

Н. В. Ружицкая

КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СУШКЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В статье рассмотрены результаты исследований сушки растительного сырья с радиационным подводом энергии, а именно в микроволновом поле и под действием инфракрасного излучения

Ключевые слова: зерно, кофейный шлам, микроволновое поле, инфракрасное излучение

1. Введение

В большинстве технологий именно сушка определяет как качество готового продукта, так и энергетические затраты, которые затрачиваются в процессе. При этом, сушка считается наиболее сложным из всех массообменных процессов. Поэтому, многочисленные исследования по теории и технике сушки дают только частные решения отдельного сочетания факторов.

2. Постановка проблемы

Традиционные подходы [1, 2] в технологиях сушки столкнулись с непреодолимым противоречием. С одной стороны, для интенсификации процессов тепломассопереноса требуется увеличивать расход сушильного агента, с другой стороны с увеличением расхода теплоносителя, увеличиваются потери тепловой энергии с выбросами установки.

3. Основная часть

3.1. Анализ литературных источников по теме исследования

Существует три формы физической связи влаги с материалом. Разные по физической сути виды связи требуют и разные механизмы их разрыва [2, 3, 4]. В настоящее время созданы новые, перспективные виды оборудования, эффективность работы которых сложно объяснить с позиций современной теории сушки. Процессы удаления влаги из материала часто не соответствуют понятию «сушка», движущие силы этих процессов не отвечают диффузионным принципам; часто, обезвоживание – это комплекс комбинированных, сопряжено протекающих процессов, что требует корректного учета действительных механизмов переноса влаги.

Выдвинута гипотеза, что сушка – это результат действия, на принципе суперпозиции, по меньшей мере, трех процессов: перенос влаги с поверхности

твердого тела, перенос влаги в стесненных условиях капилляров и десорбция влаги. Каждый из этих процессов характеризуется своим значением движущей силы и кинетическим коэффициентом скорости процесса [2, 3].

Достигнутый в опытах уровень энергетических затрат [2, 5] оказался ниже удельной теплоты фазового перехода для воды. Визуально наблюдалось, что удаление влаги проходит в виде пара и в виде тумана. Экспериментально подтверждена выдвинутая гипотеза о возможности в условиях электромагнитного поля (ЭМ) провести обезвоживание без обязательного полного парообразования.

Технологии сушки должны совершенствоваться в рамках отмеченных выше проблем на основе интенсификации и принципов системной оптимизации [2, 6 - 8], удачного использования современных средств теплопередачи [2, 7 - 11] с учетом специфики режимов сушки [2]. Сложно переоценить новые возможности, которые открывают перед сушильной техникой бародиффузионные технологии [2, 3, 5].

3.2. Результаты исследований

В исследованиях неподвижного слоя определялись зависимости текущей влажности продукта и температуры от удельной массы зерна и мощности ИЭМП. В камере размещали зерно удельной массой 1...5 кг/м². Опыты проведены на зерне пшеницы в неподвижном слое. Сушка велась до конечной влажности зерна 14,5%.

Было установлено, что удаление влаги начинается уже на первой минуте обработки. Увеличение скорости сушки до максимальных значений 1,1...0,5 %/мин происходит во время удаления свободной влаги. Интенсивное удаление влаги при достаточно низких температурах объясняется непосредственным действием микроволновой энергии на влагу как на поверхности, так и внутри зерновки.

В исследованиях процесса сушки кофейного шлама определяли зависимости текущей влажности продукта и температуры от удельной загрузки (g)

шлама и удельной мощности подведенной энергии.

С ростом мощности подведенной ИК-энергии, увеличивается скорость повышения температуры продукта. Быстрый рост температуры до относительно высокого значения (102 °С) указывает на то, что часть подведенной энергии идет не только на испарение влаги, а и на нагрев продукта. Удаление влаги начинается в течение первых 10 минут обработки. При этом с увеличением мощности ИК-излучения и уменьшением толщины слоя шлама (удельной загрузки), скорость сушки увеличивается. Интенсивное удаление влаги при достаточно низких температурах (40–50 °С) объясняется непосредственным действием ИК-излучения на продукт и поглощением энергии водой.

В результате проведенных исследований была сконструирована универсальная установка для электромагнитной обработки пищевого сырья. Одна из основных сфер применения установки – сушка пищевых продуктов. Установка состоит из 6 зон обработки: 3 с микроволновыми генераторами и 3 с инфракрасными. Общая мощность установки 6 кВт. На установке можно проводить сушку в микроволновом поле, сушку в инфракрасном поле, обрабатывать комбинированные режимы обезвоживания, экстрагирования инактивацию и активацию микроорганизмов, активацию отходов производства. установлены следующие характеристики сушилки: производительность – 0,5 – 144 кг/ч (зерно пшеницы); скорость удаления влаги: 1,75%/мин в СВЧ-модуле (зерно); 1%/мин в ИК модуле (зерно); 2 %/мин в ИК-модуле (кофейный шлам).

