



Определение текучести и вязкости шоколада

Введение

В данном отчете описывается метод измерения, предназначенный для определения точки текучести шоколада. Точка текучести влияет на способ выравнивания шоколада и на его плавление во рту и в руках. Изготовителей шоколада также очень интересует пространственное распределение молекул масла какао. Они стремятся получить при производстве кристаллическую структуру Бета V, которая плавится на языке при температуре между 29 и 33°C. Без образования такой кристаллической структуры шоколад обладает воскоподобным вкусом или слишком мягок при комнатной температуре. (Источник: Windhab).

История

Какао уже употреблялось больше 3000 лет назад индейским племенем ольмекков. Их знания переняли майя и ацтеки, которые использовали какао-бобы для приготовления очень питательного напитка под названием *Ксоколатл*, корень современного слова "шоколад".

Ключевые слова

Кристаллическая структура Бета V, точка текучести, реологическая кривая, стандарт ISO 3219 для цилиндрических измерительных систем, шоколад, вязкость

Образцы



Все типы шоколада объединяет одно общее свойство: высокая калорийность. Стограммовая плитка содержит около 40 г жиров и 50 г сахара. Оставшиеся 10 г – вкусовые добавки. Исследовались три имеющихся на рынке сорта шоколада: один из сортов белого шоколада, один из сортов молочного шоколада и один из сортов горького шоколада.

Все процентные содержания, приведенные в данной таблице, представляют собой минимальные значения.

Тип	Тертое какао	Масло какао	Содержание молока	Молочные жиры
Белый	-	20 %	14 %	3.5 %
Молочный	30 %	-	18 %	4.5 %
Горький	50 %	-	-	-

Таблица 1: Состав различных типов шоколада

Испытания (методика)

Все измерения выполнялись с помощью реометра с цилиндрической измерительной системой CC27 в соответствии со стандартом ISO 3219. Данная измерительная система представляет собой отличную замену для старых систем (конструкций с плоским дном и воздушным пузырем между образцом и дном цилиндра), не соответствующих стандарту ISO. Одна из про-

блем старых измерительных систем – сложность установки в заданное положение из-за очень высоких продольных сил в высоковязкой шоколадной массе. В стандарте ISO 3219 описывается конструкция с цилиндрической геометрией и определяется отношение диаметра мерного цилиндра к диаметру мерного диска как 1,0847. Этим обеспечивается промышленный стандарт для сдвига в мерном цилиндре независимо от размера и изготовителя измерительной системы. Чтобы свести необходимость очистки к минимуму, можно использовать сменные алюминиевые цилиндры. Это означает, что больше не нужно очищать мерный цилиндр перед каждым измерением. Многие пользователи очищают сменные цилиндры в посудомоечной машине. Обеспечивается высокая производительность при переходе от одного образца к другому, с минимумом необходимой очистки. Измерительная система нагревается или охлаждается с помощью водяного термостата или непосредственно в приборе с помощью измерительной ячейки с регулируемой температурой. Температура измерительной системы может управляться с помощью программного обеспечения RheoPlus. С помощью заданных температурных профилей обеспечиваются разнообразные возможности для исследования характеристик плавления и кристаллизации шоколада.

Условия испытания

	1	2	3	4
Rotation $\dot{\gamma}$, s ⁻¹	$\dot{\gamma}$ 5 1/s	$\dot{\gamma}$ 2.50 1/s	$\dot{\gamma}$ 50 1/s	$\dot{\gamma}$ 50.2 1/s
T	T 40 °C	T 40 °C	T 40 °C	T 40 °C

Измерение выполняется в 4 этапа.

1. Предварительный сдвиг в течение 500 с при скорости сдвига 5 с⁻¹ для обеспечения однородности образца и управления его температурой. На этапе 1 не регистрируются никакие точки измерений.
2. Линейное нарастание скорости сдвига от 2 с⁻¹ до 50 с⁻¹ с 18 точками измерений за 180 с. Это основной этап измерения. Результаты этапа 2 анализировались согласно методу IOCCC2000.
3. Постоянный сдвиг при скорости 50 с⁻¹, продолжительность – 60 с.
4. Линейный спад скорости сдвига от 50 с⁻¹ до 2 с⁻¹, продолжительность – 180 с.

(*) IOCCC: International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery

Ход испытания управляется вручную по прибору или с помощью программного обеспечения Rheoplus. Температура измерения всегда устанавливается 40°C (+ 0,1°C), так как вязкость образца и определяемая точка текучести имеют сильную температурную зависимость, от 5% до 10% на 1°C. Температура образца должна быть установлена до заполнения им мерного цилиндра. Рекомендуется также устанавливать температуру измерительной системы еще до первого измерения.



