

УДК 637.134

## ВИКОРИСТАННЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ У СТРУМИННОМУ ГОМОГЕНІЗАТОРІ МОЛОКА З РОЗДІЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ ВЕРШКІВ

Самойчук К.О., к.т.н.,

Ковальов О.О., аспірант\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(06192) 42-13-06

**Анотація** - в статті обґрунтовано можливість використання гомогенізатора з роздільною подачею вершків для нормалізації молока за жирністю і наведені залежності для розрахунку параметрів гомогенізатора для забезпечення необхідної жирності суміші.

**Ключові слова** – гомогенізатор молока, роздільна гомогенізація, нормалізація, струминний гомогенізатор.

*Постановка проблеми.* Гомогенізація є обов'язковою операцією у технологічних процесах виробництва більшості молочних продуктів. Проте водночас вона є однією з самих енергоємних операцій, при тиску 10 МПа необхідно збільшити поверхню розділу фаз на 500 тис. м<sup>2</sup> на що потрібно витратити 8 кВт/т та більше [1]. Існує ряд факторів що впливають на відсутність єдиної теорії гомогенізації зокрема: важкодоступність процесу для досліджень великі швидкості процесу та малі розміри часток. Тому розробка нових конструкцій гомогенізаторів спрямованих на подальше вивчення процесу гомогенізації та зниження енергоємності процесу є пріоритетним напрямом діяльності науковців.

Одним з методів зниження енергоємності процесу гомогенізації засновано на попередньому виділенні сепарацією низькожирних (12%) вершків, гомогенізації їх при температурі 70°C та тиску 10 – 15 МПа, та послідууючої нормалізації вершків знежиреним молоком (роздільна гомогенізація). Роздільну гомогенізацію застосовують для того, щоб отримати продукт з необхідним вмістом жиру, підвищити стабільність жирової фази та білків та обмежити небажаний механічний вплив на молочний білок при виробництві питного молока, кисломолочних продуктів та сирів. Згідно тверджень деяких авторів при роздільній гомогенізації продуктивність зростає до 2,5 разів, а витрати енергії зменшуються на

---

© Самойчук К.О., к.т.н., доцент, Ковальов О.О., аспірант

\* Науковий керівник – к.т.н., доцент Самойчук К.О.

50 – 70% за рахунок зниження кількості продукту, що гомогенізується [2].

Використання роздільної гомогенізації на основі розробки струминного гомогенізатора з роздільною подачею жирової фази – один з шляхів вирішення задачі зниження енерговитрат на гомогенізацію в молочній промисловості.

*Аналіз останніх досліджень.* Нормалізація є одним з нормативних процесів, що виконується для приведення у відповідність вмісту жиру в молоці та вирівнювання кількості складових частин молока. За вмістом жиру молоко нормалізують шляхом змішування: або періодичним способом, або безперервним у потоці з використанням сепаратора–нормалізатора. У безперервному методі нормалізація відбувається одночасно з очищенням від механічних домішок за оптимально рекомендованої температури 40 – 45°C. На підприємствах невеликої потужності нормалізація проводиться змішуванням у резервуарах. У певну кількість цільного молока додають при ретельному перемішуванні необхідну кількість знежиреного молока або вершків, розраховану за рівнянням матеріального балансу. Нормалізація виконується за жиром, білком та іншими компонентами, з врахуванням того, що вона може проводитись до та після теплової обробки [3]. Нормалізація молока виконується в наступному порядку: молоко подається до сепаратору, де поділяється на вершки та знежирене молоко. Після отримані вершки можна змішувати з рослинними домішками та знежиреним молоком у необхідній кількості [4].

