

## Изучение процесса желирования во время формирования йогурта при различных температурах.

- Чтобы понять, как температура влияет на точку загустевания и качество йогурта.

Йогурт стал одним из самых популярных молочных продуктов в последние годы. Для удовлетворения требований потребителей к йогуртовым продуктам разрабатываются разнообразные вкусы и текстуры. В этом процессе разработки очень важно понимать процесс образования йогурта. Йогурт производится путем желирования молока с помощью бактерий. В результате коагуляции мицелл казеина при температуре от 42 °C до 45 °C образуется сеть гелей. Температура играет важную роль в процессе гелеобразования, поскольку она существенно влияет на точку гелеобразования и, следовательно, на качество йогурта, например, на ощущение во рту. Этот процесс обычно изучается путем измерения значений pH. Однако эти значения могут дать лишь небольшую информацию о реальном процессе гелеобразования.

**MultiScan MS 20** от DataPhysics Instruments - это компактный и универсальный измерительный прибор для оптического анализа стабильности и старения. С его помощью можно легко изучить процессы гелеобразования и получить дополнительную информацию о проблемах стабильности при разработке йогурта. В этом приложении мы изучаем влияние температуры на процесс гелеобразования и его влияние на качество йогурта.



### Техника и метод

MultiScan MS 20 (рис. 2) от DataPhysics Instruments - это измерительный прибор для автоматического анализа оптической стабильности и старения жидких дисперсий и всесторонней характеристики зависящих от времени и температуры механизмов дестабилизации. Он состоит из базового блока, к которому можно подключить до шести башен ScanTowers с термостатируемыми камерами для образцов. ScanTowers MS 20 могут индивидуально управляться и работать при различных температурах от 4 °C до 80 °C.

Благодаря встроенному программному обеспечению MS 20 является идеальным партнером для анализа стабильности, поскольку даже малейшие изменения внутри дисперсий могут быть обнаружены и оценены.

Таким образом, MS 20 является идеальным прибором для изучения процесса гелеобразования и других вопросов стабильности при разработке йогуртов.



Рис. 1: DataPhysics Instruments Система анализа стабильности MultiScan MS 20 с шестью независимыми башнями сканирования

### Эксперимент

Для приготовления йогурта 100 мл молока полной жирности помещали в стакан и нагревали до 38 °C в течение 5 мин. 2 г йогуртовой закваски, содержащей бактерии *Streptococcus Thermophilus* и *Lactobacillus Bulgaricus*, добавляли в предварительно нагретое молоко и осторожно перемешивали стеклянной палочкой в течение 2 мин. Обработанную молочную смесь разливали в три прозрачных стеклянных флакона (каждый по 25 мл) и измеряли в башнях MS 20 при T = 42 °C, 45 °C (6 ч) и 48 °C каждые 2 мин в течение 12 ч, соответственно. Измеряемая зона составляла от 0 мм (дно флакона) до 57 мм (верх флакона).

Примечательно, что все три измерения проводились одновременно, благодаря возможности измерения до шести образцов с индивидуальными настройками с помощью только одного MS 20.

На рис. 2 показаны флаконы с образцами и их проверка качества в конце измерения при температурах 42 °C, 45 °C и 48 °C соответственно.

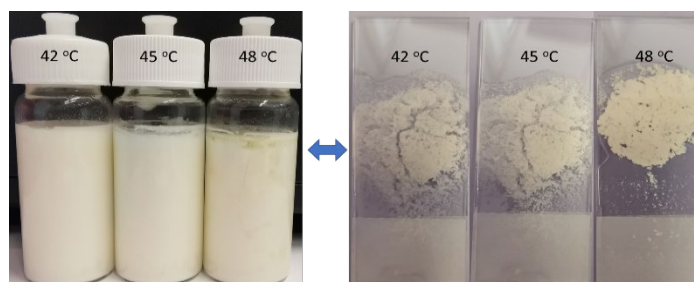


Рис. 2: Пробирки с образцами (слева) и их контроль качества (справа) в конце измерения при 42 °C, 45 °C и 48 °C, соответственно.

## Результаты

На рис.3 представлены графики относительной интенсивности обратного рассеяния в зависимости от положения для процесса гелеобразования во время формирования йогурта при 42 °С. Цветовое кодирование кривых указывает на время, в которое они были записаны, от красного (начало измерений, t = 0 с) до фиолетового

(конец измерений). Диаграмма обратного рассеяния на рис. 3 показывает, что обратное рассеяние сначала глобально увеличивалось, а затем оставалось постоянным при 42 °С. Это указывает на то, что произошел процесс гелеобразования; после этого смесь стабилизировалась в гелеобразном состоянии.

