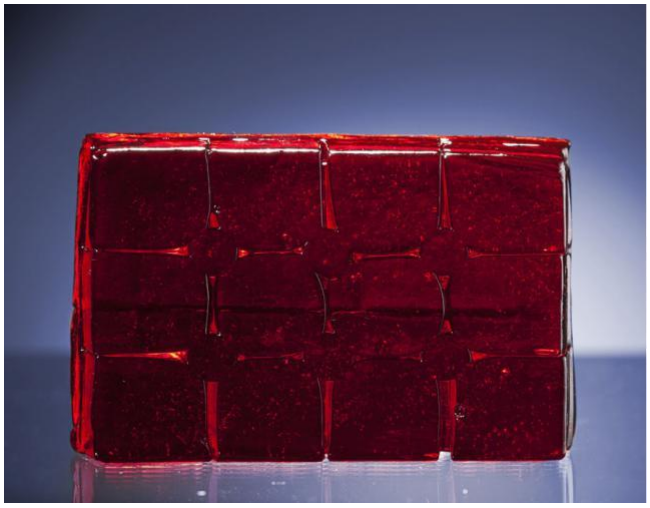
Зависимость вязкости желатина, жевательной резинки и печенья от влажности, характеризуемая MCR

Помимо температуры, содержание воды в образце, а также относительная влажность окружающего воздуха являются важными ключевыми факторами для реологических свойств широкого спектра пищевых продуктов. Реологические параметры можно использовать в качестве меры органолептических свойств, таких как вкусовое ощущение во рту, хрусткость или твердость. На эти свойства сильно влияет содержание воды в пище. Поскольку содержание воды в них зависит от температуры и влажности окружающей среды, контроль этих параметров также представляет большой интерес с точки зрения стабильности производства и хранения.



1 Введение

Помимо температуры, содержание воды в образце, а также относительная влажность окружающего воздуха являются важными ключевыми факторами для реологических свойств широкого спектра пищевых продуктов. Реологические параметры можно использовать в качестве меры органолептических свойств, таких как вкусовое ощущение во рту, хрусткость или твердость. На эти свойства сильно влияет содержание воды в пище. Поскольку содержание воды в них зависит от температуры и влажности окружающей среды, контроль этих параметров также представляет большой интерес с точки зрения стабильности производства и хранения. Следующие три примера используются, чтобы показать влияние относительной влажности на реологические/механические свойства пищевых продуктов и возможность использования Опции контроля влажности для определения реологических характеристик.

1.1 Желатин

Желатин представляет собой водорастворимое белковое соединение, полученное путем частичного гидролиза коллагена (составляющего основные органические компоненты кожи, костей, сухожилий и рыхлой соединительной ткани животных). Это гидроколлоид, который стабилен при температуре окружающей среды и низкой влажности, но проявляет специфическое набухание и гелеобразование из-за воздействия воды. Следовательно, механические свойства желатина сильно зависят от воды. По этой причине он используется в пищевой промышленности (например, в качестве желирующего агента или съедобных пленок), для фармацевтических и косметических продуктов (например, в качестве материала оболочки капсул), а также в технических целях (например, для фотографии и в качестве клея).

1.2 Жевательная резинка

Жевательная резинка в основном состоит из нерастворимой в воде основы жевательной резинки и водорастворимых подсластителей и увлажнителей. Обращение с жевательной резинкой во время производства или хранения может быть затруднено, так как высокое содержание воды в продукте вызывает размягчение и повышенную липкость.

1.3 Печенье

Печенье является примером хлебобулочных изделий, для которых содержание влаги имеет большое значение с точки зрения ее сенсорной приемлемости. В частности, сенсорные свойства, такие как хрусткость или твердость, могут быть затронуты из-за хранения во влажной атмосфере.