Результаты и обсуждение

Постоянный контроль качества особенно необходим для достижения неизменно высокого качества, несмотря на огромный объем производства. Вязкость шоколада является чрезвычайно важным параметром, особенно при промышленном производстве. В шоколадные продукты добавляются эмульгаторы. Они изменяют реологические свойства шоколадных масс в соответствии с определенными требованиями, а также влияют на кристаллизационное поведение и повышают устойчивость при хранении. Эмульгаторы уменьшают значение точки текучести. Благодаря их действию уменьшается поверхностное натяжение между гидрофильными твердыми частицами (сахаром) и гидрофобной фазой масла какао. Исследованные образцы шоколада показали значительную разницу зависимостей вязкости и сдвигового напряжения (рис. 1а/б). Значения вязкости рассчитывались при высоких скоростях сдвига. Здесь применим термин "вязкость при бесконечной скорости сдвига" или η_{inf} . Принимается, что вязкость стремится к постоянному предельному значению при высоких скоростях сдвига. Образец белого шоколада (1а) демонстрирует, несомненно, самые высокие значения вязкости. Реологические свойства почти неизменны, то есть при выравнивании шоколада данные свойства можно определять при низ-

ких скоростях сдвига. Это обычно называется точкой текучести образца. Точки текучести белого и молочного шоколада оказываются почти идентичными, тогда как рассчитанная точка текучести горького шоколада находится значительно ниже (1б).

Тип	Точка текучести в области неизменности	Вязкость при высокой скорости сдвига
Белый	24 Па	4,2 пуаз
Молочный	23 Па	2,9 пуаз
Горький	17 Па	2,2 пуаз

Таблица 2: Сравнение значений точек текучести и вязкости

Итоги

Показано, что реометр RheolabQC с измерительной системой CC27, соответствующий стандарту ISO 3219, хорошо подходит для определения характеристик шоколада. Помимо измерения реологической кривой и кривой вязкости, точку текучести можно также рассчитать с помощью модели Кессона или по методу ЮССС 2000 (модель Виндхаба). Постоянные проверки значений точки текучести и вязкости обеспечивают стабильное высокое качество шоколада.

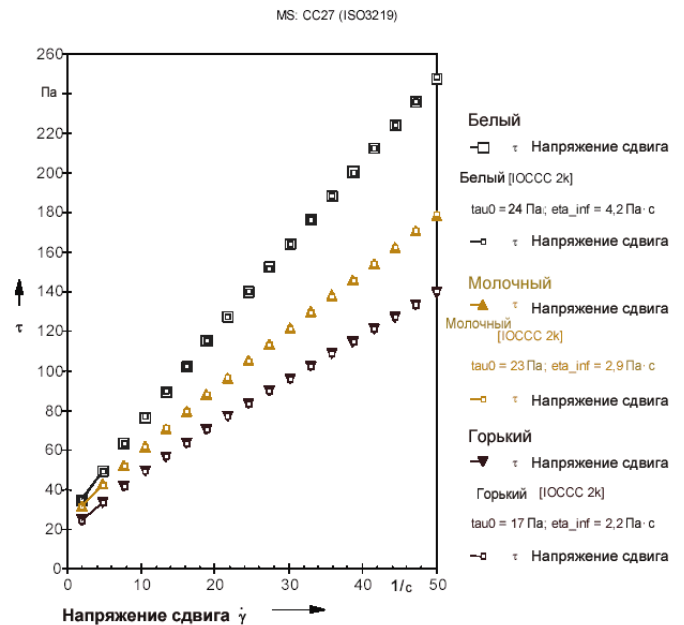
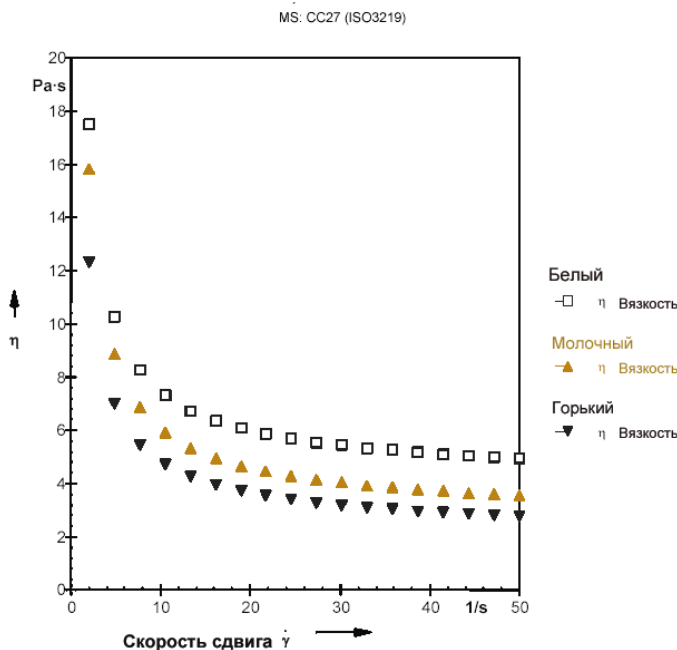


Рис. 1 а/б: Кривая вязкости (а) и напряжение сдвига как функция скорости сдвига, при анализе точки текучести в соответствии с методом ЮССС 2000 (б).