

Вимірювання в'язкості та границі плинності шоколаду на ротаційному реометрі RheolabQC

Реологічні властивості шоколаду впливають не тільки на смакові відчуття в роті, але і на його технологічні характеристики. В даному звіті представлена методика вимірювання в'язкості та границі плинності шоколаду



1 Вступ

1 Загальні положення

Цей звіт описує метод вимірювання границі плинності шоколаду. Границя плинності впливає на те, як шоколад розтікається і як він плавиться в роті та на руках. Виробники шоколаду цікавляться не тільки технологічними властивостями свого продукту, а й типом кристалізації какао-масла. Вони прагнуть створення так званої кристалічної структури «Beta V», яка плавиться на язичку при температурі від 29 °C до 33 °C. Без цієї кристалічної структури шоколад має восковий смак або є занадто м'яким при кімнатній температурі.

1.2 Історична довідка

Какао використовувалося Ольмеками більше 3000 років тому. Ці знання були передані Майя і Ацтекам, які використовували какао-боби для приготування дуже поживного напою під назвою шоколатль, корінь цієї назви залишився у сьогоdnішньому слові шоколад.

2 Постановка експерименту

2.1 Досліджувані зразки

Шоколад - це перш за все розкішна їжа і натуральний стимулятор. 100 г звичайного шоколадного батончика містить більше 50 г цукру і близько 30 г жиру. Іншими складовими є харчові волокна, білки, вода і натуральні або додані штучні ароматизатори. Досліджувалися три доступних у вільному продажу сорти шоколаду: білий, молочний та чорний. Таблиця 1 дає огляд складу різних видів шоколаду. Всі значення, наведені в цій таблиці, є мінімальною оцінкою.

Вид	Какао	Какао масло	Вміст молока	Молочний жир
Білий	-	20 %	14 %	3.5 %
Молочний	30 %	-	18 %	4.5 %
Чорний	50 %	-	-	-

Таблиця 1. Склад шоколаду

2.2 Конфігурація приладу

Всі вимірювання були виконані за допомогою ротаційного реометра від Anton Paar - RheolabQC з циліндричної вимірювальною системою. Використовувалась або CC27 відповідно до вимог ISO 3219, або B-CC40 з втопленим дном (рисунок 1). ISO 3219 описує конструкцію геометрії циліндра і визначає відношення діаметру мірного стакана до діаметру шпинделя як 1,0847. Це гарантує дотримання промислового стандарту щодо зсуву в вимірювальному зазорі, який не залежить від розміру вимірювальної системи і виробника. Для зменшення негативного впливу кінцевих ефектів були розроблені циліндри з втопленим дном і верхом (наприклад, B-CC40). Кінцеві ефекти є найбільш

2.3 Умови проведення тесту

поширеним джерелом помилок в віскозиметрах з концентричними циліндрами, тому що вплив тертя, що створюється дном, теорією не враховується.



Рисунок 1. Спеціальна вимірювальна система (B-CC40), яка використовується в шоколадній промисловості.

Щоб звести до мінімуму чистку, для системи CC27 можна використовувати одноразові алюмінієві чашки. Це означає, що мірний стаканчик більше не потребує очищення. Багато користувачів миють свої одноразові стаканчики в посудомийній машині. Висока пропускна здатність зразка з мінімальної необхідністю очищення є гарантованою.

Вимірювальна система нагрівається або охолоджується за допомогою температурного приладу Пельтьє C-PTD 180/AIR/QC (рис. 2). Температуру вимірювальної системи можна контролювати за допомогою програмного забезпечення RheoCompass™. Використання визначених температурних профілів дозволяє використовувати різні можливості для дослідження властивостей шоколаду при плавленні та кристалізації.



Рисунок 2. Ротаційний реометр RheolabQC з термостатуючою системою C-PTD 180/AIR/QC від Anton Paar.

Тест складається з інтервалу попереднього зсуву та трьох інтервалів вимірювання (рис. 3 і 4).

Попередній зсув: шпindelь обертається протягом 500 с при швидкості зсуву 5 c^{-1} для гомогенізації і встановлення температурної рівноваги зразка. Вимірювання починається з інтервалу 1, якщо значення в'язкості є постійним з допуском $\pm 0,2\%$.

Інтервал 1: швидкість зсуву змінюється від 2 c^{-1} до 50 c^{-1} , вимірюється 18 точок за 180 с.

Інтервал 2: постійна швидкість зсуву 50 c^{-1} , тривалість 60 с.

Інтервал 3: швидкість зсуву змінюється від 50 c^{-1} до 2 c^{-1} , тривалість вимірювань 180 с. Це основний інтервал вимірювання. Інтервал 3 – це метод аналізу шоколаду відповідно до вимог IOCCC 2000. IOCCC - це аббревіатура Міжнародного бюро какао, шоколаду та цукристих кондитерських виробів (IOCCC-International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery.).

