільшення продуктивності дослідного гомогенізатора (або підвищення вмісту жиру у продукті, що обробляється) є підвищення кількості каналів підведення вершків за мінімального їх діаметра.

У подальшому планується дослідити вплив швидкості дисперсійної фази, подавання жиру, діаметрів каналів підводу жиру на продуктивність та енерговитрати гомогенізатора і провести дослідження, використовуючи не рослинну олію, а молочні вершки.

### Література

1. Фролов С.В. Механизм гомогенизации применительно к молочно-растительным смесям / С.В. Фролов, Т.П. Арсентьева, В.Е. Куцакова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 8. – С. 11-14.

2. Вайткус В.В. Гомогенизация молока / В.В. Вайткус. – М.: Пищ. пром-сть, 1967. – 218 с.
3. Fomon S.J. Nutrition of normal infants / S.J. Fomon. – Mosby, 1999. – 476 с.
4. Самойчук К.О. Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / К.О. Самойчук. – Донецьк, 2008. – 155 с.
5. Лонцин М. Основные процессы пищевых производств / М. Лонцин, Р. Мерсон; перевод с англ. Ф.Н. Евтеевой; под ред. И.А. Рогова. – М.: Лёг. и пищ. пром-сть, 1983. – 279 с.
6. Самойчук К.О. Струминний гомогенізатор з роздільною подачею вершків / К.О. Самойчук, О.О. Ковальов // VII міжнар. наук.-практ. конф., 7-9 вересня 2011 р., Донецьк-Святогірськ: [тези доп.]. – Донецьк, 2011. – С. 172-175.