

Демидов Сергей Федорович

канд. техн. наук, преподаватель, старший научный сотрудник

Пелевина Лидия Федоровна

директор

Акуличева Олеся Юрьевна

преподаватель

Колледж бизнеса и технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный экономический университет»

г. Санкт-Петербург

ЗАПЕКАНИЕ ЯБЛОК ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ВЫДЕЛЕНОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ

Аннотация: в статье авторами были проведены экспериментальные исследования процесса запекания яблок с кожурой и без кожуры до температуры в центре 95–105°C яблок, на поверхности 115–120°C в зависимости от их диаметров, времени запекания инфракрасным излучением выделенной длины волны в зависимости от мощности излучателя.

Ключевые слова: яблоко, термообработка, исследование, инфракрасное излучение, температура.

В Колледже бизнеса и технологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» проводятся работы по сушке пищевых продуктов инфракрасным излучением [1–5].

Целью данной работы является исследование процесса запекания инфракрасным излучением выделенной длины волны до температуры в центре 95–105°C и на поверхности 115–120°C яблок с кожурой и без кожуры в зависимости от их размеров, от параметров проведения процесса для оформления лабораторной работы для студентов колледжа специальности 19.02.10 «Технология продукции общественного питания» и разработки технологической инструкции процесса для использования на предприятиях общепита.

Известно, в процессе запекания яблок они сохраняют максимум полезных веществ и витаминов, основные из них это железо, хром, калий, йод, натрий, витамины группы А и В. Выводят из организма токсины, холестерин, нормализуют обмен веществ, желудочно-кишечный тракт, дисбактериоз, повышают иммунитет, улучшают работу печени и почек. В запеченных яблоках содержится очень большое количество аскорбиновой кислоты. Чем кислее яблоко, тем больше этого компонента в нем находится. Витамин С оказывает благоприятное влияние на всю иммунную систему. Предотвращает возникновение простудных и инфекционных заболеваний. Очень хорошо помогает крепить слабые стенки кровеносных сосудов. Больным сахарным диабетом также стоит употреблять в пищу этот продукт. По советам большинства ученых необходимо в день употреблять минимум два запеченных яблока, и тогда риск получить инфаркт и проблемы с сердцем уменьшаются практически на тридцать процентов. Яблоки моют в прохладной воде для устранения с поверхности всяческих загрязнений, химикатов.

В камере, разработанной нами, установлены инфракрасные излучатели с выделенной длинной волны [6]. В качестве генераторов инфракрасного излучения применены линейные кварцевые излучатели диаметром 0.012 м с функциональной керамической оболочкой и длиной 350 мм. Излучатели в количестве 4 шт. токосъемными втулками установлены в цанговых зажимах электропитания 220В, смонтированы на диэлектрических параллельных опорах. Расстояние между инфракрасными излучателями составляло 60 мм. Инфракрасные излучатели установлены сверху относительно сетчатого поддона, на который помещается исследуемый продукт. Над излучателями и под сетчатым поддоном на расстоянии 20 мм, расположены отражатели из нержавеющей полированной стали в виде листа. Использование отражателя позволяет создать более равномерный тепловой поток и повысить эффективность работы установки. Инфракрасный аппарат с выделенной длинной волны состоит из внутренней рабочей камеры, которая устанавливается во внешний ограждающий корпус. Рабочая камера длиной 350мм, шириной 280мм, высотой 200мм закрывается откидной двер-

кой из жаропрочного стекла, имеющей механизм фиксации в верхнем положении. Решетка с продуктом, нижний отражатель устанавливаются по направляющим. На корпусе установлена клемма заземления. Подключение к сети электропитания 220В обеспечивается шнуром с вилкой [6].

Для снятия температурных полей в центре сардельки использовался термометр цифровой «ВАПАН». Температуру поверхности сардельки, находящейся в камере, измеряли неконтактным инфракрасным термометром Raytek MiniTemp MT6. Яблоко помещали на сетчатый поддон в камеру.

Продолжительность процесса запекания при заданной плотности теплового потока инфракрасного излучения определяли временем достижения заданной температуры в центре яблок с кожурой и без кожуры 95–105°C, на поверхности 115–120°C при расстоянии от инфракрасного излучателя до яблок 30 мм.