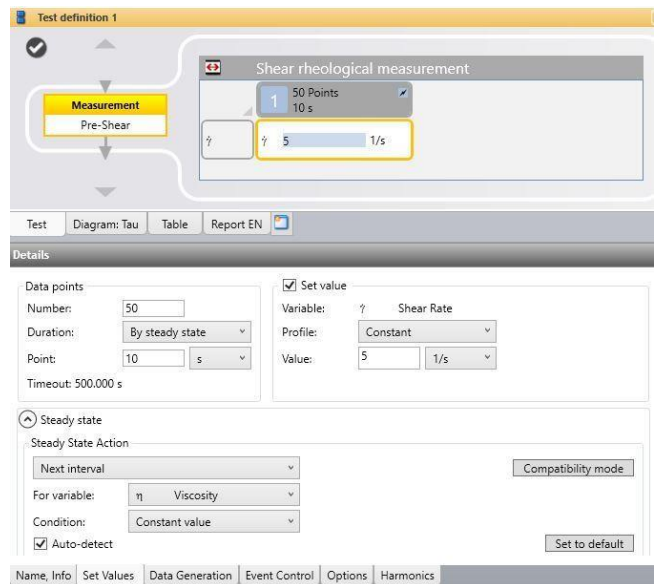


Рисунок 3. Інтервал попереднього зсуву з постійним контролем стану

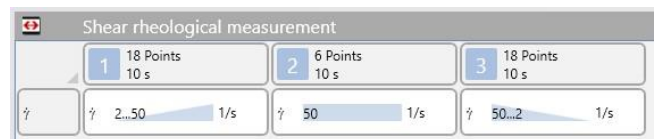


Рисунок 4. Вимірювальні інтервали 1 – 3.

Температура вимірювання завжди становить рівно $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$), так як в'язкість та границя плинності мають сильну

температурну залежність, змінюючись від 5% до 10% за 1 °С.

Шоколад потрібно розтопити перед заповненням вимірювальної комірки. Також рекомендується провести темперування вимірювальної системи перед вимірюванням, для запобігання кристалізації зразка.

3 Результати та їх обговорення

Безперервний контроль властивостей шоколаду необхідний для підтримки незмінно високої якості, навіть при величезних обсягах виробництва. В'язкість шоколаду є важливим параметром, особливо під час виробництва.

В шоколадні вироби додаються емульгатори. Вони використовуються для вдосконалення характеристик плинності шоколадної маси

для їх відповідності певним вимогам, вони впливають на поведінку при кристалізації і підвищують стабільність при зберіганні. Емульгатори зменшують значення границі плинності. Вони зменшують міжфазний натяг між гідрофільними твердими частинками (цукром) і гідрофобною фазою масла какао.

Досліджені зразки шоколаду показують значні відмінності у в'язкості і напрузі зсуву (рис. 5 і 6). Значення в'язкості розраховувались при високих швидкостях зсуву. Тут має місце термін «в'язкість при нескінченному зсуві» або η^∞ . Передбачається, що в'язкість наближається до постійного граничного значення при високих швидкостях зсуву. Зразок білого шоколаду показав найвищі значення в'язкості.

