

дуются для инженерных расчетов при определении температуры в центре изделий по истечении определенного времени или при определении необходимого времени до достижения заданной температуры в центре выпекаемой тестовой заготовки.

Список литературы

1. Гинзбург, А.С. Теплофизические основы процесса выпечки [Текст] / А.С. Гинзбург. – М.: Пищепромиздат, 1955. – 475 с.
2. Михелев, А.А. Расчет и проектирование хлебопекарных печей [Текст] / А.А. Михелев, Н.М. Ицкович. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 568 с.
3. Фогель, В.О. Аналитическое исследование влияния теплового режима на начальную фазу выпечки хлеба [Текст] / В.О. Фогель // Труды ВНИИХП. – М.: Пищепромиздат, 1953. – С.199-208.
4. Смирнов, М.С. Применение сопряженных задач теплопроводности с подвижной границей к анализу процесса выпечки [Текст] / М.С. Смирнов // Реферативный сборник. Серия: Хлебопекарная, макаронная и дрожжевая промышленность. – М.: ЦИНТИпищепром, 1969. – Вып.21. – С.15-22.
5. Лыков, А.В. Теория тепло- и массопереноса [Текст] / А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 535 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЯСНОГО ФАРША В БЫТОВОМ АППАРАТЕ ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА

С. И. Василевская, И. М. Кирик

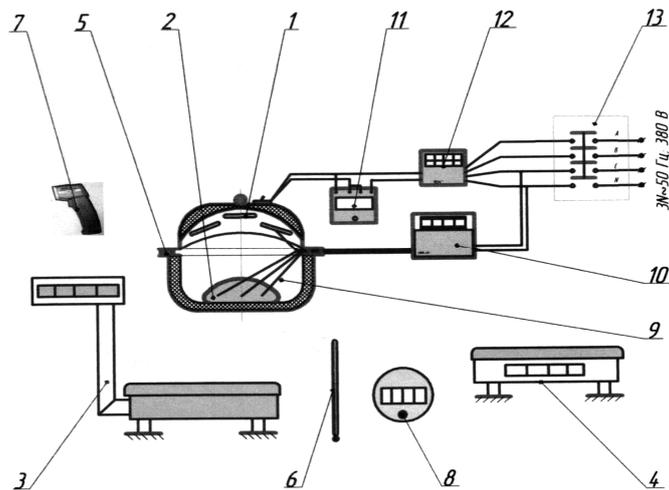
*УО «Могилевский государственный университет продовольствия»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Нагрев инфракрасным излучением является перспективным методом физической обработки пищевых продуктов, экологически безопасным и энергосберегающим, позволяющим обеспечить интенсификацию и углубленную обработку исходного сырья. Поэтому он находит все большее применение в различных отраслях пищевой промышленности.

Одним из основных факторов, обуславливающих применение инфракрасных (ИК) лучей для термообработки, является способность их проникать в обрабатываемые изделия на определенную глубину, воздействовать на молекулярную структуру, в связи с чем быстро возрастает температура не только на поверхности, но и внутри изделий. Этот метод значительно снижает влияние теплопроводности нагреваемых тел, что обуславливает интенсификацию процесса по сравнению с традиционными способами тепловой обработки продуктов. Наряду с этим применение инфракрасного излучения значительно сокращает продолжительность процесса термообработки изделий и снижает удельные расходы энергии.

Для проведения исследований по изучению процесса тепловой обработки изделий из мясного фарша в потоке инфракрасного излучения создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рисунке 1.

Разработанный и исследуемый опытный образец представляет собой емкость из нержавеющей стали емкостью 3 дм³, в крышку которой встроены галогеновые кварцевые излучатели, отражающий теплоизолирующий экран и защитный экран из термостойкого стекла. С помощью таких излучателей можно создавать высокие плотности энергии – до 60 кВт/м². По длине излучателя удельная мощность составляет 3,0 – 4,0 кВт/м.