На рисунке 1 показано фото готового запеченного яблока с кожурой инфракрасным излучением выделенной длинной волны.



Рис. 1. Фото готового запеченного яблока инфракрасным излучением
выделенной длинной волны

На рисунке 2 представлены температурные зависимости процесса запекания яблок с кожурой инфракрасным излучением.

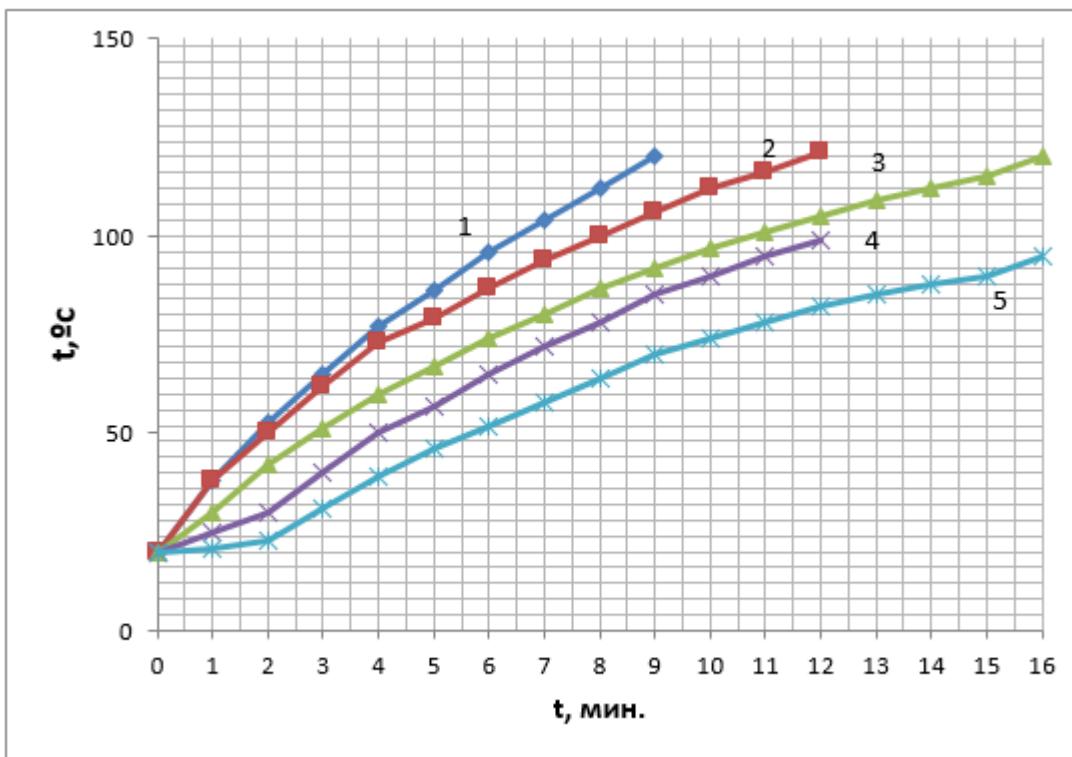


Рис. 2. Температурные зависимости процесса запекания инфракрасным излучением яблок с кожурой

Температурные зависимости процесса запекания инфракрасным излучением яблок с кожурой при мощности излучателей 1,0 кВт, расстоянии от инфракрасного излучателя до объекта обработки 30 мм: 1 – температура на поверхности яблок с кожурой диаметром 4,5 см; 2 – температура на поверхности яблок с кожурой диаметром 5,5 см; 3 – температура на поверхности яблок с кожурой диаметром 8,0 см; 4 – температура центре яблока с кожурой диаметром 5,5 см; 5 – температура центре яблока с кожурой диаметром 8,0 см.

Для проведения экспериментальных исследований были выбраны значения уровней каждого фактора, с учетом диапазонов технологических параметров. Все две кодированные переменные Z_1, Z_2 принимают значения в диапазоне от -1 до +1. Таким образом, для достоверного учета влияния каждого из факторов необходим двухуровневый план, в котором реализованы все возможные комбинации факторов на данных уровнях.

