

## Проверка вязкости молочных продуктов с помощью ViscoQC

Консистенция молочных продуктов напрямую связана с одобрением конечного продукта потребителями. В этом отчете показано, как простые измерения вязкости, например, йогурта с ViscoQC 100/300 поможет вам обеспечить идеальное качество.



### 1 Введение

Вязкость используется для оценки сырья, типа и характеристик ингредиентов, а также процесса производства молочных продуктов.

В зависимости от состава, условий или процессов, которым может подвергаться пища, она может демонстрировать ньютоновское или неньютоновское поведение.

Кроме того, тип молока (например, содержание жира или казеина) оказывает ключевое влияние на вязкость молочных продуктов.

### 2 Эксперимент

Вязкость йогурта с кусочками фруктов определялась на ротационных вискозиметрах ViscoQC 100/300 - R. (Табл. 1).

Поскольку вязкость йогурта очень чувствительна к напряжению сдвига, для испытания использовали лопасть шпинделя. Большим преимуществом лопастных шпинделей является то, что они не разрушают структуру образца при погружении по сравнению, например, с цилиндрическими измерительными системами. Кроме того, уменьшается проскальзывание образца.

Йогурт оставляли при комнатной температуре на ночь для достижения температуры окружающей среды, поскольку в противном случае во время измерения температура изменится, что окажет большое влияние на вязкость. Температура образца измерялась датчиком Pt 100.

Образец	Йогурт	
Прибор	ViscoQC 100 - R	ViscoQC300-R
Тип измерения	Одноточечное	Многоточечное
Шпиндель	V73 (полное погружение)	
Температура	Комн. температура (прибл. 23°C)	

Таблица 1: Конфигурация и условия измерения во время испытания вязкости йогурта.

#### 2.1 Процедура испытания

Одноточечное определение вязкости с помощью ViscoQC 100 идеально подходит для быстрой проверки качества молочных продуктов.

ViscoQC 300 - лучший выбор для многоточечного анализа на разных скоростях для изучения поведения потока.

Для определения предела текучести с помощью лопастного шпинделя, функций графиков, пошагового программирования и анализа на автономном ViscoQC 300 был активирован дополнительный программный пакет V-Curve.

#### 2.2 Условия теста

Перед установкой лопастного шпинделя образец следует как можно меньше трогать. По этой причине йогурт измеряли в его стакане.

**Одноточечный тест:** Вязкость определялась с помощью ViscoQC 100 при 10 об/мин с использованием режима «Стоп по времени (@t)» с заданным временем 30 с.

**Многоточечный тест:** С использованием ViscoQC 300 было выполнено линейное изменение скорости с 1 до 10 об/мин с 5 точками измерения. Длительность точки измерения была установлена на 30 с для режима «Сканирования по скорости (SpS)».

**Тест предела текучести:** Метод Предела текучести (YiS) был запрограммирован на ViscoQC 300 + V-Curve, как описано ниже:

- **Обнуление:** активировали «Нулевая скорость» 0,1 об/мин. Во время обнуления крутящий момент был установлен на 0%. Это важно, так как во время погружения шпинделя в образец, возможно, был приложен некоторый крутящий момент. Это уже могло исказить определение предела текучести.
- «Скорость выполнения» была установлена на 0,1 об/мин. Необходимо выбрать скорость

для измерения в пределах от 10% до 100% крутящего момента (макс. 5 об / мин).

Выбранная скорость влияет на значение предела текучести.

- «Снижение крутящего момента» установлено на 100%. Это приведет к остановке теста, как только рост крутящего момента перестанет обнаруживаться.
- «Доп. время» было установлено на 20 с. Доп. время позволяет контролировать поведение потока после достижения предела текучести.

#### Тест зависимости от времени:

Наблюдалось изменение вязкости в течение 10 минут измерения с использованием режима «Стоп по времени (@t)» с многоточечным сбором данных. Каждые 10 с записывалась точка измерения, скорость была установлена на 3 об/мин.