1 – аппарат инфракрасного нагрева; 2 – обрабатываемый продукт; 3 – весы электронные ВТНТ-15; 4 – весы электронные лабораторные SC 4010; 5 – вставка дистанционная; 6 – термометр ртутный ТТ; 7 – пирометр Сентр-350; 8 – счетчик-секундомер электронный; 9 – преобразователь термоэлектрический ТХА-11992; 10 – измеритель-регулятор «Сосна-004»; 11 – ваттметр Д5004; 12 – счетчик трехфазный ЦЭ6803ВШ; 13 – пускатель магнитный ПМЕ

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

В качестве объекта исследований были выбраны мясные рубленые изделия, имеющие форму шара (как, например, тефтели, фрикадельки), которые занимают большой удельный вес в продукции общественного питания.

Для определения зависимости времени тепловой обработки от режимных параметров в рабочей камере аппарата были проведены исследования процесса тепловой обработки изделий в потоке ИК-излучения. В первой серии опытов мясные рубленые изделия в виде шара подвергались обжарке в экспериментальном аппарате при напряжении питания источника излучения (лампы) 100 В, во второй серии – 110 В и в третьей серии – 125 В (т.е. при номинальном напряжении питания аппарата 200 В, 220 В и 250 В соответственно).

Изменения в пищевых продуктах, подвергшихся тепловой обработке в аппаратах ИК-нагрева, имеют свои особенности. Нагревание внутренних слоев кулинарных изделий в экспериментальном аппарате происходит как за счет теплопроводности, так и за счет поглощения лучистой энергии всем объемом продукта.

Как показали исследования, тепловая обработка изделий из мясного фарша в изучаемом ИК-аппарате представляет собой нестационарный тепловой процесс, включающий теплопроводность, перенос влаги с изменением ее агрегатного состояния и различные физические, биохимические, микробиологические, коллоидные и другие процессы. Базовым процессом здесь можно считать нестационарную теплопроводность в заготовке, поскольку изменение температурного поля вызывает или изменяет все остальные процессы.

В теории нестационарной теплопроводности изменение температуры во времени в каждой точке тела при его нагревании определяется бесконечным рядом:

$$\theta = \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot F_0} \quad (1)$$

где θ – безразмерная температура, определяемая как

$$\theta = \frac{100 - t}{100 - t_0} \quad (2)$$

t_0 – начальная температура заготовки, °С;

F_0 – число Фурье, определяемое как

$$F_0 = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (3)$$

- a – коэффициент температуропроводности, м²/с;
- τ – время, с;
- l – характерный геометрический размер заготовки, м;
- Dn – некоторая функция, зависящая от граничных условий, координат, формы тела и т.п.;
- μn – корни характеристического уравнения, получаемого при решении задачи.

На первом этапе тепловой обработки наблюдается сложный характер изменения температуры в теле заготовки, различный в разных точках, и для определения безразмерной температуры требуется много членов ряда (1). Со временем с ростом числа Фурье ряд (1) сходится все быстрее, и для определения значений температуры требуется все меньшее число членов ряда. После определенных значений числа Фурье ряд сходится настолько быстро, что для математического описания процесса достаточно первого члена ряда:

$$\theta = D_1 \cdot e^{-\mu_1^2 \cdot F_0} \quad (4)$$

Этот режим называют регулярным режимом. Изменение температуры при этом во всех точках тела имеет аналогичный характер.

Полученные экспериментальные данные по тепловой обработке изделий из мясного фарша в форме шара при обжарке в бытовом аппарате инфракрасного нагрева при напряжении питания источника излучения (лампы) 100 В, 110 В и 125 В (т.е. соответственно при номинальном напряжении питания аппарата 200 В, 220 В и 250 В) в обобщенном виде представлены на рисунке 2 и 3.

