

ВПЛИВ КРАТНОСТІ ОБРОБКИ МОЛОЧНОЇ ЕМУЛЬСІЇ В ПУЛЬСАЦІЙНОМУ ГОМОГЕНІЗАТОРІ

Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко

Знайдено рівняння для визначення кратності обробки емульсії залежно від параметрів пульсаційного гомогенізатора: подачі емульсії в апарат, діаметра поршня (робочої камери), частоти й амплітуди коливання поршня. Показано зв'язок між ступенем гомогенізації та кратністю обробки. Обґрунтовано існування оптимального значення подачі емульсії в пульсаційний апарат, за якого якість обробки оптимальна, а енерговитрати мінімальні.

Ключові слова: гомогенізація, емульсія, молоко, гомогенізатор, диспергування, теорія.

ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ ОБРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ПУЛЬСАЦИОННОМ ГОМОГЕНИЗАТОРЕ

Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко

Найдено уравнение для определения кратности обработки эмульсии в зависимости от параметров пульсационного гомогенизатора: подачи эмульсии в аппарат, диаметра поршня (рабочей камеры), частоты и амплитуды колебаний поршня. Показана связь между степенью гомогенизации и кратностью обработки. Обосновано существование оптимального значения подачи эмульсии в пульсационный аппарат, при котором качество обработки оптимальное, а энергозатраты минимальные.

Ключевые слова: гомогенизация, эмульсия, молоко, гомогенизатор, диспергирование, теория.

INFLUENCE OF MULTIPLICITY OF MILK EMULSION TREATMENT IN PULSATION HOMOGENIZER

G. Deinychenko, K. Samoichuk, L. Levchenko

The article is a part of the cycle of articles, devoted to the efficiency increase of the pulsation homogenizer of milk emulsion. Dispersion of milk fat in the pulsation homogenizer is caused by impulsive shake action while the piston with openings vibrates. Prospective use of the impulsive homogenizer lies in the possibility to create high-rate flowing around fat globules of the surrounding plasma which is the principal reason for their destruction.

One of the indefinite influence factors of the emulsion homogenization process in the pulsation machine is treatment multiplicity, thus the aim of the

research is analytical research of this factor's influence on qualitative and power indexes of milk homogenization.

The influence of one of the key indexes of the pulsation homogenizer process – emulsions supply has been discovered. Specific energy consumption of the process decreases with the supply increase. Moreover, at once the amount of passageways of milk emulsion through the piston openings decreases – treatment multiplicity, which reduces milk homogenization degree.

The equation is found based on classic kinematic and hydrodynamic dependences to determine emulsion treatment multiplicity depending on the design-kinematic parameters of the pulsation homogenizer: emulsion supply to the machine, diameter of piston (process chamber), frequency and amplitude of piston oscillation. The analysis of this equation shows that to increase the homogenization degree (increase of treatment multiplicity) it is necessary to decrease emulsion supply to the machine and increase the piston diameter (process chamber), frequency and amplitude of piston oscillation.

The connection between homogenization degree and treatment multiplicity is shown. Based on the experimental data of the influence of milk treatment multiplicity in valve homogenizers, the assumption is made that for the pulsation machine there is such an optimal value of productivity, higher than the homogenization efficiency, which does not meet quality requirements. At the same time decrease of supply (at unchanging amplitude and frequency of vibrations and diameter of piston) is inefficient because of the increase rates of specific energy consumption are higher than increase rates of homogenization efficiency.

The derived dependences supplement analytical model of fat emulsions homogenization in the pulsation homogenizer, and allow decrease substantially the volume of experimental researches of pulsation homogenization of milk.

Keywords: homogenization, pulsation homogenizer, energy consumption, theory.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У багатьох галузях народного господарства використовуються процеси диспергування та гомогенізації емульсій. У сільському господарстві ці процеси є необхідними під час виробництва розчинів пестицидів і замінників незбираного молока для відгодівлі молодняка у тваринництві [1]. У переробній та харчовій галузях приготування тонкодисперсних жирових емульсій застосовується під час виробництва молока та молочних продуктів, сумішей для морозива, майонезів, кетчупів, маргаринів тощо [2; 3]. Перспективними є заміна жиру жировою емульсією під час уведення в тісто, змашування форм у хлібпеченні емульсіями відповідного складу, а також застосування жирових емульсій замість жиру-сирцю в ковбасному фарші [4].

Незважаючи на широке поширення процесів гомогенізації та диспергування емульсій, бракує вискоєфективних і універсальних машин для приготування жирових емульсій [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенням проблеми створення гомогенізаторів-диспергаторів, які поєднують високий ступінь подрібнення за невисоких енерговитрат, може бути розробка пульсаційного гомогенізатора [5–7]. Механізм подрібнення жирових частинок під час пульсаційної гомогенізації відбувається таким чином (рис. 1).