### 3 Результаты и выводы

Значение одноточечной вязкости йогурта, определенное с помощью ViscoQC 100, показано в таблице 2. Вязкость йогурта указывает, например, питьевой он или его следует есть ложкой. Кроме того, на вязкость влияют концентрация, состав и предварительная обработка молока, закваска и температура инкубации.

Йогурт	
Скорость [об/мин]	10
Кр. момент [%]	49.6
Вязкость [мПа*с]	26536

Таблица 2: Среднее значение вязкости йогурта при 10 об/мин (n = 5). Измерения выполнены с ViscoQC 100 - R и шпинделем V73 (полн. погружение).

Определив вязкость при разных скоростях с помощью ViscoQC 300, можно проанализировать поведение потока молочных продуктов (рис. 1). На низких скоростях измеряется вязкость имитирующая состояние покоя (например, в стаканчике для йогурта) и на высоких скоростях - вязкость во время течения (например, во время перемешивания / проглатывания). Йогурт имеет поведение Сдвигового утоньшения, что означает, что вязкость уменьшается при приложении силы, например, перемешивании.



Рисунок 1: Онлайн-график йогурта для визуализации поведения потока образца. Только с активированным V-Curve.

Чтобы определить предел текучести с помощью лопастного шпинделя, образец рассекают с постоянной низкой скоростью и измеряют результирующий крутящий момент или напряжение сдвига. Если увеличение крутящего

момента больше не наблюдается, проба начинает течь. Измеренное максимальное напряжение сдвига называется статическим пределом текучести, и его можно определить по пику на графике (рис. 2)

#### Yield Stress

- Yield Stress: 88.20 N/m<sup>2</sup>
- Torque: 88.2 %
- Apparent Strain: 0.6108 rad
- Runtime: 00:02:39.320 hh:mm:ss.000

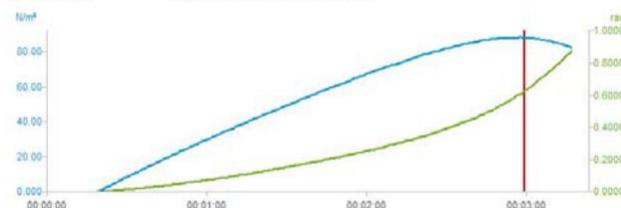


Рис. 2: Измерение предела текучести йогурта режимом «Предел текучести (YIS)» с использованием лопастных шпинделей. Только с активированным V-Curve.

Анализируя вязкость в течение заданного времени измерения, можно наглядно продемонстрировать, что йогурт имеет зависящее от времени поведение Сдвигового утоньшения (рис. 3). Йогурт не является тиксотропным, это означает, что вязкость не будет полностью восстановлена до исходного состояния после, например, перелива в стакан.

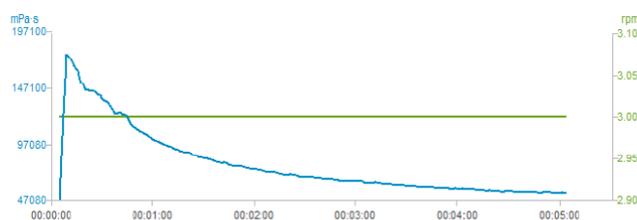


Рисунок 3: Поведение йогурта в зависимости от времени.

### 4 Заключение

Измерения показали, что ViscoQC 100 и ViscoQC 300 идеально подходят для определения вязкости молочных продуктов как для одноточечных / многоточечных измерений, так и для измерения предела текучести.

Модель крутящего момента прибора (L/R/H) и измерительная система должны быть выбраны в соответствии с консистенцией образца. Для таких образцов, как йогурт и сливки, можно использовать лопастные шпиндели, чтобы минимизировать структурные изменения образца во время погружения шпинделя и избежать эффекта проскальзывания. Для измерения молочных продуктов с низкой вязкостью, таких как молоко, требуется ViscoQC - L с DG26.

Чтобы иметь возможность измерить предел текучести с помощью лопастного шпинделя, на ViscoQC 300 необходимо активировать программный пакет V-Curve.