З метою зниження ресурсоемності виробництва молочної продукції для заміни молочного жиру (або його частини) застосовують жири рослинного походження. На ринку України є велика кількість замінників молочного жиру, серед яких присутні спеціальні суміші та дешеві рослинні масла невисокої якості. Використовують кокосовий, пальмовий, соєвий жири, кукурудзяну та рослинну олію, а також суміші, наприклад "Акобленд", "Олмикс". Завдяки використанню у рецептурах рослинних жирів і білків білково–ліпідна композиція характеризується підвищеною цінністю. Молочно–рослинна ліпідна складова продукту відрізняється підвищеною збалансованістю порівняно з молочним жиром за рахунок поліненасичених кислот, токоферолів, фосфатидів та інших біологічно активних речовин рослинних олій. Рослинні жири, призначені для використання у технології молочної продукції, застосовують частіше у вигляді аналогів (замінників) молочного жиру, що отримуються шляхом спеціальної обробки (рафінація, гідрогенізація, переетерифікація) [5, 6].

Недостатня стабільність молочних вершків ускладнює процес отримання стійкої молочно-рослинної суміші. Використання для виробництва спредів високожирних молочних вершків з масовою часткою жиру, максимально наближеною до значення цього показника в готовому продукті, значно полегшує процес отримання стійкої емульсії та спрощує процес нормалізації високожирної суміші за вологою.

Температура компонентів (високожирні вершки, розплавлений рослинний жир) при складанні високожирної молочно-рослинної суміші повинна складати  $65 \pm 5$  °С. Даний температурний режим забезпечує мінімальні різниці щільності та в'язкості змішуваних компонентів, що гарантує стабільність емульсії. Швидкість подачі рослинного жиру в високожирні вершки або високожирних вершків у рослинні вершки повинна бути не більш 1500 кг/год. Молочно-рослинну суміш емульгують до отримання стійкої емульсії, що оцінюється візуально. Надмірний механічний вплив може призвести до дестабілізації емульсії [7].

Молочно-рослинна суміш обробляється на двоступінчастому гомогенізаторі при тиску 10 МПа на першій ступені, 4 МПа – на другій, тепловій обробці при 90°С з витримкою 10 хв, охолодження до 6°С та зберігання до використання [4].

Температура при складанні високо жирної рослинної суміші повинна складати близько  $65 \pm 5$ °С. Вказаний температурний режим забезпечує мінімальну різницю густин компонентів, що позитивно впливає на стабільність емульсії.

Отримання молока зі стандартними за масовою часткою жиру показниками забезпечується за рахунок нормалізації, з огляду на це матеріальні розрахунки проводяться саме на цьому етапі виробництва. При виборі варіанту нормалізації необхідно враховувати, що проведення гомогенізації є обов'язковим, якщо жирність молока 3,2% та вище. Нормалізація у потоці має низку переваг над змішуванням (періодичним способом нормалізації), а саме: безперервність та потоковість технологічного процесу, запобігання забрудненню та економія виробничих площ [8].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання)* Завданням статті є вивчення використання нормалізації в струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків. Згідно проведеного аналізу джерел, як вагомим способом зниження витрат енергії виділено роздільну гомогенізацію. До подачі у струминний гомогенізатор молоко, що здебільшого має істотні розбіжності жирової складової сепарують. Проведенням нормалізації встановлюється співвідношення компонентів, що дозволяє збільшити тривалість зберігання при забезпеченні якості продукту. В конструкції

створені зручні умови для нормалізації молока по вмісту жиру та інших складових згідно технологій процесу та рецептур [9]. Тому доцільно детальніше розглянути роздільну гомогенізацію як складову технологічного процесу виготовлення молочних продуктів та визначити головні параметри процесу. Отже метою статті є обґрунтування використання нормалізації в струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків та визначення раціональних параметрів процесу.

