

Температурные кривые при инфракрасной сушке отрубей ржаных

Вороненко Б. А., Демидов С. Ф., Беляева С. С.

mtomz85@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

Получены температурные кривые на поверхности, в слое продукта и на подложке при инфракрасной сушке на тефлоновой ленте.

Ключевые слова: распределение температур, инфракрасное излучение, отруби ржаные.

Temperature graphs treatment of rye-bran by infra-red radiation

Voronenko B. A., Demidov S.F., Belyaeva S.S.

mtomz85@mail.ru

Saint-Petersburg state university of refrigeration and food technology

Temperature graphs treatment of rye-bran by infra-red radiation on the surface, in the center of the product and on the sheet is gotten.

Key words: distribution of temperatures, infrared radiation, rye-bran.

Отруби — побочный продукт мукомольного производства, представляет собой твердую оболочку зерна. Рекомендуются в качестве дополнительного источника пищевых волокон и кальция. Употребление в сутки 65 г продукта обеспечивает 100% суточной потребности в пищевых волокнах. Недостаток в рационе питания клетчатки (пищевых волокон) приводит к дисбактериозу и является одной из причин заболевания кишечника. Отруби ржаные нашли широкое применение в пекарной, кондитерской и микробиологической промышленности в качестве витаминной добавки. Широкое использование отрубей ржаных для производства продуктов диетического питания сдерживается их нестойкостью при хранении из-за большого содержания в них ненасыщенных жирных кислот. Они быстро окисляются, что придаёт им неприятный вкус и запах. Для сохранения органолептических показателей необходимо сушить отруби ржаные до конечной влагосодержания 6%.

Цель данного этапа работы — получить температурные кривые отрубей ржаных при инфракрасной сушке с выделенной длиной волны на

поверхности и в слое в зависимости от динамических и конструктивных параметров.

Исходное влагосодержание отрубей ржаных составляло 13-14 %, конечная 6 %.

В экспериментальном стенде ИК-излучатели с отражателями устанавливали сверху относительно поддона с подложкой из тефлоновой ленты. Измерение плотности теплового потока осуществлялось при помощи термоэлектрических датчиков плотности теплового потока ДТП 0524 -Р-О-П-50-50-Ж-О [1].

Для регулировки плотности теплового потока, падающего на отруби ржаные, менялись значения сопротивления нихромовой спирали ИК-излучателя.

Для измерения напряжения на клеммах ИК-излучателей в диапазоне 210-220 В использовался вольтметр.

Для снятия температурных полей в центре слоя отрубей ржаных и на подложке использовались хромель-алюмелевые ТХА 9419-23 термопары градуировки ХА₉₄, с диаметром проволоки $2,5 \cdot 10^{-4}$ м [2].

Многоканальный измеритель теплопроводности ИТ-2 [3] в комплекте с преобразователями плотности теплового потока и ТХА (ХА94) термопарами использовался в качестве устройства автоматизированного сбора и обработки информации. Результаты измерения (в мВ, Вт/м² или °С) записывались в файл и выводились на монитор ПК в виде таблицы.

Измерение температуры поверхности отрубей ржаных производилось при помощи дистанционного неконтактного инфракрасного термометра Raytek MiniTemp МТ6.

На основе экспериментальных данных были построены графики зависимости температуры (на поверхности продукта, в центре слоя и на подложке) от времени сушки.

