

Молоко: зная частицы - знаете качество

Ключевые слова: пищевые продукты, эмульсии, Litesizer™, размер частиц, дзета-потенциал

Молоко представляет собой эмульсию жировых капель и мицелл казеина. Размер этих частиц может варьироваться, значительно влияя на вкус молока и на его коллоидную стабильность. В отчёте мы демонстрируем, как с помощью анализатора Litesizer™ можно контролировать размер частиц и дзета-потенциал цельного, так и обезжиренного молока, получая ценную информацию о качестве и стабильности продукта.



1 Введение

Молоко - это эмульсия жировых капель в водном растворе углеводов, минералов и нескольких белков, наиболее распространенным из которых является казеин.

Казеин образует в растворе мицеллы, диаметр которых колеблется от 100 до 200 нм (1)(2). Следовательно, взвешенные частицы в молоке состоят как из капель жира, так и из белковых частиц. На аромат, вкусовые качества и стабильность эмульсии молока (склонность частиц отделяться) значительно влияют размеры жировых шариков и мицелл казеина. Если размер частиц слишком велик, частицы могут всплывать, что приведет к разделению фаз (процесс называемый «расслоение») В случае слишком мелких частиц, образуются хлопья.

На размер частиц в молоке влияют природные факторы, в том числе порода и возраст коровы, стадия лактации и источник пищи, а также процессы производства, включая гомогенизацию, обезжиривание или добавление добавок - витамина D или кальция.

Другим фактором, определяющим стабильность эмульсии, является электростатический заряд, переносимый частицами. Частицы в растворе с высоким положительным или отрицательным зарядом будут отталкиваться друг от друга, в таком случае флокуляция менее вероятна.

Поверхностный заряд частиц обычно характеризуется дзета-потенциалом эмульсии, показателем знака и величины поверхностного заряда, который определяется электрофоретической подвижностью частиц. Важно отметить, что на дзета-потенциал может влиять добавление ионов в эмульсию, напрямую влияющих на стабильность продукта.

Таким образом, отслеживание размера частиц и дзета-потенциала позволяет обеспечить соответствие нормативным стандартам, потребностям клиентов, а также требованиям срока годности. В этом исследовании мы использовали анализатор частиц Litesizer™ для контроля размера частиц и дзета-потенциала цельного и обезжиренного молока, а также для мониторинга влияния концентрации соли на дзета-потенциал.

2 Эксперимент

Цельное (3,5% жирности) и обезжиренное (0,5% жирности) молоко было куплено в местном супермаркете. Для измерения размера частиц молоко разбавили 1:200 (об./об.) деионизированной водой и отфильтровали (размер пор 5 мкм).

Размер частиц измеряли методом динамического рассеяния света (DLS) с помощью анализатора Litesizer™ 500. Измерения проводились в режиме обратного рассеяния при 20 °С. Количество прогонов, положение фокуса были автоматически выбраны программой.

Дзета-потенциал определяли методом электрофоретического светорассеяния света (ELS). Подготовили четыре раствора, каждый из которых содержал молоко, разведенное 1: 200 (об./об.) в деионизированной воде, содержащей различные концентрации NaCl (0, 10, 20 и 40 мМ). Прикладываемая мощность и количество прогонов были также автоматически настроены анализатором. Измерения проводились при температуре 25 °С.

3 Анализ полученных результатов

Обезжиренное молоко показало единственный пик в распределении размеров по интенсивности (рис. 1), соответствующий гидродинамическому диаметру 175 нм с относительным стандартным отклонением 2,5% для 5 повторов.

Вероятно, что процесс фильтрования с размером пор 5 мкм удалил наиболее крупные частицы жира, оставив мицеллы казеина в качестве доминирующих частиц, которые обычно имеют диаметры от 100 до 200 нм (3).

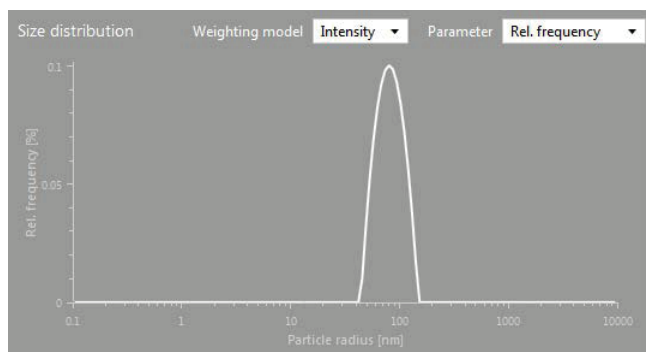


Рисунок 1: Распределение размеров частиц обезжиренного молока по интенсивности. Размер выражается в виде гидродинамического радиуса

Во время измерений DLS цельного молока наблюдались различные явления (рис. 2). В распределении частиц по интенсивности видны два четких пика, что указывает на бимодальное распределение. Средние размеры этих двух отдельных фракций были соответственно 135 нм и 527 нм, со стандартными отклонениями (на основе 5 повторений) около 10%. Мелкие частицы представляют собой мицеллы казеина, тогда как крупные - это оставшиеся частицы жира среднего размера. По сравнению с обезжиренным молоком, цельное не только содержит больше жира, но также содержит частицы жира в более широком диапазоне размеров.

