Шоколад! Как он плавится и течет?
Измерения с помощью MCR 72

Реологические свойства шоколада влияют на его вкусовое ощущение во рту, а также на технологические характеристики. В этом отчете описывается, как MCR 72 может определить, как предел текучести, так и функцию вязкости по одному измерению за короткое время на примере трех различных типов шоколада.

1 Введение

Цель производителей шоколада — добиться определенной структуры за счет пространственного расположения кристаллов. Желаемая структура достигается за счет натуральных ингредиентов шоколада, а также добавок, таких как эмульгаторы, и за счет управления самим производственным процессом. Эти факторы качества отражаются в реологических параметрах, пределе текучести и вязкости, которые можно непосредственно измерить с помощью реометра. Благодаря своей компактности и прочности MCR 72 хорошо подходит для проведения таких измерений при контроле качества шоколада.

В этом отчете описывается, как MCR 72 может определить, как предел текучести, так и функцию вязкости по одному измерению за короткое время на примере трех различных типов шоколада. Измерения и анализ проводились в соответствии с IOCCC 2000.

2 Условия испытания

2.1 Образцы

100-граммовая плитка среднего шоколада содержит более 50 г сахара и около 30 г жира. Остальными компонентами являются пищевые волокна, белки, вода и натуральные или добавленные искусственные ароматизаторы.

Здесь были исследованы три коммерчески доступных сорта шоколада: белый шоколад, молочный шоколад и темный шоколад.

Реологически значимые ингредиенты различных видов шоколада представлены в таблице 1.

Тип шоколада	Какао-паста	Какао-масло	Содержание молока	Молочный жир
Белый	-	20 %	14 %	3,5 %
Молочный	30 %	-	18 %	4,5 %
Темный	50 %	-	-	-

Таблица 1: Ингредиенты различных видов шоколада, релевантные реологическим свойствам. Все проценты, указанные в этой таблице, являются минимальными значениями.

2.2 Прибор MCR 72

Все измерения были выполнены с помощью реометра Anton Paar MCR 72 с цилиндрической измерительной системой CC27 в соответствии с ISO 3219. ISO 3219 описывает конструкцию геометрии цилиндра и определяет отношение диаметра измерительного стакана к диаметру измерительного цилиндра как 1,0847. Это гарантирует промышленный стандарт на сдвиг в измерительном зазоре, который не зависит от размера измерительной системы и производителя.

Чтобы свести очистку к минимуму, можно использовать одноразовые алюминиевые чашки. Это означает, что измерительная чашка больше не требует очистки, хотя многие пользователи моют ее в посудомоечной машине. Тем не менее гарантируется высокая пропускная способность при минимальной очистке.

Измерительная система охлаждается непосредственно на приборе через температурную систему. Температура измерительной системы контролируется с помощью программного обеспечения RheoCompass™. Использование определенных температурных профилей позволяет использовать различные возможности для исследования свойств плавления и кристаллизации шоколада. Анализ результатов можно легко выполнить с помощью программного обеспечения RheoCompass™, используя один из существующих шаблонов.

Профиль измерения состоит из четырех интервалов, как показано ниже:

1. Предварительный сдвиг в течение 500 с при 5 c^{-1} для гомогенизации и контроля температуры образца. В этом интервале не записываются точки измерения.

2. Изменение скорости сдвига от 2 c^{-1} до 50 c^{-1} с 18 точками за 180 с.

3. Постоянный сдвиг при 50 c^{-1}.

4. Изменение скорости сдвига от 50 c^{-1} до 2 c^{-1}, продолжительность 180 с. Это основной интервал измерения, данные анализируются по методу IOCCC 2000.[1]

Температура образца должна быть постоянной 40 °C (±0,1 °C), так как вязкость и предел текучести сильно зависят от температуры и варьируются от 5 до 10 % на 1 °C.

Перед наполнением измерительной чашки образец шоколада должен иметь заданную температуру. Рекомендуется, чтобы измерительная система также достигла заданной температуры перед началом измерения.

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

3 Результаты и Выводы

Исследуемые шоколадные конфеты демонстрируют значительные различия в их функциях вязкости и напряжения сдвига (см. рис. 1 и рис. 2), образец темного шоколада демонстрирует самую высокую вязкость.

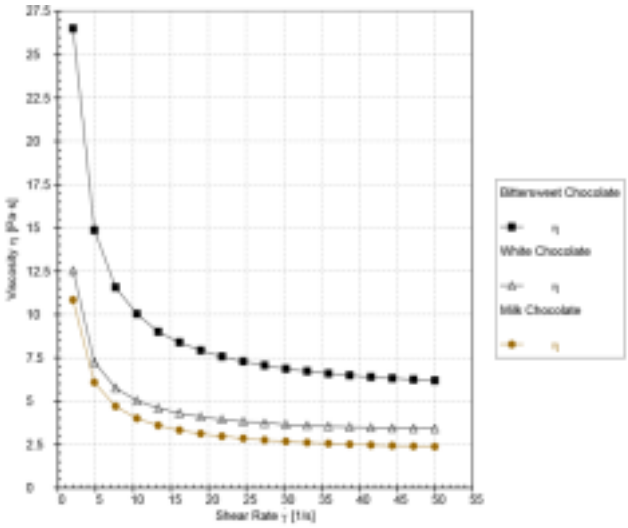

Рисунок 1: Вязкость как функция скорости сдвига

Предполагается, что при высоких скоростях сдвига вязкость приближается к постоянному предельному значению, называемому бесконечной вязкостью η_{inf}. При очень низких скоростях сдвига, когда шоколад находится «почти в покое», то есть когда он выравнивается, шоколад достигает своего предела текучести. Предел текучести и бесконечную вязкость можно определить с помощью метода IOCCC 2000 с регрессионным анализом по методу Кэссона.

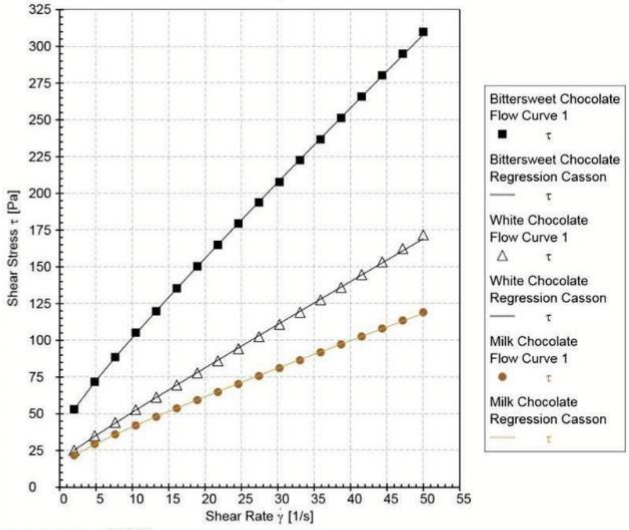

Рисунок 2: Напряжение сдвига как функция скорости сдвига с расчетом предела текучести по методу Кэссона.

Анализ измерений представлен в таблице 2.

Тип	Предел текучести τ_0 [Па]	Бесконечная вязкость η_{inf} [Па*с]
Темный	35,1	4,6
Белый	17,1	2,8
Молочный	14,0	1,6

Таблица 2: Предел текучести и вязкость

4 Заключение

MCR 72 с измерительной системой ISO 3219 CC27 отлично подходит для характеризации шоколада. Кривые течения и вязкости были измерены для трех видов шоколада, а предел текучести был рассчитан с помощью модели Кэссона. Регулярные измерения вязкости и предела текучести необходимы для производства шоколада неизменно высокого качества.