

Демидов Сергей Федорович

канд. техн. наук, преподаватель, старший научный сотрудник

Пелевина Лидия Федоровна

директор

Нестеренко Екатерина Александровна

магистр, заместитель директора

Акуличева Олеся Юрьевна

преподаватель

Колледж бизнеса и технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский

государственный экономический университет»

г. Санкт-Петербург

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЖАРКИ ГРЕЧИШНОГО СОЛОДА ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Аннотация: проведены экспериментальные исследования процесса обжарки гречишного солода инфракрасным излучением в зависимости от технологических и конструктивных параметров.

Ключевые слова: температура, обжарка, гречишный солод, инфракрасное излучение.

В колледже бизнеса и технологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» проводятся работы по исследованию процессов получения и сушки солода для производства пива [1–3].

Целью данной работы является исследование процесса обжарки зерен гречишного солода инфракрасным излучением при начальной его влажности 5,5–6,5% до конечной температуры от 95⁰ до 100⁰С в зависимости от технологических параметров.

В процессе обжаривания гречишного солода он подвергается ряду химических изменений, образуются высокомолекулярные вещества, темноокрашенные меланоидины, которые придают продуктам своеобразный цвет, вкус и аромат. В контексте пивоварения меланоидины также улучшают

микробиологическую стабильность пива и замедляют окислительные процессы во время старения напитка.

Зерна гречишного солода влажностью 5,5 -6.5% равномерно распределяли на сетчатом поддоне в сушильной камере, и при заданных параметрах, слой продукта подвергался инфракрасному облучению с двух сторон (рис.1), подвергали термообработке плотностью теплового потока инфракрасного излучения 6.9 кВт/м² и 8,1 кВт/м², при расстоянии от инфракрасного излучателя до продукта 50мм и 70мм. Длина инфракрасного излучателя составляла 360мм и в количестве 4 шт. Расстояние между инфракрасными излучателями составляло 60 мм.



Рис. 1. Общий вид аппарата для обжарки гречишного солода инфракрасным излучением.

Температуру поверхности слоя продукта, находящегося в сушильной камере установки, измеряли неконтактным инфракрасным термометром Raytek MiniTemp MT6. Продолжительность инфракрасной обработки зерен гречишного солода при заданной плотности теплового потока инфракрасного излучения

определяется временем достижения заданной температуры поверхности слоя 95–100°C.

Основными факторами, в наибольшей степени влияющими на время процесса обжарки зерен гречишного солода являются: высота слоя гречишного солода, плотность теплового потока инфракрасного излучения, расстояние от инфракрасного излучателя до слоя гречишного солода. Для проведения экспериментальных исследований были выбраны значения уровней каждого фактора, с учетом диапазонов технологических параметров.



Рис.2. Вид обжаренного гречишного солода после обработки инфракрасным излучением.

Результаты экспериментальных исследований обрабатывались в виде уравнений регрессии для расчета времени обжарки ядер и семян подсолнечника инфракрасным излучением выделенным интервалом частот в зависимости от параметров проведения процесса.

Определение истинных значений измеряемых величин проведено согласно методам математической обработки экспериментальных данных. Необходимое число повторности эксперимента определено по методике, изложенной в работах [5] с помощью распределения Стьюдента при уровне надежности 0,95 и допустимой ошибке 5%. Адекватность полученных уравнений проверена по критерию Фишера.

Рассматриваемые факторы имеют количественную природу. Кодирование этих количественных факторов и определение их уровней проводилось с использованием безразмерных переменных по следующим формулам перехода [5]:

– по высоте слоя

$$Z_1 = \frac{X_1 - 17,5}{7,5} \quad (1)$$

– по плотности теплового потока

$$Z_2 = \frac{X_2 - 7,5}{0,6} \quad (2)$$

– по расстоянию от излучателя

$$Z_3 = \frac{X_3 - 60}{10} \quad (3)$$

Таблица 1

Значения уровней изучаемых факторов ПФЭ
при обжарке зерен гречишного солода

Обозначение	Наименование факторов	Уровень		
		нижний -1	основной 0	верхний +1
X_1	Высота слоя гречишного солода, мм	10	12,5	25
X_2	Плотность теплового потока Инфракрасного излучения, кВт/м ²	6,9	7,5	8,1
X_3	Расстояние от инфракрасного излучателя до слоя гречишного солода, мм	50	60	70

В результате статистической обработки результатов экспериментов получено уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс сухой обжарки слоя гречишного солода при действии выбранных факторов:

$$\bar{t} = 248,75 + 5X_1 - 37,5X_2 + 1,25X_3 \quad (4)$$

Анализ уравнения регрессии (4) позволил получить информацию о степени влияния факторов на рассматриваемый процесс.