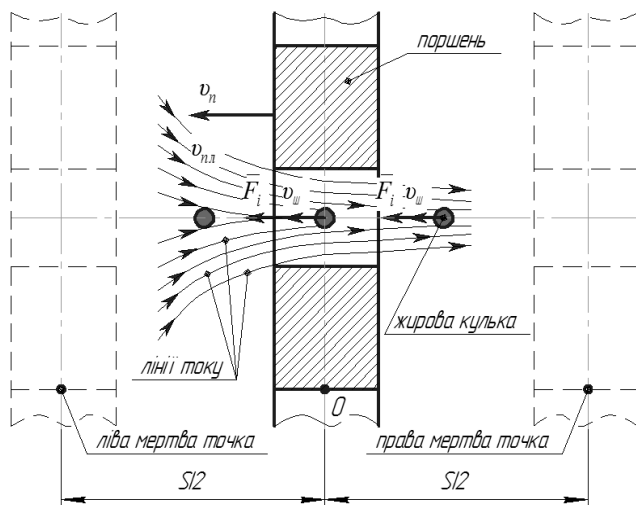


Рис. 1. Схема диспергування жирової кульки під час пульсаційної гомогенізації

Унаслідок знакозмінних коливальних рухів поршня зі швидкістю v_n дисперсійне середовище захоплює в рух жирову частинку. За рахунок сил інерції F_i , у разі відмінності густини дисперсійного та дисперсного середовищ, формується відносний рух середовища та частки ($v_{n,1} - v_{\nu}$), який сягає максимальних значень під час проходження частинки через отвори поршня. Дисперсійне середовище, рухаючись відносно поверхні жирової кульки, крім інерціальних сил, впливає на її поверхню за рахунок декількох факторів: гідростатичного тиску, дотичних і нормальних напружень та кавітаційних ефектів. Найбільш суттєвий вплив на жирову кульку в процесі пульсаційної гомогенізації мають сили інерції F_i , оскільки вони сприяють виникненню градієнта швидкості. Основними факторами інерціальних сил є частота n та амплітуда s коливання поршня.

Мета статті. Одним із невизначених важливих факторів процесу гомогенізації емульсії в пульсаційному апараті є кратність обробки, тому метою наших досліджень є аналітичні дослідження впливу цього фактора на якісні та енергетичні показники гомогенізації молока.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним із визначальних показників процесу пульсаційного гомогенізатора є подача емульсії Q . Це незалежний фактор, який впливає як на якісні, так і на енергетичні показники апарата. У разі збільшення подачі зменшуються питомі енерговитрати процесу [7]. Разом із цим зменшується кількість проходів молочної емульсії крізь отвори поршня – кратність обробки, що знижує ступінь гомогенізації молока. Розглянемо цю закономірність докладніше.

У робочу камеру пульсаційного гомогенізатора діаметром D подається продукт, який проходить крізь отвори поршня, що здійснює коливання з амплітудою s і частотою n (рис. 2).

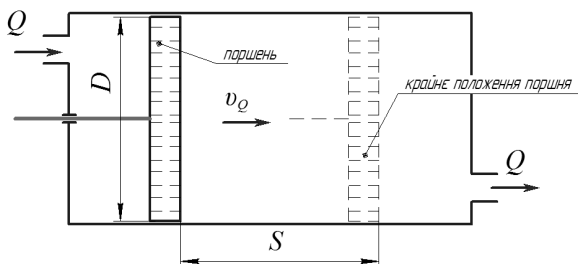


Рис. 2. Схема визначення кратності обробки

За час t_Q проходження емульсією довжини амплітуди s поршень здійснить K коливань:

$$t_Q = K \frac{1}{n}, \quad (1)$$

де $1/n$ – час одного коливання поршня, с.

Час t_Q визначимо з формули

$$t_Q = \frac{s}{v_Q}, \quad (2)$$

де v_Q – швидкість потоку молочної емульсії в робочій камері гомогенізатора, м/с.

$$v_Q = \frac{Q}{F_n} = \frac{Q4}{\pi D^2}, \quad (3)$$

де F_n – площа поршня, м².

Тоді, виражаючи у формулі (1) t_Q через рівняння (2) і враховуючи (3), отримаємо рівність

$$\frac{\pi D^2}{4Q} = \frac{K}{n}. \quad (4)$$

Виражаючи з останнього рівняння K , отримаємо рівняння для визначення кратності обробки в пульсаційному гомогенізаторі

$$K = \frac{\pi D^2 sn}{4Q}. \quad (5)$$

Аналізуючи останнє рівняння, можна зробити висновки, що для підвищення ступеня гомогенізації (збільшення K) необхідно зменшувати подачу емульсії в апарат та збільшувати діаметр поршня (робочої камери), частоту й амплітуду коливання поршня.