Составили таблицу, в которой значения всех факторов находятся во всех возможных сочетаниях и провели измерения в этих точках (табл. 1).

Таблица 1

	Факторы в безразмерном масштабе				
№	X ₁ , мм	X ₂ , кВт	Z ₁	Z ₂	Y, мин
1	8,0	1,0	+1	+1	16
2	8,0	0,7	+1	-1	19
3	5,5	1,0	-1	+1	12
4	5,5	0,7	-1	-1	15

Повторность эксперимента – трехкратная. Адекватность полученных уравнений проверена по критерию Фишера.

Математическая обработка экспериментальных данных позволила получить эмпирическую зависимость времени процесса запекания до температуры в центре 95–105°C и на поверхности 115–120°C яблок с кожурой в зависимости от их размеров и мощности инфракрасного излучателя при действии выбранных факторов в натуральном виде:

$$Y=13,2+1,6Z_1-10Z_2 \quad (1)$$

где, X₁ – диаметр яблок с кожурой, от 5,5 до 8,0 мм, X₂ – величина мощности инфракрасного излучателя, от 0,7 до 1,0 кВт.

Из зависимостей рис. 2 температурных зависимостей процесса запекания инфракрасным излучением яблок с кожурой при мощности излучателей 1,0 кВт, расстоянии от инфракрасного излучателя до объекта обработки 30 мм время временем достижения заданной температуры в центре яблока 95–105°C, на поверхности 115–120°C определяется диаметром яблока, составляет при диаметре 4,5 см – 9 мин, 5,5 мм – 12мин, 8,0 мм – 16 мин. Темп нагрева процесса запекания яблока с кожурой до момента готовности меняется от 2,29 мин/мм до 2,57 мин/мм. Данное время будет зафиксировано в инструкции приготовления процесса запекания яблока с кожурой в условия общепита.

На рисунке 3 представлены температурные зависимости процесса термообработки яблок без кожуры при инфракрасном излучении.

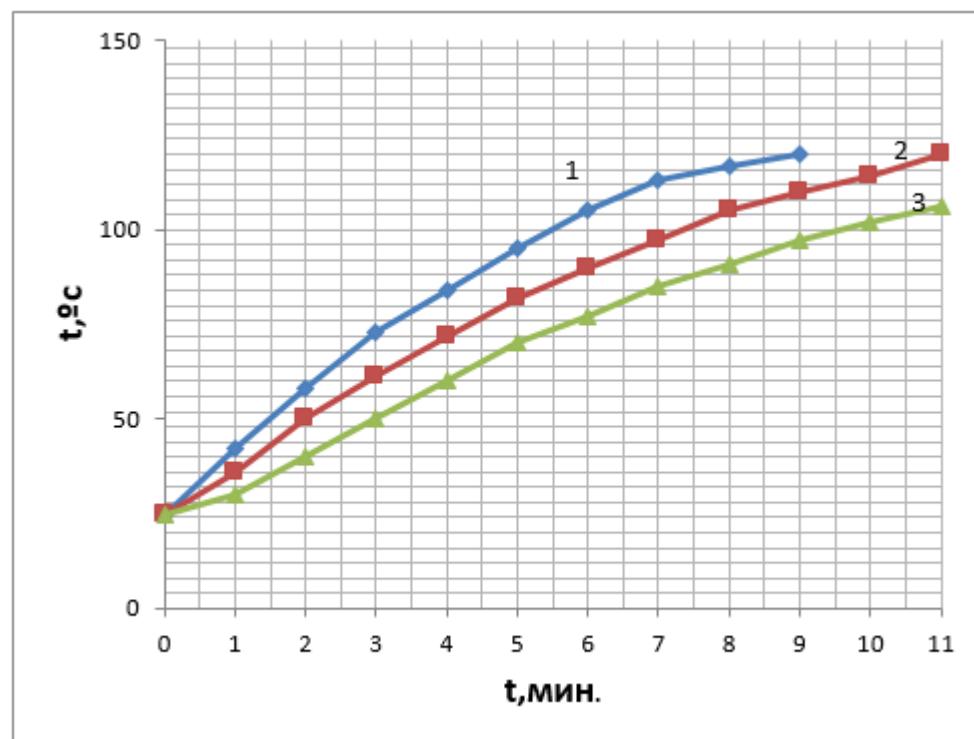


Рис. 3. Температурные зависимости процесса запекания инфракрасным излучением яблок без кожуры

Температурные зависимости процесса запекания инфракрасным излучением яблок без кожуры при мощности излучателей 1,0 кВт, расстоянии от инфракрасного излучателя до объекта обработки 30 мм: 1 – температура на поверхности яблок без кожуры диаметром 4,5 см; 2 – температура на поверхности яблок без кожуры диаметром 7,0 см; 3 – температура центре яблока без кожуры диаметром 7,0 см.