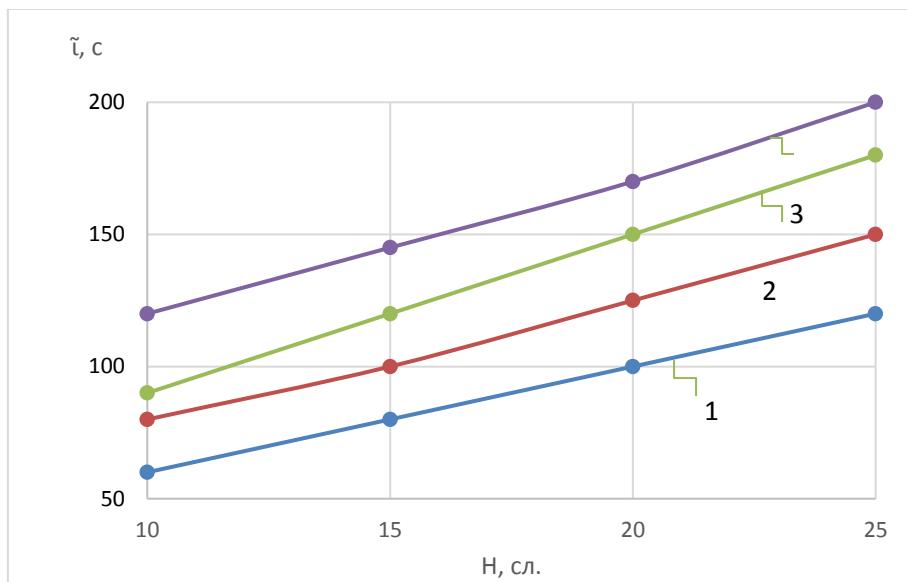


Рис. 3. График зависимости времени обжарки зерен гречишного солода от высоты слоя зерен гречишного солода при расстоянии от инфракрасного излучателя до слоя зерен гречишного солода 50мм (прямая 1 и 3) и 70мм (прямая 2 и 4), плотности потока инфракрасного излучателя 8.1 кВт/м^2 (прямая 1 и 2) и плотности потока инфракрасного излучения 6.9кВт/м^2 (прямая 3 и 4), высоты слоя продукта 10 мм (прямая 1 и 3), высоты слоя 25 мм (прямая 2 и 4)

Для определения оптимальных режимов в качестве критерия оптимизации был принят минимум выходного параметра и максимум высоты слоя продукта, поскольку именно в минимизации времени обжарки гречишного солода и увеличении производительности заключается интенсификация процесса обжарки зерен гречишного солода с учетом качества готового продукта.

Анализ результатов показал, что при увеличении плотности инфракрасного излучения от $6,9 \text{ кВт/м}^2$ до $8,1 \text{ кВт/м}^2$ при высоте слоя гречишного солода 25 мм и при одинаковых расстояниях от инфракрасного излучателя время процесса обжарки продукта время обработки составляло 180–190с и 120–130с и уменьшается на 60–65с, при увеличении плотности инфракрасного излучения от $6,9 \text{ кВт/м}^2$ до $8,1 \text{ кВт/м}^2$ при высоте слоя гречишного солода 10 мм и при одинаковых расстояниях от инфракрасного излучателя время процесса обжарки продукта составляло 60–65с и 90–95с и уменьшается на 25–30с.

Получены параметры процесса обжарки слоя гречишного солода инфракрасным излучением с выделенной длиной волны 6,5–10,5 мкм в зависимости от

высоты слоя гречишного солода, плотности теплового потока инфракрасного излучения, расстояния от инфракрасного излучателя до слоя продукта при достижении температуры поверхности слоя 95–100 °С.

Список литературы

1. Демидов С.Ф. Исследование процесса обработки фотосинтезом и инфракрасным излучением выделенной длины волны зерен гречихи и ячменя перед процессом замачивания в производстве солода / Образование и наука в современных реалиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 20 окт. 2021 г.) / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко; редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2021. – С. 111–114. – ISBN 978-5-6047220-0-8.
2. Демидов С.Ф. Исследование процесса обработки перед посевом пивного ячменя инфракрасным излучением выделенной длинной волны в шнековом аппарате. / Новое слово в науке: стратегии развития: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 30 дек. 2020 г.) / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко, О.Ю. Акуличева; редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2020. – С. 75–79. – ISBN 978-5-6045909-0-4.
3. Демидов С.Ф. Исследование процесса сушки свежеубранного ячменя инфракрасным излучением выделенной длинной волны. / Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 10 мая 2019 г.) / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко, О.Ю. Акуличева; редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2019. – С. 122–127. – ISBN 978-5-6042714-8-3.
4. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технике: учеб. пособие для хим.-технол. вузов. – 2-е изд., перераб. и допол / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1985. – 327 с.