

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



к 65-летию БГАТУ

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



**ПЕРЕРАБОТКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

Сборник статей
IV Международной научно-практической конференции

(Минск, 21–22 марта 2019 года)

Минск
БГАТУ
2019

УДК 637.134

Самойчук К.О., кандидат технических наук, доцент, Ковалев А.А.

Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина

СТРУЙНО-ЩЕЛЕВОЙ ГОМОГЕНИЗАТОР ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

Гомогенизация относится к одному из наиболее затратных процессов, составляющих технологию производства молочных продуктов. Наиболее распространенная в молочной промышленности конструкция клапанного гомогенизатора имеет удельные затраты энергии на уровне 8 кВт·ч/т переработанного продукта. При этом в процессе обработки молока на клапанных гомогенизаторах средний размер получаемых жировых шариков составляет около 0,8 мкм. Этот показатель находится в диапазоне значений средних размеров жировых частиц, обусловленных требованиями нормативной документации (0,8–1,2 мкм) и полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству продукта [1].

Снижение энергетических затрат при обеспечении необходимого качества (требуемой дисперсности) молочной эмульсии имеет ряд трудностей, основной из которых является отсутствие единой теоретической базы процесса диспергирования. Отсутствие данных, которые исчерпывающе объясняют суть процессов, происходящих в области клапанной щели, объясняется микроскопическими размерами жировых шариков (менее 1 мкм) и высокими скоростями протекания процесса (более 100 м/с). Исследования, проведенные при изучении перспективных способов повышения энергоэффективности процесса, выделяют в качестве основного фактора, обеспечивающего уменьшение размеров жирового шарика и, следовательно, обеспечения необходимого качества молока разницу между скоростями дисперсионной (обезжиренное молоко) и дисперсной (сливки) фазами продукта.

Среди устройств, обеспечивающих максимальную разницу скоростей фаз, выделяются малоизученные конструкции струйных гомогенизаторов [2]. Для изучения возможности снижения энергетических затрат диспергирования при обеспечении среднего размера жировых шариков на уровне технологически обусловленных значений на базе кафедры Оборудование пищевых и перерабатывающих производств имени профессора Ф.Е. Ялпачика (ТГАТУ, Мелитополь) была разработана лабораторная установка струйно-щелевого гомогенизатора молока (рис. 1).

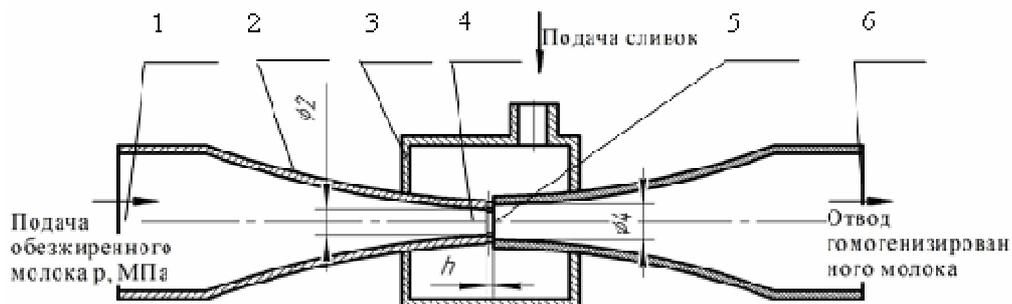


Рисунок 1. Схема камеры струйного щелевого гомогенизатора молока

Рабочая камера установки состоит из образующих 2, имеющих форму коноида и формирующих место наибольшего сужения 4, в котором к предварительно обезжиренному молоку, поступающему через патрубок 1, в месте локализации наибольшей скорости потока из емкости со сливками 3 через узкую щель 5 шириной h обеспечивается подача тонкого потока сливок. Гомогенизированное молоко отводится через патрубок 6. Согласно результатам аналитических исследований при таком способе подачи сливок создается гидродинамический режим, при котором достигаются необходимые критические значения критерия Вебера, определяющего уменьшение средних размеров жировых шариков до 0,8–1,2 мкм.

При воздействии обезжиренного молока на поток сливок обеспечивается равномерное воздействие и на центральную и на периферийную часть струи. В результате этого под действием возникающих в области щели тангенциальных напряжений происходит вытягивание жирового шарика. При этом он приобретает форму цилиндра, который после превышения определенного отношения длины к диаметру разрушается с образованием нескольких жировых шариков меньшего размера из одного образования, выступающего в роли материнской капли [3]. Дополнительным преимуществом конструкции такого типа является возможность одновременного проведения гомогенизации и нормализации, выполнение которой обеспечивается путем подачи определенного количества сливок, рассчитанного исходя из уравнения материального баланса [4].

Средний диаметр жировых шариков для гомогенизатора щелевого типа определяется по формуле (1)

$$d_{cp} = \frac{We_k \sigma_{ж-п}}{2 \rho_{пл} k_{щ}^2 v_{зн}^2}, \quad (1)$$

где We_k – критическое значение критерия Вебера;

$\sigma_{ж-п}$ – поверхностное натяжение на границе раздела жир-плазма, Н/м;

$\rho_{пл}$ – плотность плазмы молока, кг/м³;

$k_{щ}$ – коэффициент щелевой гомогенизации, учитывающий скорость подачи сливок, их жирность и ширину щели гомогенизатора;

$v_{зн}$ – скорость обезжиренного молока, м/с.