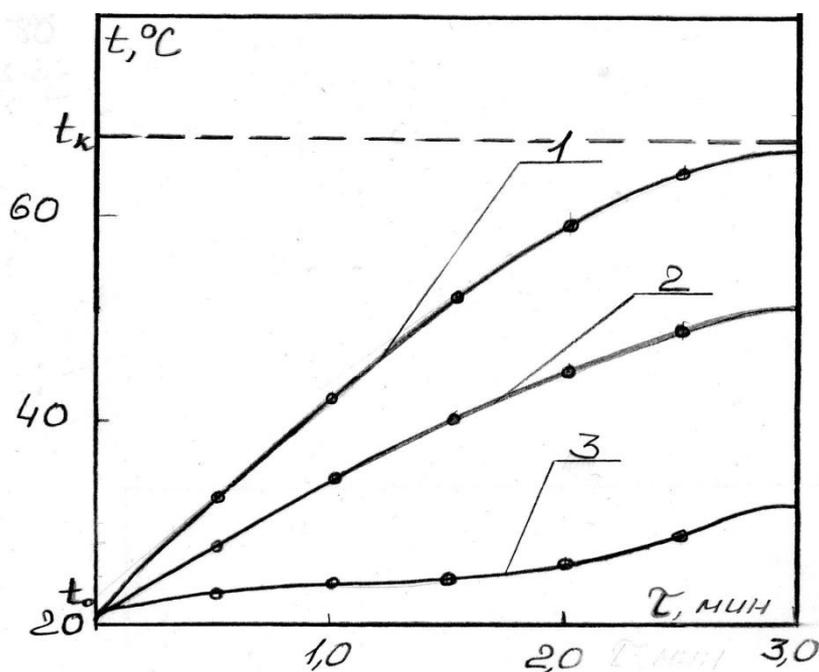


Рис. 1. Температурные кривые при инфракрасной сушке отрубей ржаных при плотности теплового потока ИК-излучателя $5,26 \text{ кВт/м}^2$ при толщине слоя продукта 10 мм и расстоянии от продукта до ИК-излучателя 60 мм: 1- на поверхности; 2- в центре; 3- на подложке

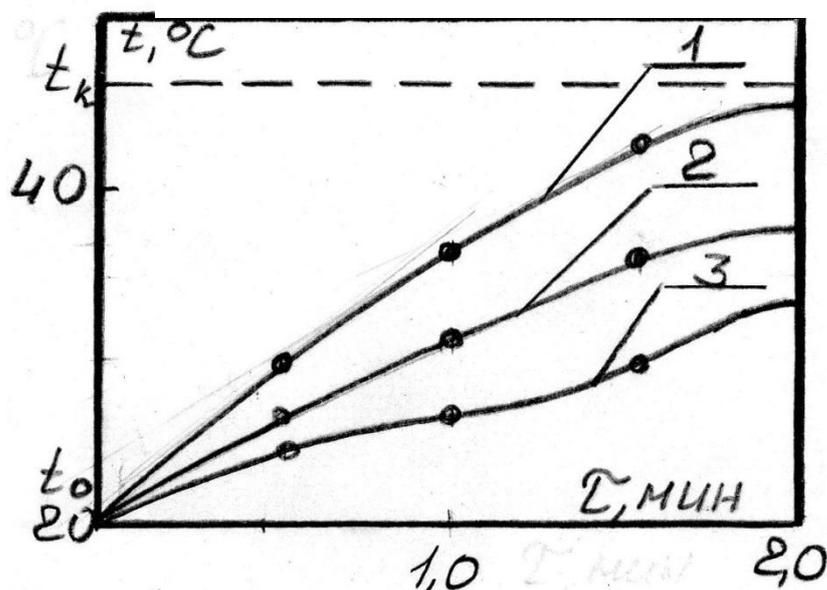


Рис. 2. Температурные кривые инфракрасной сушки отрубей ржаных при плотности теплового потока ИК-излучателя $5,26 \text{ кВт/м}^2$ при расстоянии до ИК-излучателя 60 мм и при толщине слоя продукта 5 мм: 1- на поверхности слоя; 2- в центре; 3- на подложке.

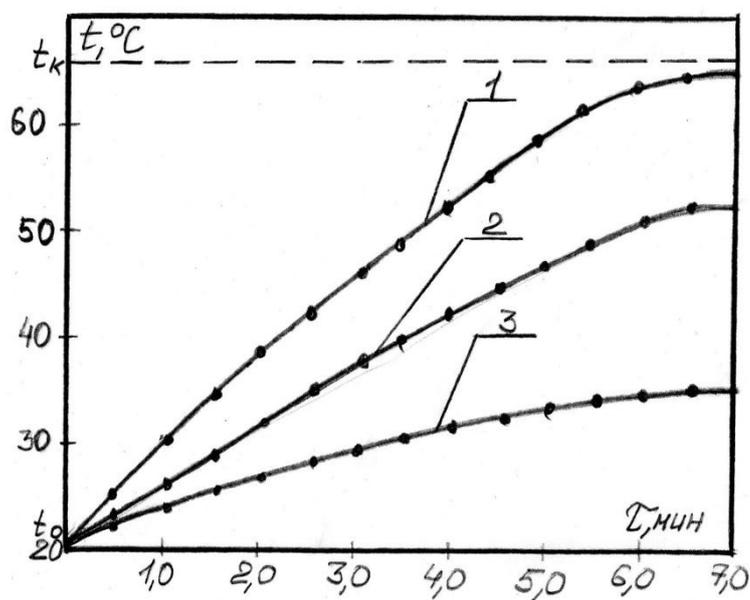


Рис. 3. Температурные кривые инфракрасной сушки ржаных отрубей при плотности теплового потока ИК-излучателя $4,48 \text{ кВт/м}^2$ и толщине слоя продукта 10 мм: 1- на поверхности слоя; 2- в центре слоя; 3- на подложке