*Основна частина.* Для дослідження процесу струминної гомогенізації вихідними параметрами є: ступінь гомогенізації  $Hm$  та продуктивність гомогенізатору  $Q$ . Для забезпечення продуктивності гомогенізатору в межах 1000 – 5000 кг/год при ступені гомогенізації на рівні клапанних гомогенізаторів, надлишковий тиск повинен знаходитись в діапазоні значень  $\Delta p_1 = 0,5 \cdot 10^6 - 2,5 \cdot 10^6$  Па [10]. Для проведення розрахунків необхідно навести наступні параметри: густина плазми  $\rho_{пл} = 1035$  кг/м<sup>3</sup>, густина вершків  $\rho_v = 923$  кг/м<sup>3</sup>,  $h = 4 \cdot 10^{-3}$  м,  $a = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$  м,  $\mu_1 = 0,85$  та  $\mu_2 = 0,7$  – коефіцієнти витрат (залежить від конструкції каналів подачі знежиреного молока та вершків).

Продуктивність гомогенізатора визначається кількістю молока, що проходить крізь нього за одиницю часу. Для струминного гомогенізатору продуктивність в кг/год,  $Q_2$  можна розрахувати за формулою

$$Q_2 = Q_v + Q_{zn}, \quad (1)$$

Жирову фазу, що подається через відповідний канал подачі будемо розглядати як відкриту для зовнішніх впливів систему рухомих та взаємодіючих жирових крапель та суцільної середи. Витрати крізь канал подавання жирової фази можна розглядати як витрати крізь дросель.

$$Q_{zn} = 3600 \mu_1 S \rho_{пл} \sqrt{\frac{2}{\rho_{пл}} \Delta p_1}, \quad (2)$$

де  $S$  – площа перетину в місці найбільшого звуження, м<sup>2</sup>,  
 $\Delta p_1$  – надлишковий тиск у камері гомогенізатору, Па.

$$S = ha, \quad (3)$$

де  $h$  – висота камери по внутрішньому розміру, м;  
 $a$  – відстань між напрямляючими, м.

$$Q_v = 3600 \mu_v \rho_v \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho_v} \Delta p_2}, \quad (4)$$

де  $d$  – діаметр каналу подавання жирової фази, м;

$\Delta p_2$  – надлишковий тиск у каналі подавання жирової фази, Па.

Надлишковий тиск подачі жирової фази, згідно попередніх розрахунків, складає  $0,1 \cdot 10^6 - 0,5 \cdot 10^6$  Па. Молочно-рослинна суміш подається по каналу подачі жирової фази та змішується із знежиреним молоком у необхідній для забезпечення заданої жирності кількості [3]. Розрахунки щодо нормалізації можна вести графічним способом по трикутнику Баркана або по квадрату змішування.

Продуктивність по знежиреному молоку буде коливатись, згідно формули (2) в діапазоні значень від 397 кг/год при  $\Delta p_1 = 0,5$  МПа та  $a = 1$  мм до 10045 кг/год при  $\Delta p_1 = 3$  МПа і  $a = 10$  мм. Продуктивність по жировій складовій при зміні надлишкового тиску та діаметру каналу, згідно формули (4) коливається від 2,4 кг/год при  $\Delta p_2 = 0,1$  МПа та  $d = 3 \cdot 10^{-4}$  м до 135 кг/год при  $\Delta p_2 = 0,5$  МПа та  $d = 15 \cdot 10^{-4}$  м. Продуктивність 1000 кг/год відповідає наступним режимам: надлишковому тиску в камері гомогенізатора  $\Delta p_1 = 2,5 \cdot 10^6$  Па, діаметру каналу подавання жирової фази  $d_2 = 0,00135$  м, надлишковому тиску в каналі подавання жирової фази  $0,5 \cdot 10^6$  Па та відстані між напрямляючими 1 мм.

При  $J_{zn} < J_{н.м}$  для нормалізації до знежиреного молока додають вершки, кількість яких розраховують за формулою [11].

$$M_g = \frac{M_{н.с} (J_{н.с} - J_{zn})}{J_g - J_{н.с}}, \quad (5)$$

А кількість знежиреного молока відповідно за формулою

$$M_{zn} = \frac{M_{н.с} (J_g - J_{н.м})}{J_g - J_{zn}}, \quad (6)$$

де  $M_{н.с}, M_g, M_{zn}$  - відповідно маса нормалізованої суміші, вершків, знежиреного молока, кг;

$J_{н.с}, J_g, J_{zn}$  - відповідно масова частка жиру в нормалізованій суміші, вершках, знежиреному молоці, %.