Проведенные аналитические исследования позволили установить зависимость между скоростью обезжиренного молока и средним диаметром жировых шариков после диспергирования, представленную на рисунке 2.

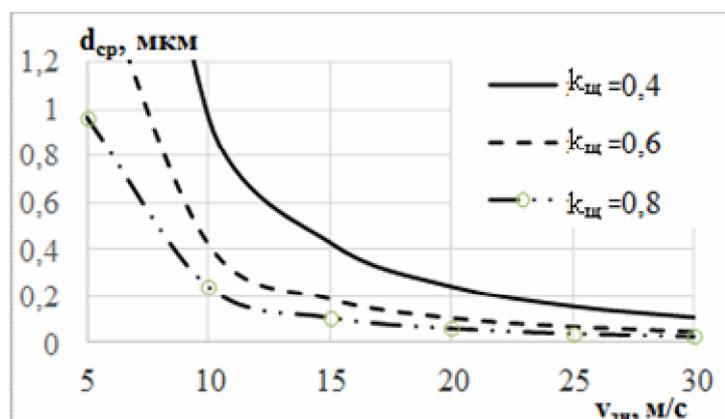


Рисунок 2. График зависимости среднего диаметра жировых шариков d_{cp} от скорости обезжиренного молока $v_{зн}$ и коэффициента щелевой гомогенизации $k_{щ}$ при ($We_k=100$, $\sigma=0,1$, $\varphi=0,8$)

Анализ зависимостей на рисунке 2 свидетельствует о том, что уменьшение среднего диаметра жировых шариков до 0,8–1,2 мкм при $k_{щ}=0,4$ можно обеспечить при скорости подачи обезжиренного молока 10–11 м/с. Для создания максимальной разницы скоростей фаз в этом случае необходимо обеспечить подачу сливок со скоростью в 3–4 раза превосходящей скорость обезжиренного молока, что существенно увеличит энергетические затраты на диспергирования. При увеличении коэффициента щелевой гомогенизации до значения $k_{щ}=0,8$

требуемые по технологии показатели качества продукта можно обеспечить при скорости обезжиренного молока 5–7 м/с.

Дальнейшие исследования позволили установить зависимость между производительностью гомогенизатора и средним диаметром жировых шариков, которая для различных диаметров камеры в месте наибольшего сужения камеры щелевого гомогенизатора определяется по формуле (2).

$$d_{cp} = \frac{We_k \sigma_{ж-н} \varepsilon_k^2 \pi^2 d^2}{32 \rho_{пл} k_{ц}^2 Q_{зн}^2}, \quad (2)$$

где ε_k – коэффициент сжатия, который зависит от формы камеры гомогенизатора;

d – диаметр камеры щелевого гомогенизатора в месте подачи сливок, м;

$Q_{зн}$ – производительность по обезжиренному молоку, кг/час.

Полученная зависимость свидетельствует о том, что для обеспечения производительности на уровне промышленных установок при среднем размере жировых шариков 0,8–1,2 мкм рациональный параметр диаметра камеры в месте наибольшего сужения должен составлять 2–3 мм.

В ходе дальнейших исследований была определена рациональная форма камеры. Полученные результаты свидетельствуют о слабой зависимости между формой камеры и показателями качества, при этом наилучшие параметры обеспечивает использование направляющих, имеющих коническую форму поверхности.

Полученные результаты изучения рациональных параметров щелевого гомогенизатора для обеспечения качества продукта на уровне технологических требований свидетельствуют о том, что наименьшие средние размеры жировых шариков можно обеспечить при увеличении коэффициента щелевой гомогенизации, изготовлении камеры с направляющими, имеющими коническую форму поверхности и диаметр в месте наибольшего сужения потока на уровне 2–3 мм.

Использование такого способа гомогенизации позволяет снизить энергетические затраты диспергирования до 5–6 раз при обеспечении среднего размера жировых шариков на уровне требований технологической документации. Следует отметить, что в отличие от струйного гомогенизатора молока с отдельной подачей сливок приведенная конструкция позволяет решить проблему возможной облитерации каналов.

Список использованной литературы

1. Фиалкова Е.А. Гомогенизация. Новый взгляд: Монография – справочник / Е.А. Фиалкова – СПб.: ГИОРД, 2006. – 392 с.
2. Самойчук К.О., Ковальов О.О., Дейниченко Г.В. Конструкції струминних диспергаторів жирової фази молока // Праці ТДАТУ.: Мелітополь – 2016. – Вип. 16. Т. 1. – С. 219–228.
3. Матвиенко О. В., Евтюшкин Е. В. Математическое моделирование турбулентного переноса дисперсной фазы в турбулентном потоке // Вестник ТГПУ, 2004. Вып. 6, С. 50 – 53.
4. Самойчук К.О., Ковальов О.О. Використання нормалізації у струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків // Праці ТДАТУ.: Мелітополь – 2014. – Вип. 14. Т. 1. – С. 37–45.