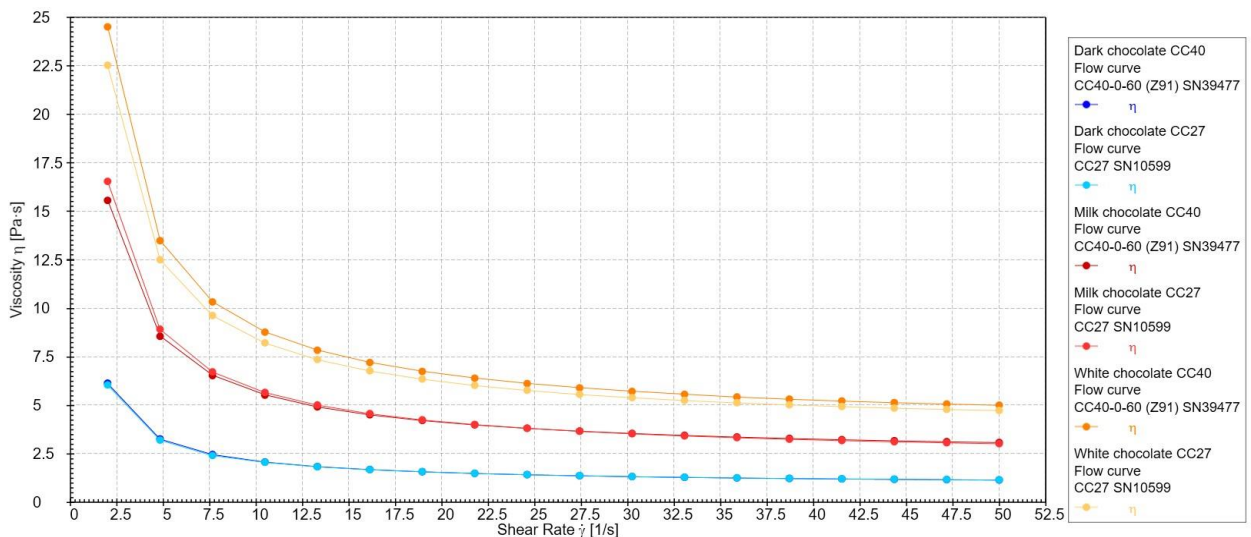


Рисунок 5. Графік залежності в'язкості від швидкості зсуву третього інтервалу

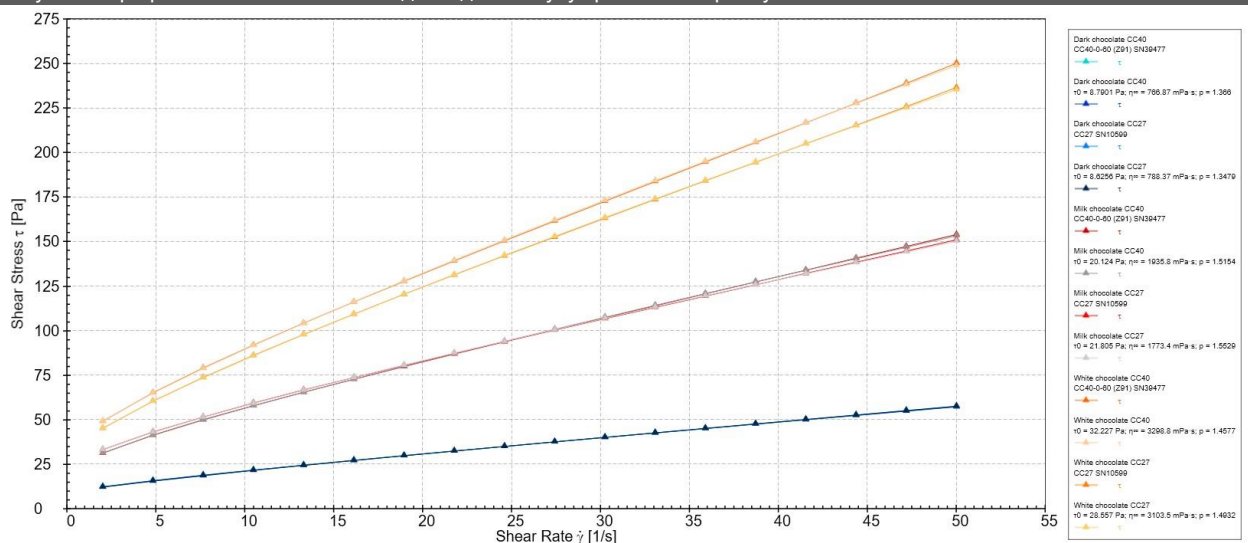


Рисунок 6. Графік залежності напруження зсуву від швидкості зсуву і розрахунок границі плинності відповідно до OICCC 2000

Властивості плинності в «майже спокої», тобто, коли шоколад розтікається, можуть бути визначені при низьких швидкостях зсуву. У таких випадках говорять про границю плинності зразка. Кожен зразок шоколаду показував різні границі плинності, границя плинності чорного шоколаду є значно нижчою за білий та молочний шоколад (рис. 5). У таблицях 2 і 3 наведено результати вимірювань з різними вимірювальними системами відповідно до OICCC.

Якщо у Вас виникли додаткові запитання стосовно цього звіту про застосування, ви можете звернутись до нас:

**03028 Україна, м. Київ,
вул. Стратегічне шосе 16
Сайт: <http://dlu.com.ua>
Телефон: +38 (044) 229-15-31
Факс: +38 (044) 229-15-30
e-mail: sale@dlu.com.ua**

Вид	Границя плинності	В'язкість при нескінченному зсуві
Білий	28.6 Па	3.1 Пас
Молочний	21.8 Па	1.8 Пас
Чорний	8.6 Па	0.8 Пас

Таблиця 2. Порівняння вимірних значень границі плинності та в'язкості, отриманих за допомогою вимірювальної системи CC27.

Вид	Границя плинності	В'язкість при нескінченному зсуві
Білий	32.2 Па	3.3 Пас
Молочний	20.1 Па	1.9 Пас
Чорний	8.8 Па	0.8 Пас

Таблиця 3. Порівняння вимірних значень границі плинності та в'язкості, отриманих за допомогою вимірювальної системи В-СС40.

При порівнянні таблиці 2 з таблицею 3 видно невеликі відмінності в межі плинності і в'язкості зразків шоколаду. Причина полягає в тому, що конструкція вимірювальної системи В-СС40 має втоплене дно і через це знизу шпинделя затримується повітря. Відповідно, між дном шпинделя і зразком не виникає тертя, а це усуває/зменшує кінцеві ефекти.

4 Підсумки

Результати вимірювань показують, що RheolabQC з обома вимірювальними системами CC27 і В-СС40, добре підходить для характеристики шоколаду.

Крім вимірювання кривих напруження зсуву і в'язкості, можна також розрахувати границю плинності за моделлю Кесонна (Casson) або OICCC 2000 (модель Windhab).

Регулярні вимірювання в'язкості і границі плинності гарантують незмінно високу якість шоколаду.