

Методика определения качества измельчения смеси

К.С. Рыспаев, к.т.н., А.К. Курманов, д.т.н., профессор, Костанайский ГУ; Ю.А. Ушаков, д.т.н., профессор, В.А. Ротова, к.т.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Сущность процесса диспергации заключается в дроблении частиц дисперсной фазы до размеров, равных нескольким микрометрам, и их равномерном распределении в пространстве (перемешивании) [1].

Диспергация заменителя цельного молока (ЗЦМ) означает, что жировые шарики в смеси ЗЦМ дробятся, а образовавшиеся частицы перемешиваются с окружающей средой в масштабах порядка их размеров. Это иллюстрирует неразрывную связь двуединого процесса дробления частиц и их перемешивания в дисперсионной среде. Опираясь на методы отстаивания жира и центрифугирования по размерам жировых шариков, определяют эффективность диспергации [2, 3].

Материал, методы исследования. Дисперсность D' , или показатель дисперсности, продукта количественно может оцениваться величиной среднего квадратического отклонения концентрации жира c_i в отдельных пробах, имеющих линейные размеры (масштабы), равные 1,5–2 диаметрам исходных жировых шариков от средней концентрации жира в смеси ЗЦМ [4, 5]:

$$D' = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(c_i - \bar{c})^2}{(i-1)}}, \quad (1)$$

где c_i – величина среднего квадратического отклонения концентрации жира в отдельных пробах;

\bar{c} – средняя концентрация жира;

i – число взятых для анализа проб, шт.

Дисперсность смеси ЗЦМ существенно зависит от выбранного масштаба её оценки, от расстояний, на которые перемещаются частицы жировых шариков после их измельчения, от соотношения размеров жировых шариков и масштаба оценки гомогенизации. Это подтверждает, что измельчение исходных жировых шариков и их перемещение в пространстве друг относительно друга является обязательными элементами двуединого процесса диспергации.

Особенность взаимодействия частиц дисперсной фазы с возмущениями дисперсионной среды заключается в том, что частицы не только дробятся, но и перемещаются в пространстве, обеспечивая таким образом выполнение всех этапов процесса диспергации.

Это позволяет свести практически во всех случаях оценки диспергации смеси ЗЦМ к оценкам дробления частиц. В результате как раздробленные, так и не раздробленные частицы эмульсии

самостоятельно равномерно распределяются в пространстве, а показатель диспергации смеси ЗЦМ принимает устойчивое значение. Оно соответствует предельно высокой диспергации, или экстремально низкому значению, зависящему только от масштаба оценки диспергации размеров частиц. В зависимости от масштаба оценок один и тот же продукт может быть признан как достаточно, так и недостаточно диспергированным [4].

Легче определяемым и достаточно точно характеризующим диспергацию параметром является средний размер частиц дисперсной фазы или обратная ему величина – дисперсность. При выборе этого параметра для оценок мы исходили из того, что равномерное распределение частиц в пространстве произойдёт автоматически. В последующих же оценках диспергации должна приниматься гипотеза о равномерном распределении частиц дисперсной фазы в пространстве.

Поскольку жировые шарики имеют малые размеры, взятие проб для измерения концентрации жира в них затруднительно. Альтернативным способом оценки данного параметра является метод центрифугирования. В качестве оценки дисперсности принималось количество выделенного жира после центрифугирования.

Принцип действия центрифуги основан на различии физических свойств компонентов смеси ЗЦМ и использовании центробежной силы при вращении барабана центрифуги. Частота его вращения равна 1–9 тыс об/мин. Центробежная сила в тысячи раз превышает величину силы тяжести. При работе центрифуги происходит принудительное отделение фракций смеси ЗЦМ на основе разницы плотностей. Вода, находящаяся в составе смеси ЗЦМ и обладающая большей плотностью, под влиянием центробежной силы прижимается к стенкам вращающегося барабана, выталкивая при этом жир к центру. При этом вся слизь и загрязнение оседают в шламовом пространстве центрифуги. Жир (лёгкая часть смеси ЗЦМ) поднимается вверх [4].

При вращении барабана центрифуги и находящегося в нём материала возникает центробежная сила. Величина центробежной силы G_u , действующей на вращающееся тело массой m , определяется по формуле [6]:

$$G_u = m \cdot w^2 / r, \quad H, \quad (2)$$

где $w = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30}$ – окружная скорость барабана, м/с;

ω – угловая скорость вращения барабана, рад/с;

m – масса частицы, кг;

r – радиус вращения барабана, м;

n – частота вращения барабана об/мин.

Одним из основных критериев оценки эффективности работы центрифуги является фактор разделения K_u [7]:

$$K_u = \frac{w^2}{g \cdot r}, \quad (3)$$

где $w = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30}$ – окружная скорость барабана, м/с;
 r – радиус вращения барабана, м;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 n – частота вращения барабана, об/мин.

По фактору разделения определяется во сколько раз центробежное ускорение, развиваемое в данной центрифуге, больше ускорения свободного падения. Как видно из уравнения (3), фактор разделения численно равен центробежной силе, возникающей при вращении тела весом $G=1Н$. Чем больше фактор разделения, тем интенсивнее происходит процесс центрифугирования (исключение составляет центрифугирование легко сжимающихся осадков в фильтрующих центрифугах). Величина фактора разделения в современных центрифугах лимитируется условиями прочности и динамической устойчивости машины.

