

Реологическая характеристика сыра

Была проведена температурно-зависимая реологическая характеристика двух образцов сыра (плавленого сыра и намазываемого сыра). Температурная зависимость сыра важна для конечного продукта. Измерения проводились с использованием реометра MCR Anton Paar с опцией TruStrain™.



1 Введение

Проведена температурно-зависимая реологическая характеристика двух образцов сыра (плавленого сыра и намазываемого (полутвердого) сыра).

Температурная зависимость сыра важна для конечного продукта. Например, намазываемый сыр необходимо намазывать при низкой температуре, поскольку он хранится в холодильнике. Тем не менее, он должен поддерживать определенную структуру, не растекаясь при повышенной температуре. Для приятного вкусового ощущения намазываемый сыр должен иметь полутвердую структуру при температуре тела.

С другой стороны, ожидается, что плавленый сыр будет иметь стабильную консистенцию при комнатной температуре, но, если он используется в качестве начинки, например, для гамбургеров или пиццы, некоторое плавление и текучесть желательны при более высокой температуре.

2 Условия испытания

Измерения проводились с использованием реометра MCR Anton Paar с опцией TruStrain™, температурной системы Пельтье PTD и измерительной системы с параллельными плоскостями PP25 (25 мм).

Для предотвращения высыхания на краю измерительной системы образец был покрыт небольшим количеством маловязкого растительного масла.

Из-за расширенной структуры геля в сыре и жесткой консистенции плавленого сыра при комнатной температуре была использована измерительная система с параллельными плоскостями. Для плавления сыра перед фактическим испытанием применялась нормальная сила 10 Н, чтобы убедиться, что измерительная плоскость хорошо прилегает к образцу.

Кожух температурной системы Пельтье PTD использовался для контроля температуры, поскольку он сводит к минимуму температурные градиенты по всему образцу.

Осцилляционные тесты использовались для измерения образцов сыра по двум причинам:

1. Ротационные испытания для таких образцов ограничены, поскольку сыр имеет тенденцию мигрировать из зазора даже при низких скоростях сдвига.
2. Осцилляционные испытания дают дополнительную информацию об упругом поведении образца; то есть они позволяют различать вязкие (G'') и упругие (G') свойства.

Было проведено два осцилляционных теста:

а) Амплитудные развертки на намазываемом сыре:

Фиксированная угловая частота = 10 c^{-1} ;
деформация как логарифмическая рампа = 0,01–100 % (развертка деформации)

Температуры: 5, 20 и 36 °C

б) Температурная развертка на намазываемом и плавленом сыре:

Постоянная частота = 1 Гц,
Постоянное напряжение = 1 %.

Изменение температуры T = от 20 до 80 °C, или
 T = от 20 до 100 °C, при скорости нагрева 1 °C за 3 мин.

3 Результаты и Выводы

На рис. 1 представлены результаты амплитудных разверток намазываемого сыра при трех температурах. Несмотря на то, что амплитудная развертка была измерена при контроле деформации, результаты нанесены на график в зависимости от напряжения сдвига. Для всех трех температур намазываемый сыр имеет линейное вязкоупругое плато, где G' выше, чем G'' . При 5 и 20 °C отношение $\tan \delta = G''/G'$ составляет примерно 0,25, тогда как абсолютные значения модулей G' и G'' примерно в 1,7 раза выше при 5 °C, чем при 20 °C. При 36 °C G' все еще значительно выше G'' , но отношение $\tan \delta$ увеличивается до 0,33. Значение G' при 36 °C составляет около 10 000 Па, что в 4,5 раза ниже значения при 5 °C.

Как показано на рисунке 1, напряжения, на которых заканчиваются линейные вязкоупругие плато, составляют 5300 Па при 5 °C, 3000 Па при 20 °C и 1500 Па при 36 °C; т. е. структура устойчива при более низких напряжениях и разрушается при более высоких напряжениях. Это показывает, что структура намазываемого сыра ослабевает и легче разрушается при повышении температуры; т. е. сыр легче намазывать при более высокой температуре. С другой стороны, значительная структура сохраняется даже при 36 °C, предотвращая нежелательную текучесть сыра и нежелательное вкусовое ощущение во рту. При амплитудной развертке в зависимости от деформации (здесь не показано) линейные вязкоупругие плато заканчиваются при деформации около 10 % для всех трех температур.

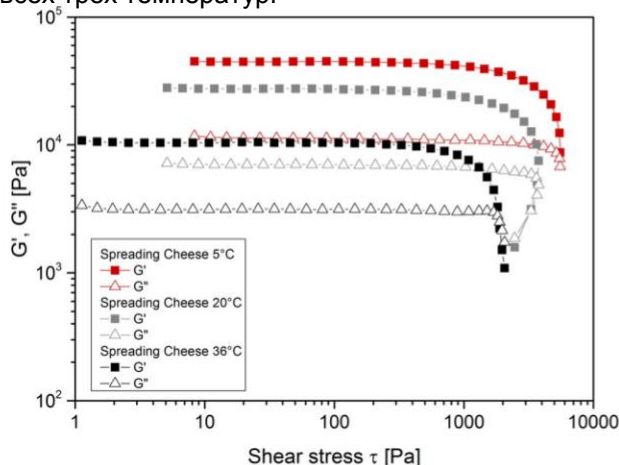


Рисунок 1: Амплитудные развертки намазываемого сыра при трех температурах (5, 20 и 36 °C)

На рис. 2 представлены температурные развертки для обоих образцов сыра. В соответствии с результатами амплитудных разверток, G' больше, чем G'' во всем диапазоне температур для намазываемого сыра, что указывает на то, что намазываемый сыр ведет себя как твердое тело в состоянии покоя даже при повышенной температуре. Тем не менее абсолютные значения как G' , так и G'' уменьшаются в 10 раз при повышении температуры от 20 до 80 °C.

В случае плавленого сыра G' и G'' также уменьшаются с повышением температуры. Однако, в отличие от намазываемого сыра, плавленый сыр имеет пересечение G' и G'' при температуре около 55 °C. В то время как G' больше, чем G'' при более низких температурах, G'' становится выше 55 °C, что указывает на то, что плавленый сыр действительно течет при более высоких температурах.

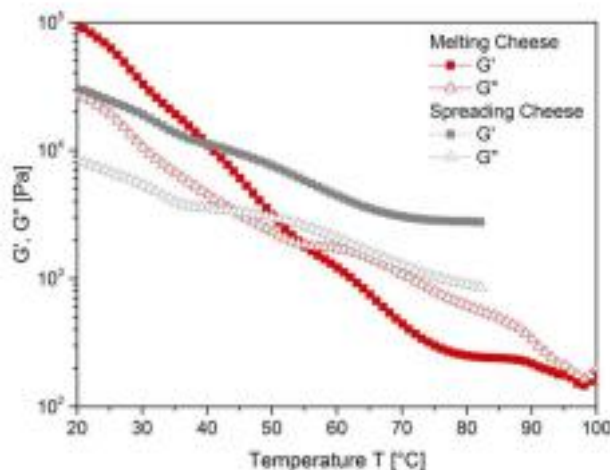


Рисунок 2: Температурные развертки плавленого и намазываемого сыров

4 Заключение

Представленная здесь температурно-зависимая характеристика образцов сыра дает полезную информацию о структуре и способности к намазыванию намазываемого и плавленого сыра, а также о температуре плавления плавленого сыра. Таким образом, он может служить инструментом для улучшения и обеспечения качества сырных продуктов.