

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ЗЕРНА И ЗЕРНОПРОДУКТОВ

Музычева О.С., Беззубцева М.М. *ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»*. Санкт-Петербург, Пушкин, Россия (196601, СПб, Пушкин, Петербургское шоссе, д.2), e-mail: mysnegana@mail.ru

В статье изложены причины необходимости просушивания зерна и зернопродуктов, а так же определение принципиально важных параметров, оказывающих влияние на сушку, в том числе для продовольственного или посевного использования. За основу взяты следующие данные: для хранения сроком на 6 месяцев пшеница должна иметь влажность 14%, а сроком на год - 13%. Разработки и актуальные наблюдения современных исследователей иллюстрируют зависимость сушки зернопродуктов от времени и температуры облучателя, а так же размещения генераторов вдоль транспортера и распределения продукта на его ленте. Так же подтверждена важность чередования периодов нагрева и самопроизвольного охлаждения зерна. При комбинировании вышеуказанных методов возможно еще больше интенсифицировать процесс сушки, не повышая количества затрачиваемой энергии.

Ключевые слова: Инфракрасная сушка, зернопродукты, ИК-генераторы, нагрев

MODERN METHODS OF INFRARED DRYING GRAIN AND GRAIN PRODUCTS

Muzycheva O.S., Bezzubtseva M.M. *St.-Peterburg agrarian university, St.-Peterburg, Pushkin, Russia (196601, St.-Peterburg, Pushkin, Peterburgskoe highway, 2)*, e-mail: mysnegana@mail.ru

The article describes the reasons for the need for drying of grain and grain products, as well as the definition of a fundamentally important parameters influencing the drying, including the food and seed use. The base are the following: Storage period of 6 months should have a moisture content of wheat - 14%, and for a year - 13%. Development and actual observation of contemporary researchers illustrate the dependence of the drying grain products on time and temperature of feed, as well as the placement of generators along the conveyor and distribution of the product on his belt. Also reaffirmed the importance of alternating periods of heating and cooling, spontaneous grain. By combining the above methods may further intensify the drying process without increasing the amount of energy used.

Keywords: Infrared drying, grain products, infrared generators, heating

Качественная сушка зерна, зернопродуктов и других сельскохозяйственных культур является неотъемлемым этапом обработки полученной продукции. Устойчивое состояние зерна при хранении обеспечивается, в первую очередь, сушкой. Лишь в том случае, когда из пищевого зерна или семян удалена свободная влага, продукция может оставаться в хорошем состоянии несколько месяцев. Ягоды и фрукты, в свою очередь, содержат еще большее количество влаги (до 80%).

Зерно, которое хранится на элеваторах, специально предназначенных для этих целей, представляет собой природный продукт, неизменно содержащий в своём составе некоторое количество влаги. Кроме того, зерно способно впитывать её из окружающей среды. Пшеница, высушенная, например, только до 15% влажности, непригодна для длительного хранения. Приемлемая влажность зерна зависит от его будущего использования и продолжительности хранения до реализации. Для хранения сроком на 6 месяцев пшеница должна иметь влажность - 14%, а сроком на год - 13%. Ежегодно сушить зерно приходится

даже в южных регионах нашей страны. Поэтому немаловажно полностью продумать этот процесс и, по возможности, максимально оптимизировать.

Существует множество способов сушки зерна и зернопродуктов:

- конвективная сушка нагретым воздухом;
- сушка током высокой частоты;
- сушка инфракрасным излучением;
- вакуумная сушка;
- контактная сушка.
- Исследования последних лет направлены на совершенствование методов сушки, обеспечивающих наиболее высокую интенсивность процесса при максимальном сохранении пищевой ценности и вкусовых достоинств каждого конкретного продукта.

По результатам современных исследований, одним из наиболее перспективных способов является сушка инфракрасным излучением.