2 Условия испытания

2.1 CTD 180 с Опцией влажности

CTD 180 Humidity Ready представляет собой модифицированный конвекционный температурный прибор, который позволяет работать при определенной относительной влажности и температуре в диапазоне от 10 до 95 % относительной влажности и от 10 до 120 °C. Поэтому внешний модульный генератор влажности (MHG) контролирует влажность газа, поступающего в камеру CTD 180. С помощью программного обеспечения управления MHG можно установить постоянную относительную влажность или изменение относительной влажности в зависимости от времени соответственно.

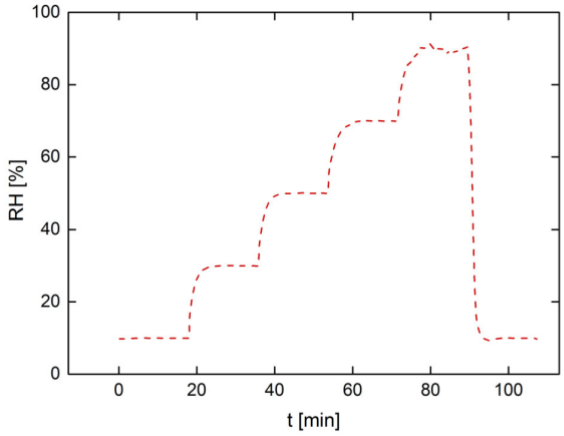


Рисунок 1: Пример профиля влажности с использованием CTD 180 с Опцией влажности при 40 °C.

В качестве примера на рисунке 1 показано каскадное увеличение относительной влажности от 10 до 90 % в 4 этапа при постоянной температуре 40 °C и фиксированном времени уравновешивания 18 минут для каждого отдельного этапа. Кроме того, на рисунке 1 показано отчетливое снижение относительной влажности с 90 до 10 % в течение 18 минут.

Реологические измерения проводились на различных образцах пищевых продуктов с использованием геометрии Solid Rectangular Fixture (SRF) или плоскость-плоскость (PP15/PP25). Измерения проводились с помощью модульного компактного реометра Anton Paar (MCR) и CTD 180 с Опцией измерения влажности.

2.2 Желатин

Прямоугольные образцы (35 x 10 x 0,2 мм) вырезали из имеющихся в продаже желатиновых листьев (используемых для приготовления пищи). Реологические измерения проводились с использованием SRF.

Амплитудные развертки:

Предустановка: Фиксированная частота f = 1 Гц; изменение деформации от = 0,001 до 0,1 % (логарифмическое линейное изменение); температура T = 50°C; относительная влажность RH=30%.

Временная развертка

Фиксированная частота f = 1 Гц; деформация = 0,01 % (в области LVE).

Предустановка I (T = 50 °C)
RH = 30 %; t = 4 мин
RH = 80 %; t = 8 мин
RH = 30 %; t = 13 мин

Предустановка II (T = 25 °C)
RH = 30 %; t = 4 мин
RH = 80 %; t = 120 мин

2.3 Жевательная резинка

SRF использовали для определения размягчения образца из-за увеличения относительной влажности окружающей среды. Кроме того, было проведено испытание на липкость между двумя параллельными плоскостями (PP15/PP25) для анализа увеличения липкости из-за поглощения воды образцом. Жевательная резинка была куплена в местном супермаркете и разрезана на прямоугольные образцы (35 x 10 x 1,7 мм) для измерения SRF или на круглые образцы (Ø = 17 мм; h = 1,7 мм) для измерения липкости.

Амплитудная развертка (с использованием SRF):

Предустановка: Фиксированная частота f = 1 Гц; изменение деформации от = 0,001 до 1 % (логарифмическое изменение); температура T = 25°C; относительная влажность RH = 30%.

Временная развертка (с использованием SRF):

Фиксированная частота f = 1 Гц; деформация = 0,002 % (в области LVE)

Предустановка I: T = 25 °C; RH = 30 %
Предустановка II: T = 25 °C; RH = 80 %
Предустановка III: T = 37 °C; RH = 30 %
Предустановка IV: T = 37 °C, RH = 80 %

Тесты на прилипание (с использованием PP15/PP25):

Жевательная резинка была закреплена на нижней плоскости (PP25) с помощью моментального клея. После начального этапа предварительной подготовки (в течение 30 мин) при стандартной температуре и относительной влажности верхняя плоскость (PP15) перемещалась вниз к образцу с нормальным усилием FN = 1 Н и удерживалась там в течение 25 с. После этого верхняя плоскость поднималась со скоростью v = 0,1 мм/с.