Для розробленого гомогенізатору формули (5) та (6) для визначення кількості вершків та молока для змішування матимуть вигляд

$$Q_g = \frac{Q_2 (J_{н.с} - J_{zn})}{J_g - J_{н.с}}, \quad (7)$$

$$Q_{zn} = \frac{Q_2 (J_g - J_{н.м})}{J_g - J_{zn.м}}. \quad (8)$$

де  $Q_2$  - продуктивність по нормалізованій суміші.

Звідси після перетворень останні вирази з урахуванням (2) і (4) можна записати як

$$3600 \mu_2 \rho_6 \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho_6} \Delta p_2} = \frac{Q_2 (J_{н.с} - J_{зн})}{J_6 - J_{н.с}}, \quad (9)$$

$$3600 \mu_1 S \rho_{нл} \sqrt{\frac{2}{\rho_{нл}} \Delta p_1} = \frac{Q_2 (J_6 - J_{н.с})}{J_6 - J_{зн}}. \quad (10)$$

З формул (9) та (10) визначимо розміри  $d$  та  $S$  для забезпечення необхідної продуктивності гомогенізатора

$$d = \sqrt{\frac{4 Q_2 (J_{н.с} - J_{зн})}{3600 \mu_2 \rho_6 \pi \sqrt{\frac{2}{\rho_6} \Delta p_2} (J_6 - J_{н.с})}}, \quad (11)$$

$$S = \frac{Q_2 (J_6 - J_{н.с})}{3600 \mu_1 \rho_{нл} \sqrt{\frac{2 \Delta p_1}{\rho_{нл}} (J_6 - J_{зн})}}. \quad (12)$$

Використовуючи останні вирази можливо визначити співвідношення між  $d$  та  $S$

$$d = \sqrt{\frac{4 (J_{н.с} - J_{зн}) (J_6 - J_{зн}) S \mu_1 \rho_{нл} \sqrt{\frac{\Delta p_1 \rho_6}{\Delta p_2 \rho_{нл}}}}{(J_6 - J_{н.с})^2 \mu_2 \rho_6 \pi}}. \quad (13)$$

Залежності (11) та (12) проілюструємо графічно, враховуючи, що жирність молока 3,5% , жирність вершків 35%, жирність знежиреного молока 0,05% і продуктивність 1000 – 5000кг/год.

З рис.1 легко визначити, що для забезпечення необхідної продуктивності 1000 кг/год необхідний діаметр каналу подачі вершків складає 2 мм при надлишковому тиску подачі жирової фази 0,1МПа. Але за таких розмірів каналу подачі дисперсної фази розмір жирових часток буде доволі великим. Тому для забезпечення якісних характеристик продукту більш раціональним є використання діаметрів каналу подачі вершків менших значень при збільшенні надлишкового тиску  $\Delta p_2$ .

