

## Вимірювання реологічних параметрів для контролю якості тіста

Реологічні параметри описують **деформацію та плинність** речовини. Внутрішня структура безпосередньо визначає реологічні параметри. Проводячи швидкі та прості тести на **реометрі**, приладі для вимірювання реологічних параметрів, можна отримати інформацію про зміну **внутрішньої структури, її відмінностей** у різних зразків та **змін за певних умов**. Таким чином, завжди можна **контролювати стабільність виробничого процесу**.



### 1. Вступ

Головне завдання, яке виникає при контролі якості на виробництві тіста для кондитерських виробів – врахування відмінностей вхідної сировини. Навіть дві партії пшениці з одного поля при однаковій рецептурі виготовлення можуть спричинити те, що тісто буде мати різні технологічні характеристики і, відповідно, різний смак та консистенцію вихідного продукту. Для стабільної якості виробничого процесу треба проводити дослідження хімічних та фізичних параметрів вхідної сировини, після чого вводити поправки в рецептуру для кожної окремої партії. Таким чином, точно, швидко та легко визначення параметрів, які можуть описати різницю між партіями вхідної сировини, має велике значення на виробництві.

#### 1.1. Теоретичні відомості

Такі зразки, як тісто, в реології називають в'язкопружними. З назви зрозуміло, що подібні зразки демонструють, як пружно так і в'язку поведінку. За малих навантажень, тісто пружно деформується (розтягується і стягується) без руйнування зв'язків між молекулами речовини. Проте, при достатньо великих і повільних напруженнях, тісто поводить себе аналогічно рідині – зв'язки між більшістю молекул вже є зруйнованими, але частинки все ще рухаються як ціле. Тому опис подібних зразків потрібно проводити, вимірюючи як в'язкі, так і

пружні властивості. В нашому випадку вимірювались модулі зсуву  $G'$  та  $G''$ .  $G'$  – модуль накопичення, говорить про енергію, яку накопичує і зберігає під час деформації зразок, по суті, описує пружну частину поведінки зразка.  $G''$  – модуль втрат – енергія, яка втрачається (дисипує) під час напруження, й характеризує в'язку частину поведінки зразка.

### 2. Опис експерименту

#### 2.1. Зразки

Досліджувались два, принципово різних за консистенцією, види тіста – шоколадне та з маком, які використовуються в кондитерських виробках.

#### 2.2. Установа

Вимірювання проводились на реометрі MCR 102 виробництва компанії Anton Paar. Для проведення досліджень зразка використовували вимірювальну систему паралельних пластин діаметром 25 мм (PP25) та терморегулюючу систему P-PTD 200/56, на елементах Пельтьє, яка забезпечує швидку зміну і точне значення встановленої температури.

#### 2.3. Методика експерименту

Вимірювання відбувались при температурі 25 °С. Реологічні параметри тіста досліджували наступним чином: зразок затискали в щілині 1 мм між паралельними пластинами. Нижня пластина залишалась нерухомою, в той час, як верхня осцилювала навколо своєї осі. Коливання відбувались за сталої частоти та наростаючої амплітуди. Частота коливань  $\omega$  – 10 рад/с (радіан на секунду); амплітуда (деформація зсуву)  $\gamma$  зростала від 0.01 до 300%. Деформація зсуву зразка – це відношення лінійного зсуву до проміжку між пластинами. 100% - відхилення верхньої пластини на 1мм. Тест містив 25 точок вимірювання. Значення амплітуди зростало в логарифмічному масштабі.

Поступове збільшення амплітуди за сталої частоти коливань надає інформацію про зусилля (або деформацію), яке руйнує внутрішню структуру зразка.

Завдяки цьому можна визначити діапазон значень деформації зсуву, в якому зразок демонструє пружні властивості, точку в якій руйнується внутрішня структура зразка та проміжок, в якому зразок починає проявляти плинність (починає текти) до розриву.