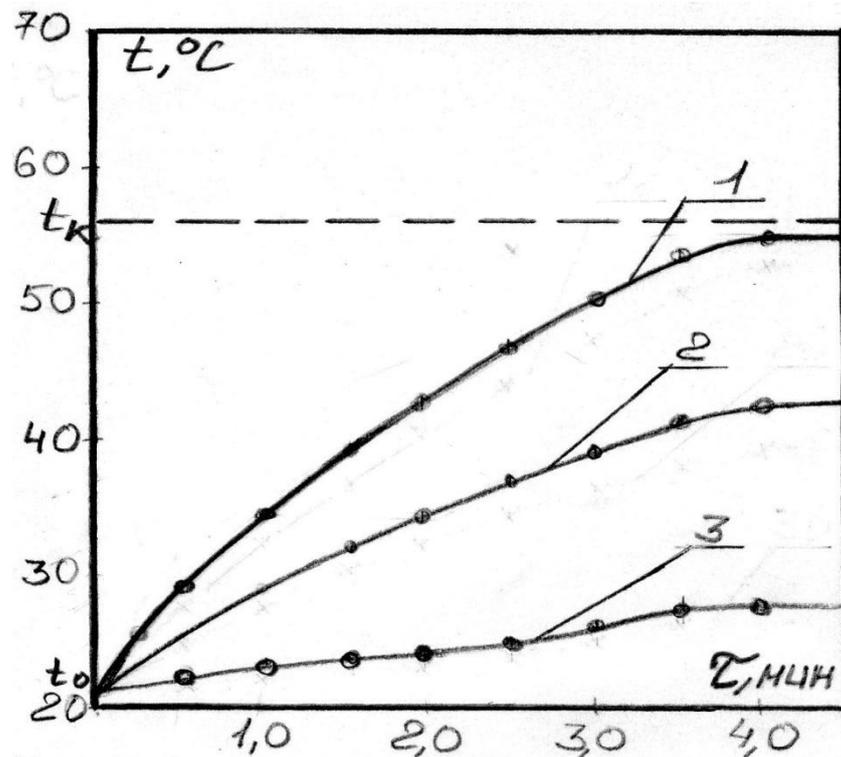


Рис. 4. Температурные кривые при инфракрасной сушке отрубей ржаных при плотности теплового потока ИК-излучателя 4,48 кВт/м² и толщине слоя 5 мм: 1- на поверхности слоя; 2- в центре слоя; 3- на подложке

Из приведенных графиков на рис. 1 и 2 видно, что температура на поверхности слоя ржаных отрубей находится в пределах от 55 до 65 °С, при этом она не превышает температуру, при которой происходит денатурация белка и, как следствие, потеря питательных свойств продукта.

Из всех выше приведённых графиков следует, что прогрев интенсивней у отрубей ржаных при плотности теплового потока 5,26 кВт/м².

При сушке отрубей ржаных от начального влагосодержания 13-14 % до конечного 6 % температура на поверхности составляет 60±5 °С, температура в слое 40±5 °С и температура на подложке 29±1 °С.

На рис. 5 показана номограмма для расчета времени сушки при инфракрасной сушке отрубей в зависимости от конструктивных и динамических параметров до конечного влагосодержания 6 % [4].

Была проведена аппроксимация температур на поверхности слоя продукта, получена формула расчёта температур на поверхности слоя:

$$t = t_0 + (t_k - t_0)(1 - e^{-k\tau}),$$

(1)

где t_0 - начальная температура продукта на поверхности, °С; t_k - конечная температура продукта на поверхности слоя, °С; k — коэффициент затухания температурной кривой на поверхности слоя продукта; τ - время обработки продукта, мин. Данные расчёта приведены в таблице 1.

Таблица 1. Данные для расчёта температурных кривых

q , кВт/м ²	$h_{\text{сл}}$, мм	$t = t_0 + (t_k - t_0)(1 - e^{-k\tau})$
5,26	10	$t = t_0 + (t_k - t_0)(1 - e^{-0.78\tau})$
5,26	5	$t = t_0 + (t_k - t_0)(1 - e^{-1.06\tau})$
4,48	10	$t = t_0 + (t_k - t_0)(1 - e^{-0.23\tau})$
4,48	5	$t = t_0 + (t_k - t_0)(1 - e^{-0.42\tau})$

Расхождение экспериментальных данных с аналитическими не превышает $\pm 5\%$.