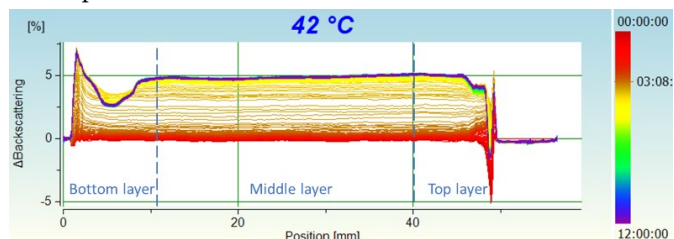


Рис. 3: Диаграмма интенсивности обратного рассеяния при образовании йогурта при 42 °С

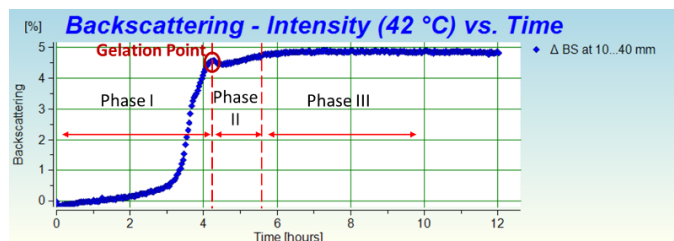


Рис. 4: Кинетика флокуляции в процессе гелеобразования при 42°С

Используя широкие аналитические возможности программного обеспечения MSC, можно проанализировать изменения интенсивности обратного рассеяния, что позволяет определить кинетику флокуляции в процессе желирования молока (рис. 4). Интенсивность обратного рассеяния увеличивается в фазе I из-за коагуляции системы и увеличения размеров частиц. Кроме того, флокуляция, вызванная ростом бактерий, может увеличить объемную долю, что еще больше увеличивает интенсивность обратного рассеяния. На второй фазе процесса гелеобразования наблюдается небольшое снижение обратного рассеяния, поскольку рост бактерий прекратился. Соответствующий пик является точкой гелеобразования. Интенсивность обратного рассеяния остается стабильной в фазе III, что свидетельствует о завершении формирования гелевой сети.

Для лучшего понимания влияния температуры на процесс гелеобразования и, следовательно, на качество йогурта, образование йогурта также было протестировано при 45 °С и 48 °С. Как показано на рис. 6, интенсивность обратного рассеяния сначала глобально увеличивается, а затем уменьшается со временем, особенно при более высокой температуре (48 °С). Это указывает на то, что гелевая сеть сформирована, но она, возможно, повреждается со временем при высокой температуре. Это согласуется с наблюдениями в конце измерений. Можно увидеть четкое разделение фаз в верхнем слое образца при 48 °С (рис. 2 слева); частицы йогурта, образовавшиеся при 48 °С, крупнее и тверже, что отрицательно влияет на текстуру йогурта (рис. 2 справа).

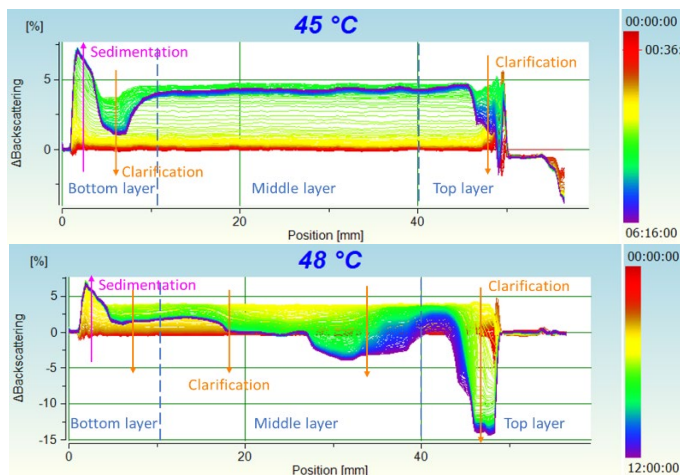


Рис. 5: Диаграмма обратного рассеяния при образовании йогурта при 45 °С и 48 °С

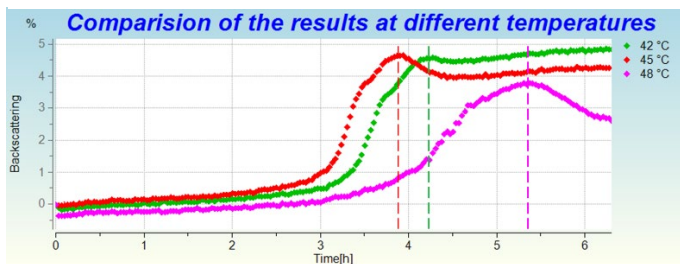


Рис. 6: Кинетика флокуляции в процессе гелеобразования при различных температурах

Благодаря функции наложения программного обеспечения MSC, разница между процессами гелеобразования при разных температурах может быть отображена прямо и просто. На рис. 6 показано, что мицеллы казеина коагулируют быстрее и точка гелеобразования наступает раньше, если процесс проводится при соответствующей температуре (45 °С), что полезно для оптимизации температуры для процессов ферментации.

Кроме того, на основании изменения интенсивности обратного рассеяния можно сделать вывод о возможных механизмах дестабилизации после точки гелеобразования, как показано в таблице 1. Это очень полезно для того, чтобы дать разработчикам продуктов питания направления для оптимизации производственных процессов и рецептур продуктов.

Таблица 1: Явления и возможные механизмы дестабилизации после точки гелеобразования во время формирования йогурта при различных температурах

Температура	Нижний слой	Средний слой	Верхний слой
42 °С	-	-	-
45 °С	Осаждение; Уточнение	-	Уточнение
48 °С	Осаждение; Уточнение	Уточнение	Уточнение

## Итог

Система анализа стабильности MS 20 и соответствующее программное обеспечение MSC обеспечивают простой, быстрый и надежный способ изучения процесса гелеобразования и механизмов дестабилизации при образовании йогурта. Изменения могут быть обнаружены чувствительно и объективно, что позволяет разработчику продуктов питания предвидеть и количественно оценить проблемы стабильности, тем самым обеспечивая своевременную и экономически эффективную разработку продукта.