Составили таблицу, в которой значения всех факторов находятся во всех возможных сочетаниях и провели измерения в этих точках (табл. 2).

Таблица 2

№	Факторы в безразмерном масштабе				
	X ₁ , мм	X ₂ , кВт	Z ₁	Z ₂	Y, мин
1	7,0	1,0	+1	+1	11
2	7,0	0,7	+1	-1	14
3	4,5	1,0	-1	+1	9
4	4,5	0,7	-1	-1	12

Повторность эксперимента – трехкратная. Адекватность полученных уравнений проверена по критерию Фишера.

Математическая обработка экспериментальных данных позволила получить эмпирическую зависимость времени процесса запекания до температуры в центре 95–105°C и на поверхности 115–120°C яблок без кожуры в зависимости от их размеров и мощности инфракрасного излучателя при действии выбранных факторов в натуральном виде:

$$Y=15,4+0,8Z_1 -10Z_2 \quad (2)$$

где, X_1 – диаметр яблок без кожуры, от 4,5 до 7,0 мм, X_2 – величина мощности инфракрасного излучателя, от 0,7 до 1,0 кВт.

Отмечалось быстрое повышение температуры на поверхности яблок (рис. 1, 2). Температура в центре также повышается, но несколько медленнее. Таким образом, в материале возникает температурный градиент. Для определения оптимальных режимов процесса термообработки яблок в качестве критерия оптимизации был принят минимум выходного параметра, поскольку именно в минимизации времени тепловой обработки заключается интенсификация процесса термообработки яблок с учетом качества готового продукта при минимальных затратах электроэнергии.

Определено, при значении мощности аппарата 1,0 кВт и расстоянии от излучателя до объекта обработки 30 мм оптимальное время обработки составляло 12,5–13 мин. Данные экспериментальные исследования будут использованы в учебном процессе обучения студентов колледжа по специальности 19.02.10 «Технология продукции общественного питания», для разработки технологической инструкции по процессу термообработки яблок без кожуры и с кожурой в инфракрасном аппарате с выделенной длиной волны.

Список литературы

1. Демидов С.Ф. Источники инфракрасного излучения с электроподводом для термообработки пищевых продуктов / С.Ф. Демидов, А.С. Демидов, С.С. Беляева [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – СПб.: Изд-во СПбНИУ ИТМО, март 2011.– №1.
2. Демидов С.Ф. Некоторые кинетические закономерности процесса сушки измельченной цветной капусты инфракрасным излучением / С.Ф. Демидов,

Л.Ф. Пелевина, А.П. Ивкина // Новое слово в науке: перспективы развития: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 10 апр. 2016 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – 2016. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс».

3. Демидов С.Ф. Сушка меренг инфракрасным излучением выделенной длинной волны / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко [и др.] // Научное и образовательное пространство: перспективы развития: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 26 марта 2019г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – 2019.

4. Демидов С.Ф. Кинетические закономерности процесса сушки панировочной хлебной крошки инфракрасным излучением / С.Ф. Демидов, С.С. Беляева, Л.Ф. Пелевина [и др.] // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 февр. 2016 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – №1 (7). – С. 160–163. – ISSN 2412–0510.

5. Демидов С.Ф. Сушка инфракрасным излучением торфа для производства биоконтейнера с растительным посевным материалом / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко [и др.] // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 февр. 2018 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2018. – С. 12–14. – ISBN 978–5–6040732–3–0.

6. Демидов С.Ф. Термообработка сарделек инфракрасным излучением выделенной длинной волны / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, О.Ю. Акуличева // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 апр. 2019 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2019.