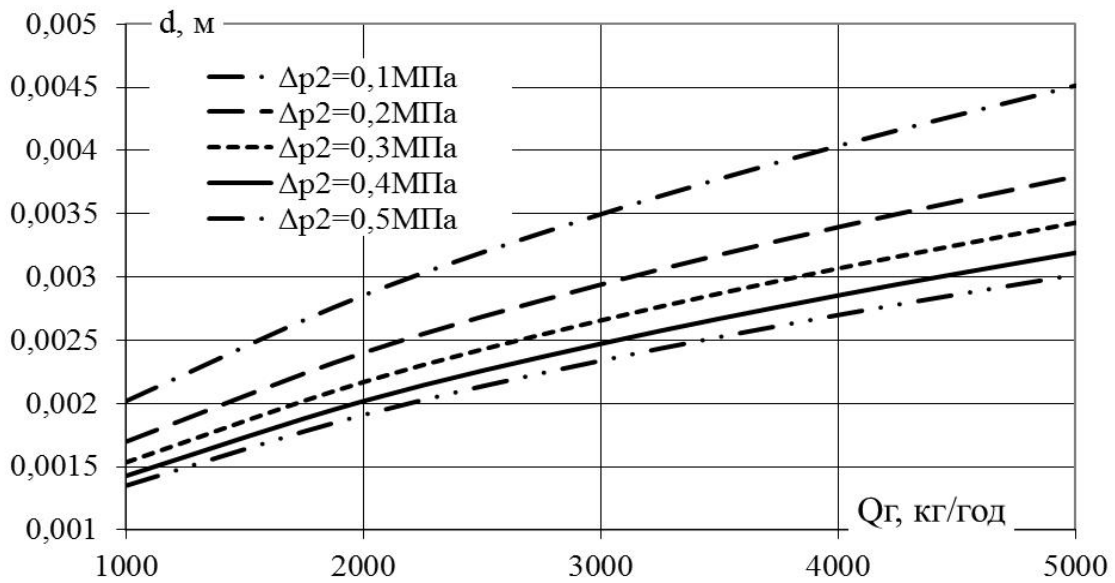


Рис. 1. Графік залежності діаметру каналу подавання жирової фази  $d$  від продуктивності гомогенізатору  $Q_2$  за різних значень надлишкового тиску подавання жирової фази  $\Delta p_2$

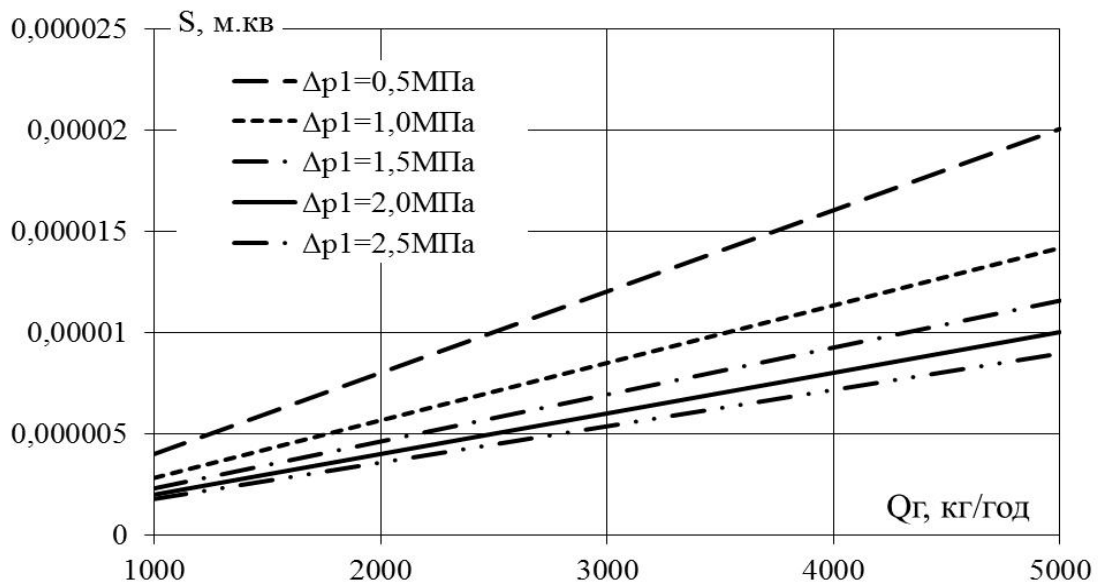


Рис.2. Графік залежності площі перерізу  $S$  від продуктивності гомогенізатору  $Q_2$  і надлишкового тиску від в камері гомогенізатору  $\Delta p_1$

Значення робочого перерізу можливо зменшувати із збільшенням тиску подачі знежиреного молока за того ж значення продуктивності (рис. 2). Згідно теоретичних досліджень встановлено, що площа робочого простору повинна прагнути до мінімальних значень для запобігання розсіювання енергії потоку. З іншого боку

для процесів гомогенізації та нормалізації необхідний деякий простір, так званий «граничний шар». Більш точне визначення раціональних значень величини робочого простору потребує додаткових досліджень.

