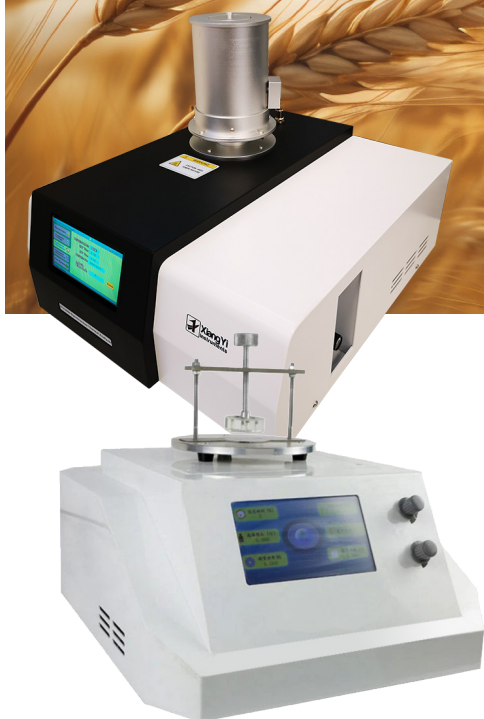


ТЕРМОКОНДУКТОМЕТРИЯ И СИНХРОННЫЙ ТЕРМОАНАЛИЗ



Лабораторный термокондуктометр
INSPIRION Smart TCM и синхронный
термический анализатор серии STA

Измерение теплофизических характеристик пшеничной муки

Антон Бахтин, ведущий разработчик, ООО «Шелтек Групп»

Введение

Пшеничная мука — это один из самых важных и универсальных продуктов в кулинарии. Она служит основой для множества блюд, таких как хлеб, выпечка, макаронные изделия и многое другое. Благодаря высокому содержанию углеводов и питательных веществ, она обеспечивает организм энергией и является неотъемлемой частью сбалансированного питания. При производстве муки зёрна пшеницы очищаются от оболочек и тщательно перемалываются, размер частиц пшеничной муки обычно находится в диапазоне 30-150 мкм [1]. С одной стороны, благодаря этому мука обладает тонкой и однородной текстурой, что делает её идеальной для приготовления воздушной выпечки, теста и других кулинарных изделий, а с другой стороны такая структура требует крайне бережного обращения с мукой на всех стадиях – от производства до транспортировки и хранения [2].

На стадии хранения муки крайне важно следить за её теплопроводностью, прежде всего, для того, чтобы избежать её локального перегрева [2], причиной которого могут стать экзотермические процессы, связанные с жизнедеятельностью микроорганизмов или с окислением жиров; высокая влажность, неправильное распределение по объёму и плохая вентиляция. Мука обладает довольно низким коэффициентом теплопроводности [3], поэтому её перегрев может привести к различным негативным последствиям начиная от потери её полезных свойств и заканчивая самовоспламенением.

В этой статье мы расскажем о наиболее простом методе измерения коэффициента теплопроводности пшеничной муки с помощью универсального и компактного термокондуктометра **INSPIRION Smart TCM**.

Оборудование и планирование эксперимента

Поскольку теплопроводность пшеничной муки линейно зависит от её влажности [3], мы отобрали несколько проб пшеничной муки высшего сорта из свежевскрытой упаковки. Первую пробу было решено исследовать непосредственно после извлечения из упаковки, вторая проба измерялась после сушки при 50 °C в течение 3 часов, и третья проба была оставлена при 50 °C на ночь.

Для измерения содержания влаги в пробах муки мы использовали возможности синхронного термического анализатора **STA2000**, реализовав на нём наиболее надёжный метод анализа влаги – автоматизированную сушку пробы до постоянной массы [4].

Коэффициент теплопроводности мы измеряли с помощью лабораторного термокондуктометра **INSPIRION Smart TCM**, работающего по методу нагретого диска [5]. Это универсальный метод, позволяющий одинаково точно работать с твердыми, жидкими и порошковыми пробами.

Экспериментальная часть

Анализ влажности проб муки

Небольшая порция муки (около 30-40 мг) дозировалась с помощью микрошпателя в корундовый тигель (Рис. 1), который в свою очередь помещался на сенсор синхронного термического анализатора **STA2000**. Далее, проба нагревалась со скоростью 10 °С/мин до +105 °С и выдерживалась в изотермическом режиме до постоянной массы. Проба обдувалась чистым азотом со скоростью 50 мл/мин. Соответствующие термогравиметрические кривые представлены на Рис. 2.