Для найбільш вивченої – клапанної – гомогенізації залежність ефективності гомогенізації від кратності обробки має параболічний характер [2; 8] (рис. 3), причому в разі збільшення кратності обробки темпи підвищення ефективності гомогенізації знижуються. Для пульсаційної гомогенізації можливо прогнозувати аналогічний характер залежності $i=f(K)$. У разі збільшення подачі продукту в камеру гомогенізації в n разів питомі енерговитрати й кратність гомогенізації зменшуються в n разів. У разі зменшення кратності обробки в n раз ступінь гомогенізації, з огляду на характер залежності $i=f(K)$, зменшується менше ніж у n разів. Тому існує таке максимальне значення продуктивності Q_{max} (рис. 3), вище за яке ефективність гомогенізації не відповідає вимогам якості ($i=75\%$).

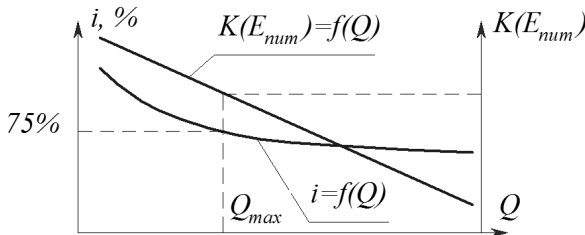


Рис. 3. Характер залежності ефективності (ступеня) гомогенізації від кратності обробки

Зниження подачі $Q < Q_{\max}$ (при $s, n, D = \text{const}$) неефективне внаслідок того, що темпи збільшення питомих енерговитрат вищі, ніж темпи підвищення ефективності гомогенізації.

Висновки. У результаті аналітичних досліджень знайдено залежність для визначення кратності обробки емульсії (кількість її проходжень крізь отвори поршня) від конструктивно-кінематичних параметрів пульсаційного гомогенізатора. Унаслідок аналізу отриманої залежності визначено, що для підвищення ступеня гомогенізації (збільшення кратності обробки) необхідно зменшувати подачу емульсії в апарат та збільшувати діаметр поршня (робочої камери), частоту й амплітуду коливання поршня.

Базуючись на експериментальних даних впливу кратності обробки молока на клпанних гомогенізаторах, для пульсаційного апарата обґрунтоване існування оптимального значення продуктивності, вище за яке ефективність гомогенізації не відповідає вимогам якості. Разом із тим зниження подачі (за незмінних амплітуди та частоти коливань і діаметра поршня) неефективні внаслідок того, що темпи збільшення питомих енерговитрат вищі, ніж темпи підвищення ефективності гомогенізації.

Одержані залежності доповнюють аналітичну модель гомогенізації жирових емульсій у пульсаційному гомогенізаторі та дозволяють істотно зменшити обсяг експериментальних досліджень пульсаційної гомогенізації молока.

Список джерел інформації / References

1. Гордезиани В. С. Производство заменителей цельного молока / В. С. Гордезиани. – М. : Агропромиздат, 1990. – 272 с.
Gordeziani, V.S. (1990), *Production of substitutes of full-milk [Proizvodstvo zamenitelej tselnogo moloka]*, Agropromizdat, Moscow, 272 p.
2. Нужин Е. В. Гомогенизация и гомогенизаторы : монография / Е. В. Нужин, А. К. Гладушнык. – Одесса : Печатный дом, 2007. – 264 с.
Nuzhin, E.V., Gladushnyak, A. K. (2007), *Homogenization and homogenizers: monograph [Gomogenizatsija i gomogenizatory: monografija]*, the Printed house, Odesa, 264 p.
3. Фиалкова Е. А. Гомогенизация. Новый взгляд : монография-справочник / Е. А. Фиалкова. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 392 с.
Fialkova, E.A. (2006), *Homogenization. New view: Monograph-reference book [Gomogenizatsija. Novyj vzglyad]*, GIORД, SPb, 392 p.
4. Рогов И. А. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов / И. А. Рогов, А. В. Горбатов, В. Я. Свинцов. – М. : Агропромиздат, 1990 – 320 с.
Rogov, I.A., Gorbатов, A.V., Svintsov, V.Y. (1990), *Dispersible systems of meat and milk foods [Dispersnyje sistemyi myasnyh i molochnyh produktov]*, Agropromizdat, Moscow, 320 p.