Предустановка I: T = 25 °C; RH = 10 %
Предустановка II: T = 25 °C; RH = 80 %
Предустановка III: T = 37 °C; RH = 10 %
Предустановка IV: T = 37 °C, RH = 80 %

2.4 Печенье

Были вырезаны прямоугольные образцы (около 20 x 10 x 5 мм). Реологические измерения проводились с помощью SRF.

Амплитудная развертка:

Предустановка: Фиксированная частота f = 1 Гц; изменение деформации от = 0,0001 до 0,1 % (логарифмическое линейное изменение); температура T = 25°C; относительная влажность RH=30%.

Временная развертка:

Фиксированная частота f = 1 Гц; деформация = 0,001 % (в области LVE); температура T = 25°C.

RH = 30 %; t = 4 мин
RH = 80 %; t = 8 мин
RH = 10 %; t = 18 мин

3 Результаты и Выводы

3.1 Желатин

Как видно на рисунке 2, как модуль накопления G’ (представляющий упругое поведение), так и модуль потерь G’’ (представляющий вязкое поведение) желатина остаются постоянными при RH = 30 %. Увеличение относительной влажности приводит к отчетливому уменьшению G’ и G’’. Этот эффект может быть связан с поглощением воды, что приводит к определенному набуханию желатина. Уменьшение модулей при более высокой относительной влажности коррелирует с более мягкой и менее хрупкой текстурой образца. Последующее снижение относительной влажности вызывает увеличение G’ и G’’, что указывает на высыхание желатина.

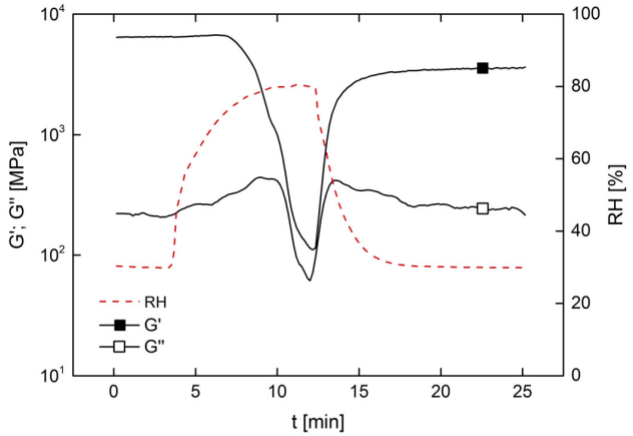


Рисунок 2: G’ и G’’ образца желатина в зависимости от времени и относительной влажности при 50 °C.

Снижение G’ и G’’ из-за увеличения относительной влажности сильно зависит от температуры. В то время как при 50 °C увеличение относительной влажности до 80 % приводит к снижению модулей уже примерно через 5 мин, время изменения механического поведения увеличивается примерно в 10 раз при 25 °C (рис. 3).

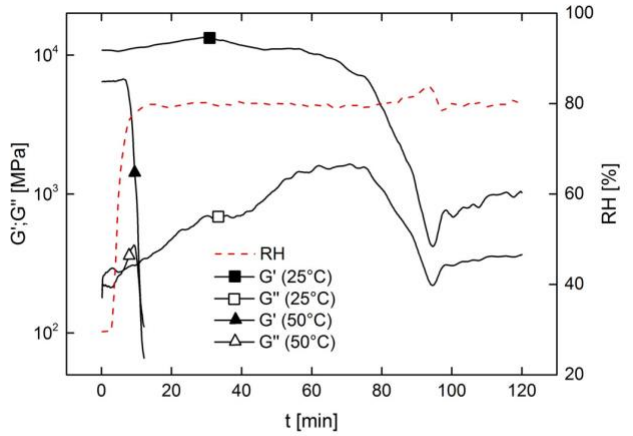


Рисунок 3: G’ и G’’ образца желатина в зависимости от времени, относительной влажности и температуры. Данные были сглажены по 10 точкам данных.