Результаты исследования. Для проведения экспериментов подготовленную смесь помещали в ёмкость и включали электродвигатель с заданными параметрами. Продолжительность обработки смеси фиксировали секундомером. После окончания об-

работки брали образцы смеси с шести различных участков ёмкости и помещали в центрифугу. Продолжительность центрифугирования фиксировали с помощью автоматического выключателя с секундомером. Отмечали в журнале основное время центрифугирования и время выбега центрифуги. После центрифугирования образцов смеси замеряли количество жира с помощью штангенциркуля. Результаты замеров заносили в журнал. Частота вращения ротора изменялась на электродвигателе вариатором скоростей, количество окон внутренней обечайки статора изменялось с помощью двух дополнительных колец, перекрывающих окна внутренней обечайки статора. Для обеспечения требуемой концентрации при температуре +38°С добавляли сухой порошок ЗЦМ, который взвешивали на электронных весах SF400 с точностью ± 1 гр.

Для центрифугирования смеси ЗЦМ применялась центрифуга ЦЛН-1 (рис. 1) [8].

Придерживались следующей последовательности центрифугирования [4].

1. Смесь ЗЦМ после диспергации заливали в ёмкости 1, по 5 мл каждая, закрывали крышкой 2 и помещали в шесть футляров 3 (рис. 2).
2. Футляры устанавливали в ротор центрифуги (рис. 1).
3. С помощью автоматического регулятора времени 2 устанавливали счётчик на заданное время и включали центрифугу (рис. 1).



а



б

Рис. 1 – Центрифуга ЦЛН-1:

а – без автоматического регулятора времени с образцами для центрифугирования; б – с автоматическим регулятором времени (1 – центрифуга; 2 – реле времени)

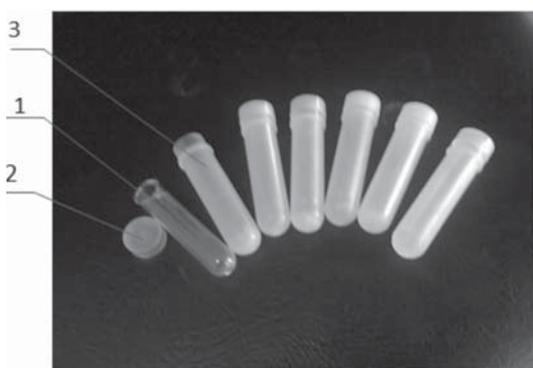


Рис. 2 – Ёмкости для центрифугирования с футлярами: 1 – ёмкость; 2 – крышка; 3 – футляр

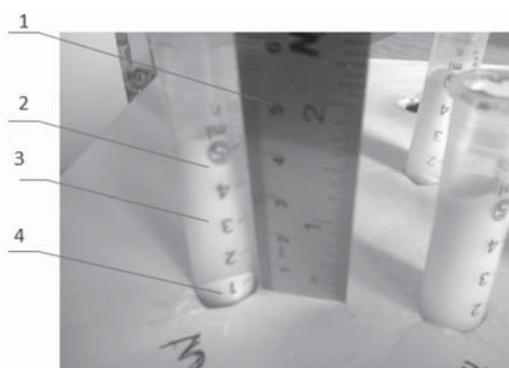


Рис. 3 – Измерение выделенного слоя жира: 1 – линейка; 2 – слой жира; 3 – вода; 4 – шлам

4. После отключения автоматического регулятора времени и полной остановки центрифуги вынимали ёмкости из футляра и проводили замеры слоя выделенного жира (рис. 3). Результаты заносили в журнал.

Для определения оптимальной частоты вращения ротора центрифуги провели 12 постановочных экспериментов центрифугирования при частоте вращения ротора 314, 419, 523 и 628 с⁻¹ и продолжительности центрифугирования 180, 300 и 600 секунд. При оборотах ротора центрифуги больше 523 с⁻¹ и времени центрифугирования 300 сек. количество жира не прибавлялось. При оборотах ротора центрифуги меньше 523 с⁻¹ и времени центрифугирования 300 сек. количество жира убавлялось. В связи с этим были выбраны оптимальная частота вращения ротора центрифуги и время центрифугирования – 523 с⁻¹ и 300 сек. [4].

Вывод. Проведённое исследование позволило получить оптимальные режимы работы центрифуги:

частота вращения ротора 628 с⁻¹, время центрифугирования – 300 сек. При этих параметрах обеспечивается наиболее точное определение качества приготовления смеси ЗЦМ в экспериментальных исследованиях.

Литература

1. Ультразвук / под ред. И.П. Голямина. М.: Советская энциклопедия, 1979. 400 с.
2. Грановский В.Я. Новый гомогенизатор // Молочная промышленность. 1999. № 11. С. 37–38.
3. Вайткус В.В. Гомогенизация молока. М.: Пищевая промышленность, 1967. 215 с.
4. Рыспаев К.С. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора: дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2014. 174 с.
5. Малахов Н.Н., Плаксин Ю.М., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. Орел: Орловский государственный технический университет, 2001. 687 с.
6. Петрова С.П. Разработка технологии продуктов эмульсионного типа с использованием в качестве эмульгаторов модифицированного белка творога: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1999. 30 с.
7. Кухта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов. М.: Агропромиздат, 1987. 303 с.
8. Курманов А.К., Исинтаев Т.И., Рыспаев К.С. Определение степени дробления // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (40). С. 83–84.