5. Орешина М. Н. Импульсное диспергирование многокомпонентных пищевых систем и его аппаратная реализация : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.12 / Н. М. Орешина. – М., 2010. – 50 с.

Oreshina, M.N. (2010), *Impulsive dispersing of the multicomponent food systems and its hardware representation: Author's thesis [Impulsnoje dispergированиje mnogokomponentnyh pischevyh sistem i jeho apparatnaja realizatsija: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk]*, Moscow, 50 p.

6. Паляничка Н. О. Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока : автореф. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Н. О. Паляничка. – Донецьк, 2013. – 20 с.

Palyanychka, N.O. (2013), *Perfection of process of impulsive homogenization of milk: Author's thesis [Vdoskonalennya protsesu impul'snoji homohenizatsiji moloka : avtoreferat ... kand. tekhn. nauk]*, Donetsk, 20 p.

7. Дейниченко Г. В. Аналітичні дослідження енерговитрат пульсаційного гомогенізатора молока / Г. В. Дейниченко, К. О. Самойчук, Л. В. Левченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Харків : ХДУХТ, 2016. – Вип. 1 (23). – С. 170–181.

Deynychenko, H.V., Samoychuk, K.O., Levchenko, L.V. (2016), "Analytical researches of energy consumption of pulsation milk homogenizer" ["Analitichni doslidzhennya enerhovytrat pul'satsiynoho homohenizatora moloka"], *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiji kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli : zb. nauk. pr.*, KhDUKhT, Kharkiv, Issue 1 (23), pp. 170-181.

8. О некоторых закономерностях многократной гомогенизации / К. Ф. Иванов, Е. В. Нужин, Б. В. Юрченко, В. А. Жаров // Изв. вузов СССР. Пищевая технология. – 1976. – № 2. – С. 157–159.

Ivanov, K.F., Nuzhin, E.V., Yurchenko, B.V., Zharov, V.A. (1976), "About some conformities to law of frequent homogenization" ["O nekotoryih zakonomernostyah mnogokratnoj gomogenizatsii"], *News of institutes of higher of the USSR. Food technology*, No. 2, pp. 157-159.

Дейниченко Григорій Вікторович, д-р техн. наук, проф., заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: deynichenkogv@rambler.ru.

Дейниченко Григорій Вікторович, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники Украины, заведующий кафедрой оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: deynichenkogv@rambler.ru.

Deynichenko Gryhorij, Doctor of Sciences, Professor, Department of Food and Hospitality Industry Equipment named after M. Belyaev, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. E-mail: deynichenkogv@rambler.ru.

Самойчук Кирило Олегович, канд. техн. наук, доц., кафедра обладнання переробних і харчових виробництв, Таврійський державний агротехнологічний університет. Адреса: просп. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Україна, 72312. E-mail: Samanya_kir@mail.ru.

Самойчук Кирилл Олегович, канд. техн. наук, доц., кафедра обладнання перерабатывающих и пищевых производств, Таврический государственный агротехнологический университет. Адрес: просп. Б. Хмельницкого, 18, г. Мелитополь, Украина, 72312. E-mail: Samanya_kir@mail.ru.

Samoiichuk Kirill, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Associate Professor, Department of Processing and Food Production Equipment, Tavria State Agrotechnological University. Address: B. Khmelnytskoho Av. 18, Melitopol, Ukraine, 72312. E-mail: Samanya_kir@mail.ru.

Левченко Любомир Васильович, асп., кафедра обладнання переробних і харчових виробництв, Таврійський державний агротехнологічний університет. Адреса: просп. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Україна, 72312. E-mail: lybomirische@mail.ru.

Левченко Любомир Васильевич, асп., кафедра обладнання перерабатывающих и пищевых производств, Таврический государственный агротехнологический университет. Адрес: просп. Б. Хмельницкого, 18, г. Мелитополь, Украина, 72312. E-mail: lybomirische@mail.ru.

Levchenko Lubomir, postgraduate student, Department of Processing and Food Production Equipment, Tavria State Agrotechnological University. Address: B. Khmelnytskoho Av. 18, Melitopol, Ukraine, 72312. E-mail: lybomirische@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*

УДК 678.057.3:663.031

РОЗРОБКА РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛОБМІННОГО ПРИБОРУ ДЛЯ ЕКСТРУДЕРА З ПЕРЕРОБКИ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

В.О. Потапов, Д.В. Білий

Розроблено рекуперативний кожухозміювковий теплообмінний пристрій для модернізації одношнекового екструдера з переробки харчової сировини. Досліджено процес теплообміну за використання тепла відхідних

© Потапов В.О., Білий Д.В., 2016