Инфракрасное излучение (IR) имеет длину волны от 780 nm до 1. Следуя классификации Международной комиссии по освещению (CIE), этот диапазон спектра подразделяется на излучение типа IRA (от 780 nm до 1,4), IRB (от 1,4 до 3,0) и IRC (от 3,0 до 1,0 mm). Такое подразделение приблизительно соответствует зависящим от длины волны характеристикам поглощения IR в тканях и возникающим вследствие этого различным биологическим эффектам.

Процесс сушки начинается с того, что галогенными лампами генерируется инфракрасное излучение, которое проходит затем через слой материала, преобразуясь в тепловую энергию. Он нагревает материал, выпаривая из него влагу. Такая технологическая схема обеспечивает неизменную толщину слоя зерна по высоте аппарата. Вследствие этого, толщина слоя оказывается равна ширине зазора, образованного перфорированным цилиндром и вращающимися дисками. Поэтому процесс сушки протекает равномерно и эффективно.

В настоящее время интенсификация процесса ведется в различных направлениях. Так, например, автор [3] теоретически и экспериментально установил, что удельные энергозатраты при нагреве крупы до заданной температуры или до начала момента потемнения снижаются с ростом облученности, что доказывает целесообразность повышения облученности в рабочих зонах ВТМ установок, увеличивая плотность размещения ИК генераторов. При фиксированных энергозатратах (при определенном количестве линейных излучателей) их следует располагать вдоль транспортера с возрастающим шагом, что меняет облученность в зоне ИК - обработки. В этом случае растет температурный импульс при постоянной энергетической экспозиции и, соответственно, глубина термоактивируемых процессов. Автор [3] отмечает, что диапазон плотности укладки

крупы на транспортере не оказывает существенного влияние на температуру продукта на выходе. Диапазон составляет 0,5-1,5 от максимально возможной плотности укладки монослоем.

На вопрос распределения продукта по ленте обращает внимание и автор [5]. В результате теоретических и экспериментальных исследований выявлено, что для разработанной экспериментальной установки оптимальная ширина неизлучающей полосы составляет 0,12-0,15 к ширине инфракрасной зоны. Также автором [5] доказана возможность замены системы дискретно расположенных ИК излучателей полупрозрачным экраном с той же температурой (с тем же потоком излучения), что соответствует вырождению особой системы интегральных уравнений в систему алгебраических уравнений. Такой подход позволяет сохранить весьма высокую точность расчетов, следовательно, автором найдена упрощенная методика расчета таких систем.

В то же время, автор [1] обращает внимание на то, что для семенного зерна основным критерием служит сохранение посевных качеств. По данным М.Г. Голика при непрерывной сушке и температуре материала 60 °С происходит полная потеря всхожести семян пшеницы (влажность пшеницы составляла 20 %). Б.В. Дамман [2] указывает на возможность сушки при импульсном режиме и температуре материала 55...60 °С пшеницы семенного и продовольственного назначения. Большинство исследователей [6-8] склоняются к выводу, что при сушке семян пшеницы инфракрасными лучами, оптимальной с точки зрения сохранения семенных качеств, является температура нагрева до 35...45 °С. Что же касается длительности воздействия определенной температуры на зерно, то данные С.Д. Птицина [7] показали, что продолжительность пребывания зерна при данной температуре сказывается на семенных качествах зерна в гораздо меньшей степени, нежели незначительное повышение температуры выше предельной.

Кроме того, немаловажно чередование периодов нагрева и самопроизвольного охлаждения зерна. Экспериментальные исследования кинетики нагрева зерна сои [6] показали, что вследствие интенсивного нагрева радиационным излучением в режиме непрерывного облучения постоянным потоком в материале возникает значительный температурный перепад между центром и поверхностью зерновки, который составляет 50-60°С за время нагрева 50 с. Это приводит к неравномерному прогреву зерна и частичному обгоранию поверхности отдельных зерновок. Во избежание этого явления рекомендован особый, осциллирующий режим ИК-обработки, который состоит из последовательности чередования периодов облучения и периодов отлежки без облучения.