На примере сушки кофейного шлама показаны результаты процесса сушки в подвижном слое. Изучалось влияние количества подведенной энергии на среднюю скорость процесса сушки. При подводе уже 2,5 кВт/м² ИК – энергии средняя скорость обезвоживания превысила 1 %/мин, но при увеличении количества подведенной энергии в 2 и 3 раза, этот показатель возрастал только на 0,2 %/мин.

Скорости сушки при движении ленты со скоростью от 0,13 до 0,33 см/с почти одинаковы, что можно объяснить сокращением продолжительности пребывания продукта в ИК модуле и более эффективным использованием подведенной энергии. На скорости большей, чем 0,4 см/с продукт, по видимому, не успевает получить достаточное количество энергии для эффективного удаления влаги.

С увеличением загрузки и, в свою очередь, толщины слоя продукта уменьшается скорость сушки, а с увеличением удельного подвода энергии скорость сушки увеличивается.

Литература

1. Бурдо, О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств [Текст] / О.Г. Бурдо. – Одесса: Полиграф, 2008 – 244с.
2. Бурдо, О.Г. Эволюция сушильных установок [Текст] /

О.Г. Бурдо. – Одесса: Полиграф, 2010 – 368с.

3. Бурдо, О.Г. Эволюция сушильных установок. Энергетический аспект [Текст] : материалы межд. науч. тех. сем. / Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов. – Воронеж: 2010. – с. 478-487.
4. Бурдо, О.Г. Исследование модуля ленточной сушилки растительного сырья с комбинированным электромагнитным подводом энергии [Текст] : материалы IV Международной научно-практической конференции / О.Г. Бурдо, С.Г. Терзиев, И.И. Яровой, Н.В. Ружицкая // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) СЭТТ-2011. – Т.1, Москва, 2011. – С. 422 – 426.
5. Бурдо, О.Г. Энергоэкономні схеми екологічно безпечних зерносушарок [Текст] / О.Г. Бурдо, О.В. Зиков, О.В. Воскресенська // Зерно і хліб. – 2005. – №4 – с. 18-19.
6. Бурдо, О.Г. Пути совершенствования теплотехнологий сушки в АПК. [Текст] : мат. Межд. науч.-практ. конф. / О.Г. Бурдо, С.Г.Терзиев, А.В. Зыков, И.В. Безбах // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов). – М.:МГАУ. – 2002.
7. Бурдо, О.Г. Энергоэкономические аспекты развития перерабатывающей отрасли АПК [Текст] / О.Г. Бурдо // Зернові продукти і комбикорми. – 2001. – №4. – с. 58-60.
8. Burdo, O.G. Rotating heat pipes in devices for heat treatment of the food-stuffs [Text] / O.G. Burdo, I.V. Bezbah // Applied Thermal Engineering. – №28. – March 2007. – pp 341-343.
9. Бурдо, О.Г. Кінетика сушіння пшениці в апаратах на базі термосифонів. [Текст] : наук. пр. ОНАХТ / О.Г. Бурдо, И.В. Безбах, В.И. Донкоглов. – Вип. №36. – Т. 1. – Одеса, 2009. – с.297-302.
10. Burdo, O.G. Food nanotechnologies. Specificity and development directions [Text] / O.G. Burdo, V.N. Bandura, I.I. Yarovoy, N.V. Ruzhitskaya // VIII Minsk International Seminar "Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources", September 12-15, 2011. – Minsk, Belarus. – P. 155 – 160

КОМБІНОВАНІ ПРОЦЕСИ ПРИ СУШІННІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Н. В. Ружицька

У статті розглянуто результати досліджень сушіння рослинної сировини з радіаційним підведенням енергії, а саме у мікрохвильовому полі та під дією інфрачервоного проміння.

Ключові слова: зерно, шлам кави, мікрохвильове поле, інфрачервоне випромінювання

Наталія Володимирівна Ружицька, аспірант кафедри процесів, апаратів та енергетичного менеджменту Одеської національної академії харчових технологій, тел.: (067)589-66-54, e-mail: natalinatashkaru@rambler.ru

THE COMBINED VEGETABLE RAW MATERIAL DRYING PROCESSES

N. Ruzhitskaya

In current paper the results of vegetable raw material drying under microwave and infrared radiation are considered.

Keywords: grain, coffee sludge, microwave field, infrared radiation

Nataliya Ruzhitskaya, graduate student of Department of Processes, Apparatuses and Energy Management, Odessa National Academy of Food Technologies, tel. (067)589-66-54, e-mail: natalinatashkaru@rambler.ru