

ПРОЦЕСС ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ВЫПЕКАЕМЫХ МЕЛКОШТУЧНЫХ ТЕСТОВЫХ ЗАГОТОВКАХ ИЗ РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА, ПРИГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИСОЛОДОВЫХ ЭКСТРАКТОВ

Кирик И.М., Кирик А.В.

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий
г. Могилев, Республика Беларусь

Для исследования процесса теплопроводности в теле выпекаемой тестовой заготовки (ВТЗ) была использована экспериментальная установка (рисунок 1) [1]. Измерение температур в различных точках ВТЗ и в рабочей камере аппарата осуществлялся с помощью термопар с диаметром термоэлектродов 0,5 мм, подключенных к измерителю-регулятору «Сосна-004». Расположение термопар в ВТЗ в различных ее слоях представлено на рисунке 2.

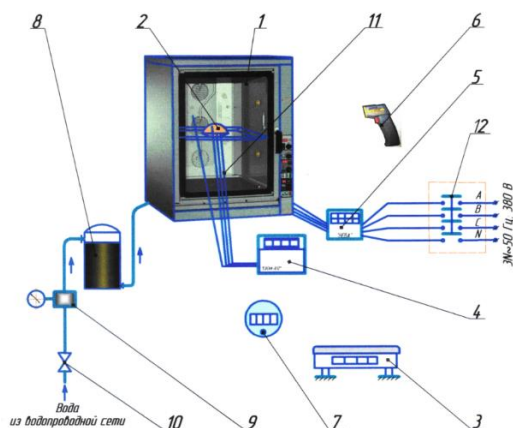


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки:
1 – пароконвектомат; 2 – ВТЗ; 3 – весы;
4 – измеритель-регулятор; 5 – счетчик трехфазный;
6 – пирометр; 7 – секундомер;
8 – колонка ионообменная; 9 – клапан
редукционный; 10 – кран; 11 – термопара;
12 – пускатель магнитный

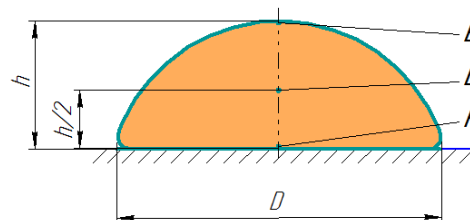


Рис. 2 – Схема установки термопар в слоях ВТЗ:

B – точка измерения температуры в подкорковом слое;
Ц – точка измерения температуры в центре ВТЗ;
Н – точка измерения температуры в нижней корке

Согласно литературным данным [2, 3, 4] длительность процесса выпечки обусловлена массой, формой, рецептурой и свойствами ВТЗ, интенсивностью тепловой обработки и способом выпечки. Выпечка изделий из теста представляет собой нестационарный тепловой процесс, включающий теплопроводность, перенос влаги с изменением ее агрегатного состояния и различные физические, биохимические, микробиологические, коллоидные и другие процессы. Как установлено А.С. Гинзбургом, А.А. Михелевым, базовым процессом здесь является нестационарная теплопроводность в теле тестовой заготовки, поскольку изменение температурного поля вызывает или изменяет все остальные процессы [4].

При регулярном режиме изменение температуры ВТЗ имеет вид [4, 5]:

$$\Theta = D_1 \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot Fo}, \quad (1)$$

где D – функция, зависящая от граничных условий, координат, формы тела и т.п.; μ_n – корни уравнения, получаемого при решении задачи; Fo – число Фурье:

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2}, \quad (2)$$

где a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; τ – время, с ; l – характерный размер изделия, м . Безразмерная температура определяется как [1]:

$$\Theta = \frac{100 - t}{100 - t_0}, \quad (3)$$

где t , t_0 – соответственно текущее и начальное значение температуры, $^{\circ}\text{C}$.

Аппроксимация экспериментальных измерений уравнением (1) представляет возможность для обобщения опытных данных, прогнозирования изменения температуры во времени в процессе выпечки ВТЗ, получения расчетных уравнений. Коэффициенты D_1 и μ_1 получаются эмпирически. Уравнение (1) является уравнением подобия, которое обобщает экспериментальные результаты.

Аппроксимация экспериментальных данных, показана на рисунке 3, и дает следующее уравнение, описывающее процесс прогрева ВТЗ

$$\Theta = 1,856 \cdot e^{-6,85 \cdot Fo} \quad (4)$$

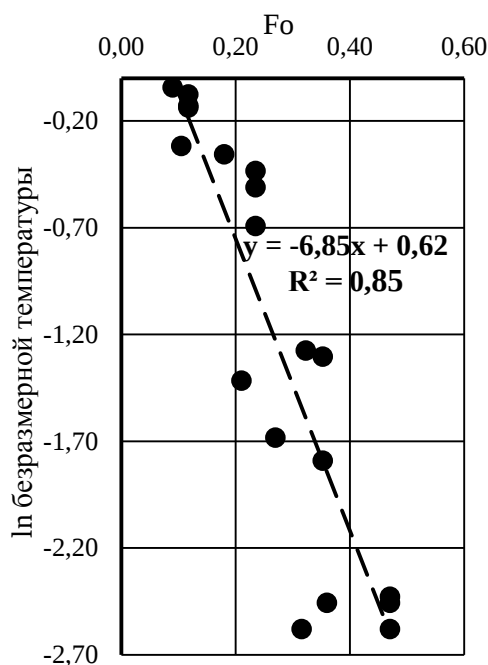


Рис. 3 – Аппроксимация данных

Процесс нагрева ВТЗ с течением времени приобретает характер, который можно считать регулярным режимом теплопроводности и может аналитически выражаться зависимостью (1).

Температура и влажность среды (в технологическом диапазоне) не влияет на характер изменения температуры внутри ВТЗ на стадии регулярного режима, она влияет на процесс прогрева заготовки в начальный период неупорядоченного режима и на его продолжительность.

Уравнение (4) получено для ВТЗ в форме шарового сегмента из ржано-пшеничного теста, приготовленного с использованием полисолодовых экстрактов, массой 100-200 г с соотношением диаметра к начальной высоте (рисунок 2) $D/h \approx 3:1$. Оно рекомендуется для инженерных расчетов при определении необходимого времени до достижения заданной температуры в центре ВТЗ.

Список используемых источников

- 1 Кирик, А.В. Тепловая обработка подовых хлебобулочных изделий в движущейся паровоздушной среде в аппаратах периодического действия: дис. к. т. н./ А.В. Кирик. – Могилев, 2013. – 211 л.
- 2 Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник для студентов вузов/Л.Я. Ауэрман – 9 изд., перераб. и доп.–СПб.: Профессия, 2009.– 415 с.
- 3 Брызун, В.А. Теплотехнические аспекты эффективной выпечки ржано-пшеничного формового хлеба / В.А. Брызун, А.А. Богарников, В.И. Маклюков. – М.: Пищепромиздат, 2005. – 132 с.
- 4 Теплоэнергетика и теплотехника: в 4 т. / Под общ. ред. А.В. Клименко и М.В. Зорина. – 4-е изд. – М: Издательский дом МЭИ, 2007. – Т.2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник. – 564 с.
- 5 Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел.–3-е изд. – Москва: Энергия, 1975. – 486 с.