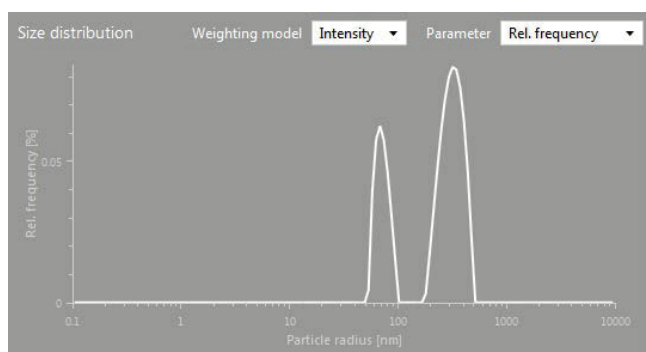


Рисунок 2: Распределение размеров частиц цельного молока по интенсивности. Размер выражается в виде гидродинамического радиуса

Результаты измерений дзета-потенциала отображены на Рис. 3. Образцы были измерены при четырех различных концентрациях соли (0, 10, 20 и 40 мМ). Значения дзета-потенциала составили: -42,0, -37,2, -32,7 и -27,6 мВ для обезжиренного молока и -38,9, -35,9, -31,9 и -27,0 мВ для цельного молока. Стандартные отклонения для всех данных (5 повторений каждого измерения) находятся в пределах 1,5%.

При увеличении концентрации соли оба вида молока показывают уменьшение величины дзета-потенциала. Этот результат ожидаем, поскольку более высокая концентрация соли уменьшает толщину двойного электрического слоя и, следовательно, дзета-потенциал. Интересно, что обезжиренное молоко имело более высокий абсолютный дзета-потенциал, чем цельное молоко при любой концентрации. Хотя разница сужается с увеличением концентрации соли. Это говорит о том, что коллоидная стабильность обезжиренного молока выше, чем у цельного молока.

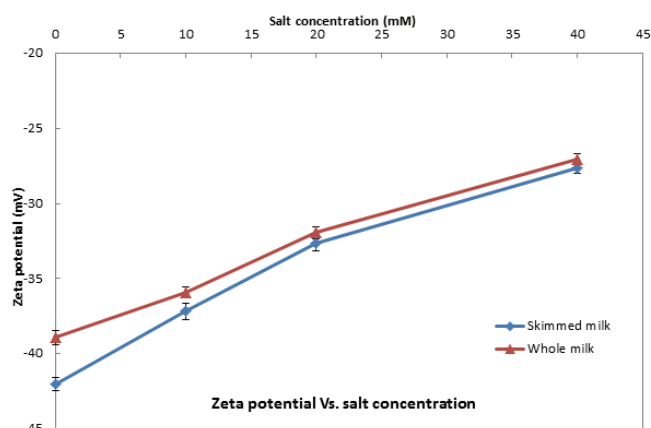


Рисунок 3: Дзета-потенциал и концентрация соли обезжиренного молока (синий) и цельного (красный)

4 Вывод

Используя Litesizer™ 500, мы успешно определили размер частиц и дзета-потенциал обезжиренного и цельного молока. Мы также проследили, как добавление соли в пробу молока меняет дзета-потенциал и, следовательно, стабильность эмульсии. Таким образом, Litesizer™ является полезным прибором для контроля качества и стабильности молока, начиная от определения характеристик сырого продукта и заканчивая отслеживанием этапов обработки и упаковки.

5 Литература

1. Jost, R. (2002). *Milk and Dairy Products, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim : Wiley-VCH.
2. Fox, P.F. (1995). *Advanced Dairy Chemistry, Vol.3: Lactose, Water, Salts and Vitamins*. 2. New York : Chapman and Hall.
3. Mootse, H, et al., et al. (2014). Investigation of Casein Micelle Particle Size Distribution in Raw. *Agronomy Research* 12(3):753-758.

Измерения: Ming Wu
Текст: Ming Wu, Alison Green, Carina
Burgstaller and Nathalie Etchart

Contact Anton Paar GmbH

Tel: +43 316 257 7073
pc-application@anton-paar.com
www.anton-paar.com

Эксклюзивный дилер в России:
ООО «АВРОРА»
paar@avrora-lab.com
www.paar.ru
+7(495)-258-83-05/06/07