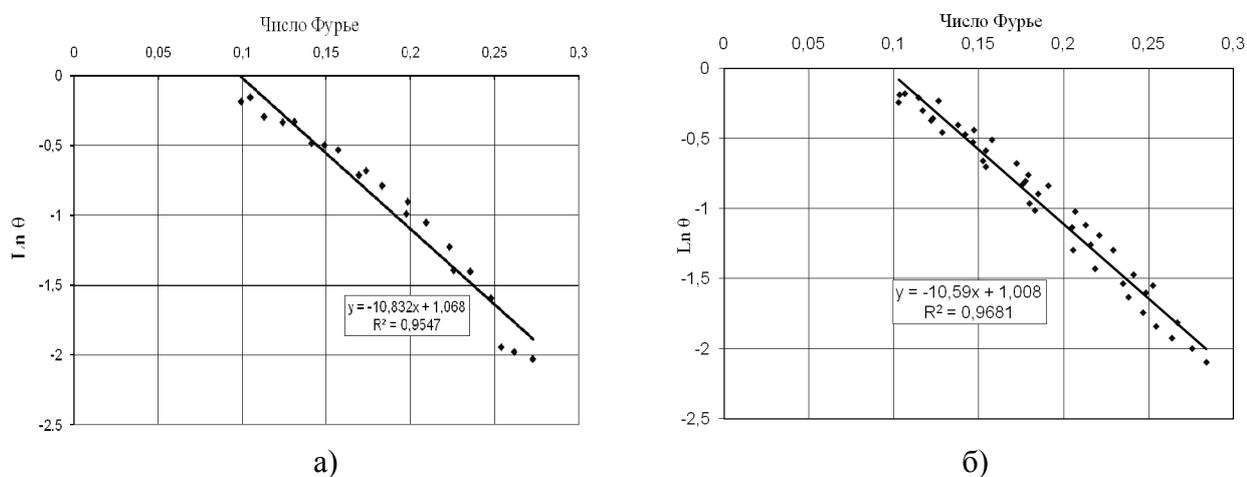


Рисунок 2 – Обобщение зависимости безразмерной температуры от числа Фурье при тепловой обработке мясных изделий при напряжении питания источника излучения (лампы):
а) 100 В; б) 110 В

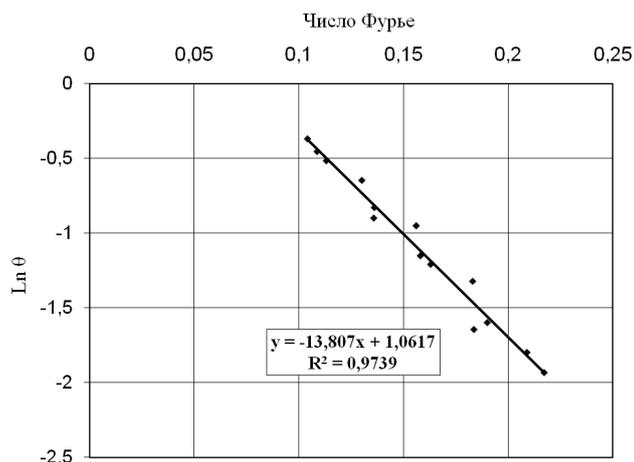


Рисунок 3 – Обобщение зависимости безразмерной температуры от числа Фурье при тепловой обработке мясных изделий при напряжении питания источника излучения (лампы) 125 В

Получены уравнения, описывающие процесс прогрева изделия из мясного фарша в форме шара при температуре поверхности излучателя 365 °С, 400 °С и 420 °С, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты обработки экспериментальных исследований

Напряжение на лампе, В	Температура лампы, °С	Расчетная формула
100	365	$\theta = 2,9 \cdot e^{-10,8Fo}$
110	400	$\theta = 2,74 \cdot e^{-10,6Fo}$
125	420	$\theta = 2,9 \cdot e^{-13,8Fo}$

Данные уравнения получены для изделий из мясного фарша массой 50 – 100 г в виде шара и справедливы при $Fo \geq 0,1$. Эти уравнения рекомендуются для определения температуры в центре изделий в зависимости от времени или при расчете необходимого времени до достижения заданной температуры в центре обрабатываемой мясной заготовки в форме шара. Данные зависимости могут быть положены в основу методики инженерного расчета аппаратов инфракрасного нагрева.

КАЧЕСТВО МУЧНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ

О. Д. Цедик, И. А. Машкова, С. Н. Вислоухова

УО «Могилевский государственный университет продовольствия»,

г. Могилев, Республика Беларусь

Актуальной задачей перерабатывающей промышленности является расширение ассортимента продукции. Современная мукомольная промышленность стремится к расширению ассортимента за счет выработки новых сортов муки, а также смеси из разных сортов муки с добавлением различных компонентов. Такая продукция является более сбалансированной по содержанию питательных веществ, а при использовании готовых мучных смесей в