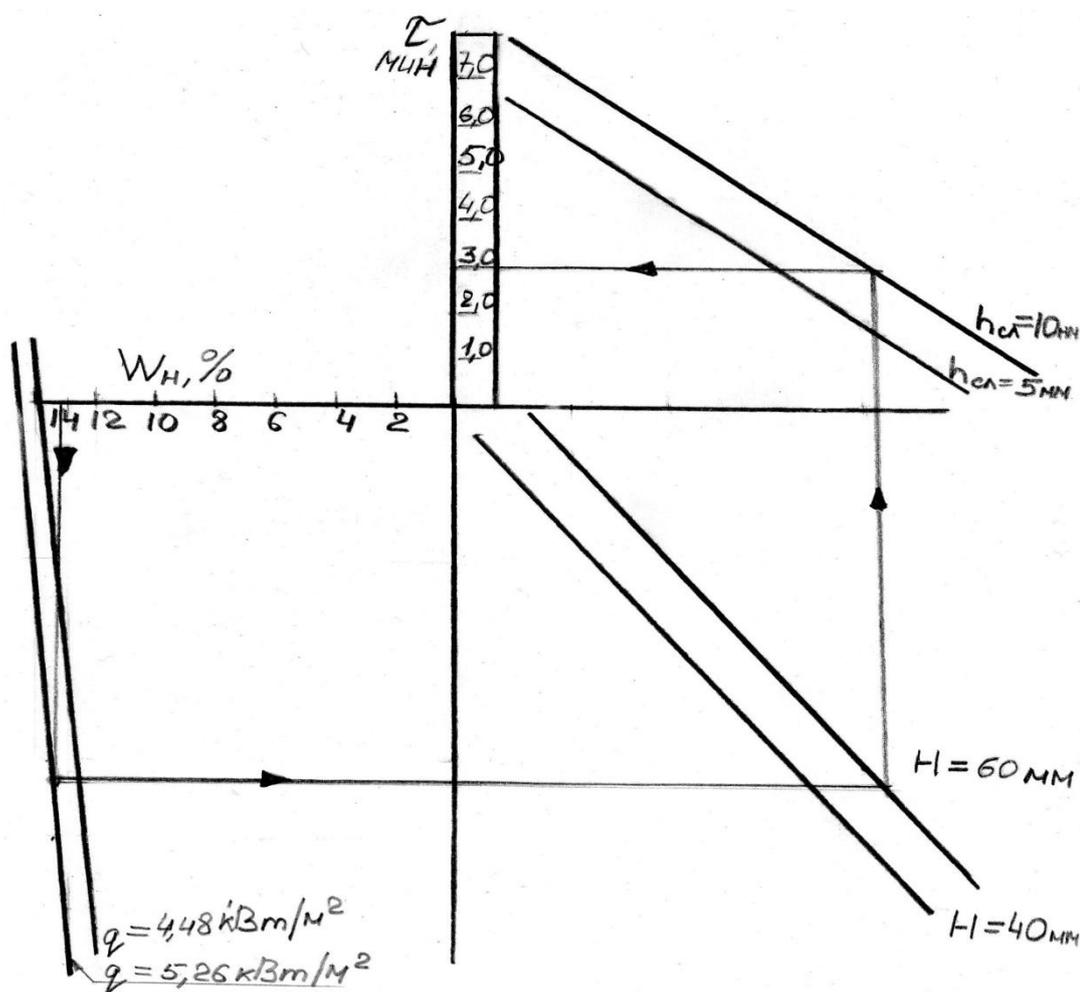


Рис. 5. Номограмма определения времени сушки отрубей ржаных в зависимости от конструктивных и динамических параметров: $h_{\text{сл}}$ -высоты слоя, мм; H -расстояния от ИК-излучателя до продукта, мм; q - плотности теплового потока, кВт/м².

Применяя номограмму рис. 5 возможно рассчитать по уравнению (1) температуру на поверхности в зависимости от конструктивных и

динамических параметров.

Данные исследования используются при разработке аппарата для ИК-сушки отрубей ржаных производительностью 100 кг/ч.

Литература:

1. Датчик плотности теплового потока ДТП 0924. Паспорт. ОАО НПП «Эталон», г. Омск.
1. Преобразователи термоэлектрические ТХА-9419. Паспорт ДДШ 0.282.006 ПС. ОАО НПП «Эталон», г. Омск.
2. Измеритель теплопроводности многоканальный ИТ-2. Руководство по эксплуатации ДДШ 2. 393. 005 РЭ. г. Омск.
3. Демидов С.Ф., Беяева С.С., Вороненко Б.А., Демидов А.С. Кинетика сушки отрубей ржаных инфракрасным излучением // Новые технологии. 2012.№1.