3.2 Жевательная резинка

При низкой относительной влажности RH = 30 % исследуемая жевательная резинка демонстрирует стабильное реологическое поведение с постоянными значениями G' и G'' в течение примерно 60 мин (рис. 4). Повышение температуры (от 25 °C до 37 °C) вызывает лишь незначительное снижение модулей. Тем не менее, при низкой относительной влажности (RH = 30 %) модули и, следовательно, механические свойства жевательной резинки не зависят от времени.

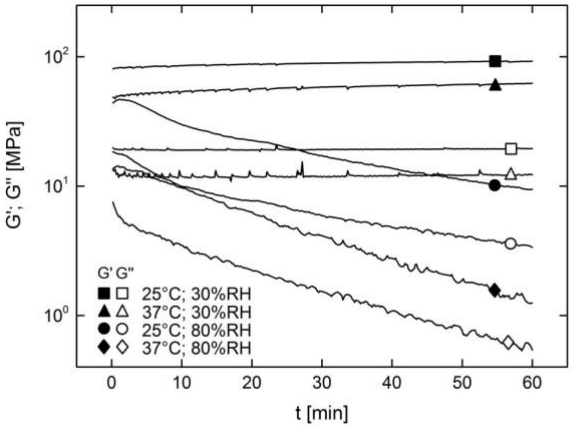


Рисунок 4: G’ и G’’ жевательной резинки в зависимости от относительной влажности, температуры и времени. Данные были сглажены по 10 точкам данных.

Однако при повышенной относительной влажности RH = 80 % можно наблюдать непрерывное уменьшение G’ и G’’. На наклон кривых влияет температура измерения, что указывает на то, что воздействие воды в образце увеличивается с повышением температуры от 25 °C до 37 °C. При RH = 80 % поверхность образцов во время измерения становится шероховатой и появляется сиропообразный слой. Это указывает на то, что водорастворимые компоненты на поверхности образца, такие как объемные подсластители (например, сорбит, маннит) и высокоинтенсивные подсластители (например, аспартам, ацесульфам k), взаимодействуют с водой, в результате чего на поверхности образца образуется липкий слой (рис. 5).

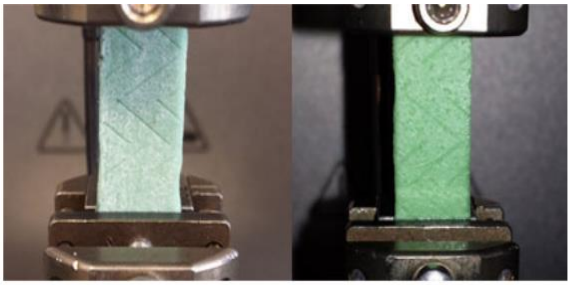


Рисунок 5: Образец жевательной резинки до (слева) и после (справа) кондиционирования при температуре T = 37 °C и относительной влажности = 80.%.

Для обеих температур при относительной влажности = 10 % испытание на липкость (рис. 6) показало полное отсутствие липкости между образцом и геометрией, в то время как при повышенной относительной влажности 80 % силы сцепления возникают во время втягивания верхней геометрии. При повышении температуры измерения показывают силы сцепления, существующие при большем смещении d [мм] верхней пластины во время ее отвода от поверхности образца. Следовательно, при более высоких температурах растворяется большее количество подсластителя.