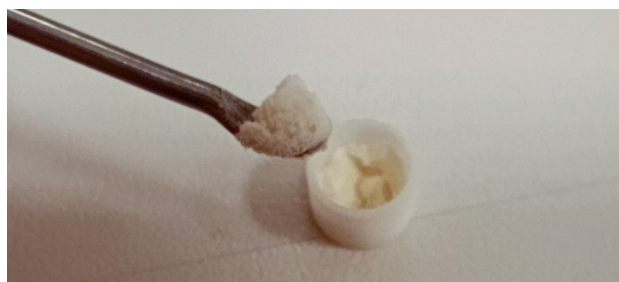


Рис. 1: Подготовка проб муки к измерению влажности

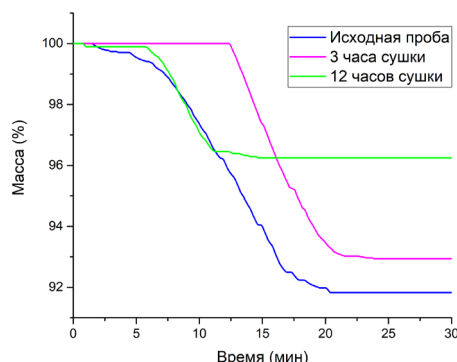


Рис. 2: Кривые потери массы образцов муки, полученные на синхронном термическом анализаторе STA2000

Анализ коэффициентов теплопроводности и температуропроводности проб муки

Около 30 г муки помещалось в специализированную кювету для анализа порошковых материалов (Рис. 3), в середину слоя пробы помещался измерительный сенсор с большой контактной площадкой (диаметр 25 мм), далее проба утрамбовывалась для обеспечения максимального её контакта с сенсором.



Рис. 3: Подготовка проб муки к измерению коэффициента теплопроводности и температуропроводности

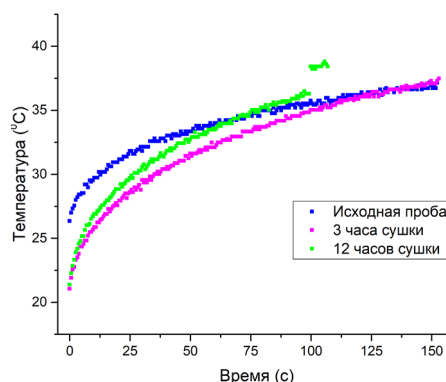


Рис. 4: Зависимости изменения температуры от времени для проб муки, полученные на термокондуктометре INSPIRION Smart TCM

Для порошковых материалов с низким коэффициентом теплопроводности мы установили мощность нагрева 0.15 Вт и использовали самое длительное время нагрева – 160 с. Полученные зависимости (Рис. 4) были проинтегрированы с помощью ПО ThermalAnalysis, входящего в комплект поставки термокондуктометра **INSPIRION Smart TCM** для вычисления коэффициентов теплопроводности и температуропроводности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия.
- [2] Правила bestарной приемки, хранения и отпуска муки на мукомольных заводах и реализационных базах Министерства хлебопродуктов СССР // Министерство Хлебопродуктов СССР. Указание 25 марта 1986 г. №8-18/223. 24 стр.
- [3] А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник. М.: Пищевая промышленность, 1980. 288 с.
- [4] ОФС.1.2.1.0010. Потеря в массе при высушивании. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Общая фармакопейная статья.
- [5] ГОСТ 34374.2-2017. Пластмассы. Определение теплопроводности и температуропроводности. Часть 2. Метод с применением плоского источника тепла (нагретого диска) при переменном режиме.

Результаты

В таблице ниже приведены результаты измерения влажности и коэффициента теплопроводности трёх проб пшеничной муки высшего сорта. Полученные результаты согласуются с литературными данными [3], согласно которым пригодными являются образцы с коэффициентом теплопроводности 0.13-0.16 Вт/м²·К. Можно видеть, что единственный пригодный образец обладает достаточной влажностью и теплопроводностью, в то время для непригодных образцов мы наблюдаем резкую потерю измеряемых показателей.

Образец	Влажность, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/м ² ·К	Температуропроводность, мм ² /с
Исходный	8,17	0,1299	0,46
3 часа сушки	7,06	0,1098	0,28
12 часов сушки	3,72	0,0923	0,21

Таким образом, наши решения для термического анализа гарантированно подходят для анализа свойств пшеничной муки: синхронный термический анализатор **STA2000** подходит для точного анализа влажности референсным методом [4], а компактный и универсальный термокондуктометр **INSPIRION Smart TCM** позволяет быстро и надёжно выполнять анализ теплопроводности муки, и тем самым, обеспечивать её безопасное хранение и предотвращать потерю потребительских свойств.