*Висновки.* В статті обґрунтоване використання роздільної гомогенізації в струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею жиру. Отримані дані необхідні при розрахунку параметрів та впровадженні гомогенізатору в промислове виробництво з позицій вибору оптимального співвідношення діаметру каналу подачі жирової фази, площі робочого простору та надлишкових тисків подачі жирової фази та знежиреного молока з метою забезпечення необхідної жирності продукту.

#### Література:

1. *Твердохлеб Г.В.* Технология молока и молочных продуктов/Г.В. Твердохлеб, Г.Ю. Сажинов, Р.И. Раманаускас. М.: Делипринт, 2006. – 616 с.

2. *Шалыгина А. М.* Общая технология молока и молочных продуктов/ А. М. Шалыгина, Л. В. Калинина. - М.: Колос, 2006. - 199 с.

3. *Просеков А.Ю.* Технология молочных продуктов детского питания./А.Ю. Просеков, С.Ю. Юрьева Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2005. – 278 с.

4. *Бредихин С.А.* Технология и техника переработки молока / С.А. Бредихин, Ю.В. Космодемьянский, В.Н. Юрин. – М.: Колос, 2001. – 420с.

5. *Крусь Г.Н.* Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь, А.М. Шалыгина, З.В. Волокитина. Под ред. А.М. Шалыгиной. – М.: Колос, 2002. – 368 с.

6. *Арсеньева Т.П.* Развитие теоретических основ и разработка технологий низколактозных молочных продуктов с регулируемым жирнокислотным составом: дис. доктора. техн. наук: 05.18.04 / Т.П. Арсеньева – С-Пб, 2009. – 423 с.

7. *Захарова Л.М.* Технология комбинированных молочных продуктов/Л.М. Захарова; И.А. Мазеева, А.Г. Галстян. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. – 100 с.

8. *Калинина Л.В.* Технология цельномолочных продуктов/ Л.В. Калинина, В.И. Ганина –ГИОРД Сп-б.,2008 –248.

9. *Самойчук К.О.* Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатору з роздільною подачею вершків/ К.О.Самойчук, О.О.Ковальов. Праці ТДАТУ – Мелітополь: 2011 – 77-84с.

10. *Самойчук К.О.* Аналітичні параметри процесу струминної



гомогенізації молока з роздільною подачею вершків /К.О. Самойчук, О.О. Ковальов// – Одеса: ОНАХТ. – 2013. – Вип.43. – С.77 – 81.

11. *Брусенцев А.А.* Общие принципы переработки сырья и введение в технологию продуктов питания./А.А. Брусенцев - СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 97с.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОРМАЛИЗАЦИИ В СТРУЙНОМ ГОМОГЕНИЗАТОРЕ МОЛОКА С РАЗДЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ СЛИВОК**

Самойчук К.О., Ковальов О.О.

*Аннотация* – в статье обоснована возможность использования гомогенизатора с раздельной подачей сливок для нормализации молока по жирности и приведены зависимости для расчета параметров гомогенизатора для обеспечения необходимой жирности смеси.

### **THE NORMALIZATION USING IN A JET – MIXING HOMOGENIZER OF MILK WITH THE SEPARATED GIVING OF CREAMS**

K. Samoichuk, O. Kovalyov

#### *Summary*

In the article possibility of using jet – mixing homogenizer with the separated giving of creams for the normalization of milk by richness are grounded and some mathematical correlation for calculation parameters of homogenizer for ensuring necessary richness of mixture are proposed