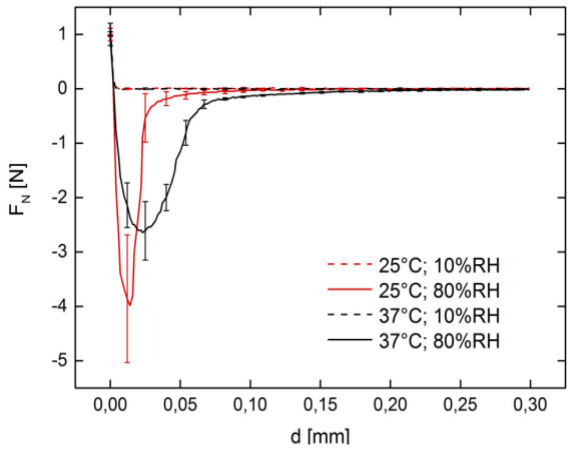


Рисунок 6: Нормальные силы между поверхностями жевательной резинки и PP15 в зависимости от смещения (d) PP15, а также температуры и влажности окружающей среды. Отрицательные значения FN указывают на растягивающие усилия, а положительные значения указывают на сжимающие усилия.

3.3 Печенье

На рис. 7 видно, что модуль упругости G’ печенья сильно снижается при повышении относительной влажности от 30 % до 80 %. Последующее снижение RH с 80 % до 10 % вызывает некоторое увеличение G’. Однако по сравнению с функцией G’ кривая G’’ показывает лишь незначительные изменения в течение всего измерения. Соотношение между G’ и относительной влажностью указывает на размягчение печенья из-за поглощения воды при воздействии влажной атмосферы. Следовательно, измерения подходят для характеристики стабильности при хранении этих видов хлебобулочных изделий.

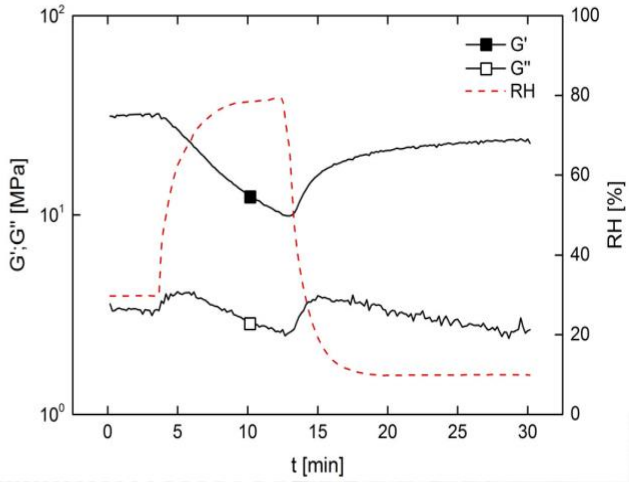


Рисунок 7: G’ и G’’ печенья в зависимости от времени и относительной влажности при 25 °C.

4 Заключение

Реологические параметры можно использовать в качестве меры органолептических свойств, таких как вкусовое ощущение во рту, хрустящая корочка или твердость пищи. На эти свойства сильно влияет влажность образца, которая, в свою очередь, зависит от температуры и влажности окружающего воздуха. CTD 180 с Опцией влажности позволяет характеризовать влияние температуры и относительной влажности на реологические свойства чувствительных к воде образцов.

В качестве примера в этом отчете обсуждается поведение желатина при различных условиях хранения. Можно сделать вывод, что, особенно при повышенных температурах, высокая относительная влажность может вызвать снижение G’ и G’’ и, следовательно, физическую порчу продуктов, инкапсулированных с желатином, что приведет к сокращению срока годности.

Кроме того, можно охарактеризовать размягчение жевательной резинки из-за влияния повышенной температуры и влажности путем измерения G’ и G’’ твердого прямоугольного образца.
Кроме того, тестом на липкость определяли повышенную липкость поверхности образца после хранения во влажных условиях. Повышенная влажность вызывает солюбилизацию водорастворимых компонентов на поверхности образца и образование клейкого сиропообразного слоя, что может привести к проблемам при производстве.

И последнее, но не менее важное: эксперименты с печеньем указывают на влияние относительной влажности на реологические свойства хлебобулочных изделий. Повышенная влажность снижает G’, что может быть связано с размягчением печенья, а также с уменьшением его твердости и хрусткости. Следовательно, измерения позволяют анализировать органолептические характеристики печенья при различных условиях хранения.