### 3. Результати та їх обговорення

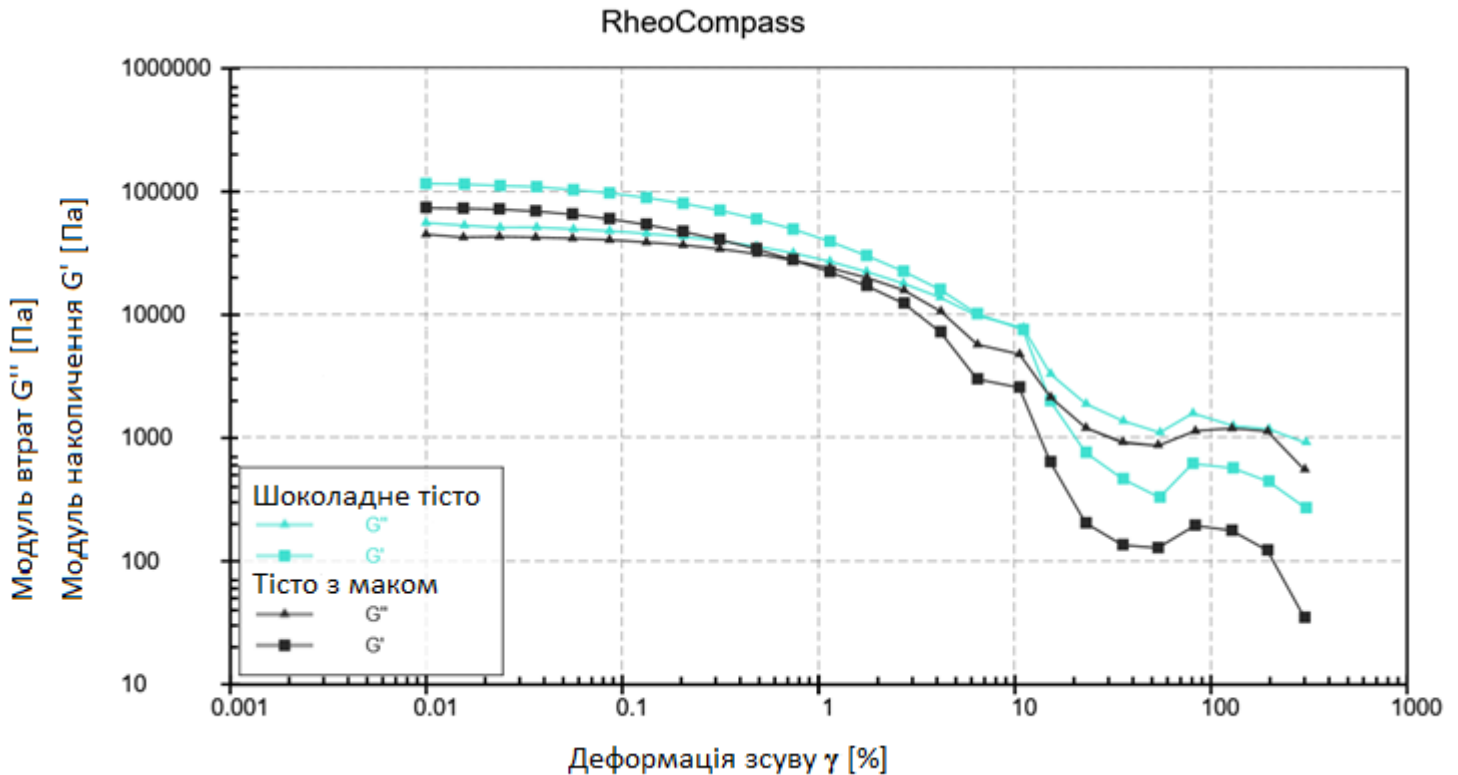


Рисунок 1. Залежність модулів зсуву від деформації зсуву.

Результати тесту зі збільшенням амплітуди коливання (амплітудної модуляції) наведено на рисунку 1.

Графіки було побудовано в програмному забезпеченні RheoCompass від Anton Paar. Крім побудови графіків, програмне забезпечення використовується для проведення вимірювань, керування реометром, експорту та імпорту даних.

На графіку можна побачити, що значення модуля накопичення обох зразків більше модуля втрат. Це означає, що тісто в стані спокою та при малих напруженнях утримує свою форму та поводить себе як пружне тіло (розтягується, відновлює форму). При цьому, відстань між  $G'$  і  $G''$  є невеликою, це означає, що вклад в'язкої і пружної частин є майже однаковим, іншими словами, зразок має м'яку консистенцію.

Значення модулів зсуву падає зі збільшенням напруження (розм'якшення при зсуві), тобто чим більшою є деформація, тим легше тісто деформується. Таку поведінку речовини в реології називають псевдопластичною. Псевдопластична поведінка є характерною для великого класу речовин. Керування під час виробництва реологічними характеристиками поведінки речовини, надає велику вигоду. Наприклад, речовини з високою псевдопластичністю під дією сильних напружень мають малу в'язкість і легко

прокачуються через трубу, при цьому майже застигають в стані спокою, запобігаючи злипанню (коагуляції) або осіданню (седиментації) частинок.

В нашому випадку, інформація про псевдопластичність тіста набуває змісту тільки при порівнянні зразків. Знаючи, як себе поводить зразок, можна отримати інформацію про інший і порівняти.

Точка перетину кривих накопичення та втрат у випадку тіста з маком має значення 0.86%. Як було сказано раніше, це точка структурного переходу (початок руйнування внутрішньої структури зразка без руйнування самого зразка) і початку плинності, при значенні зсуву 10% тісто рветься. Шоколадне тісто має однаковий з маковим порядок величини модулів зсуву і майже ідентичний проміжок між кривими накопичення та втрат в діапазоні малих зсувів, що говорить про їх схожість в стані спокою або малих напружень (наприклад, набухання під час випікання). Проте границя плинності у шоколадного тіста спостерігається значно пізніше – 10.2%, що в 10 раз більше. Крім того, шоколадне тісто порвалось при зсуві в 55%, що знову ж таки більше, ніж в макового. Вищі значення границі плинності шоколадного тіста, свідчать про сильніші зв'язки між молекулами. Іншими словами, макове тісто менш піддатливе деформації, тобто шоколадне деформується сильніше перед розривом (краще розкатується, тримається купи).

#### **4. Підсумки**

Отримані на реометрі MCR 102 дані реологічних вимірювань, є корисними не тільки, як параметри контролю якості, але й можуть використовуватись для створення продукту із заданими технологічними характеристиками в процесі розробки рецептур нових кондитерських виробів.

Також потрібно згадати, що у зв'язку із специфікою зразка, у вимірюванні температурної залежності не було сенсу, хоча така можливість існує.

**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](mailto:sale@dlu.com.ua)**