В работе [5] доказана возможность увеличения скорости сушки капиллярно-пористых материалов с использованием термодиффузии, проявляющейся при повторно-

кратковременном облучении материала с помощью малоинерционных ИК излучателей. Результаты решения задачи могут быть использованы при проектировании и эксплуатации систем инфракрасных нагревательных устройств, предназначенных для тепловых испытаний различных материалов и конструкций, а также для термической обработки, как пищевых продуктов, так и других изделий (лакокрасочных покрытий, кожи, ткани и т.д.).

В научной работе [8] были установлены закономерности развития полей энергетического облучения (ПЭО) от ИК-генераторов с рефлекторами различной пространственной конфигурации. В результате исследований получены аналитические зависимости для расчета ПЭО от РЖ-генераторов с плоскопараллельными и параболическими рефлекторами на поверхности слоя зерна и выбраны оптимальные геометрические размеры параболического рефлектора. Установлено, что при использовании параболических отражателей равномерность ПЭО повышается в 6-12 раз по сравнению с плоскопараллельными отражателями. При этом обеспечивается высокая экономическая эффективность работы ИК-установки.

Автор [8] акцентирует внимание на разработке новых моделей техники, в частности, опытно-промышленной установки для термообработки зернового сырья УТЗ-4. Была проведена опытно - промышленная проверка работы ИК-установки, и, как результат, установлена высокая степень адекватности разработанных моделей и методов расчета реальным условиям протекания процесса. В настоящее время налажено серийное производство данной установки и ее внедрение на зерноперерабатывающих предприятиях России, республики Беларусь и Казахстан.

На основании полученных аналитических зависимостей [8] были определены параметры рационального размещения ИК-генераторов в рабочей камере установки для термообработки зернового сырья. Предложено ИК-генераторы объединять в тепловые блоки и размещать их вдоль ленты транспортера в одной плоскости относительно поверхности облучения с шагом 100 мм. Также были экспериментально исследованы терморadiационные и оптические характеристики зерна пшеницы и ячменя в расширенном диапазоне длин волн (0,4-4,0) мкм, определена область наибольшего пропускания ИК- излучения – от 0,5 до 2,1 мкм. Установлено, что для ИК-обработки наиболее эффективными являются длины волн в диапазоне от 0,4 до 1,5 мкм.

Однако, помимо традиционного размещения ИК-датчиков вдоль ленты транспортера, автор [8] предлагает более эффективную модель процесса распределения поля облучения под плоским излучателем. Также им предложена принципиально новая конструкция сушильной установки непрерывного действия, защищенная патентом [4], позволяющая объединить технологические достоинства сушильных машин непрерывного действия и

периодического действия. При сушке продукции с высоким содержанием влаги (в частности садоводческой продукции) сочетание данных факторов может оказывать значительное влияние на экономичность процесса сушки и на качество готовой продукции.

Кроме того, автор обращает внимание не только на температуру, но и на время сушки. Проведенные опыты позволили определить для сушки яблок, груш, вишни, сливы (алычи) и земляники оптимальные диапазоны времени облучения (65-180 мин). При этом исходная влажность (72-88%) снижается до приемлемой по нормативным требованиям (12-18%) при снижении удельных энергозатрат в 1,3-1,5 раза.

Таким образом, можно сделать выводы, что преимущества, предоставляемые инфракрасной сушкой, позволяют эффективно использовать инфракрасные излучатели в самых различных областях, начиная от сушки красок и эмалей, и заканчивая сушкой сельхозпродукции и рыбы. Инфракрасная сушка имеет существенные преимущества перед традиционным конвекционным методом. В первую очередь это, безусловно, экономический эффект. Скорость и затрачиваемая энергия при инфракрасной сушке в разы меньше тех же показателей при традиционных методах.

Современные разработки и исследования подтверждают, что экономичность и эффективность сушильных аппаратов напрямую зависят как от толщины слоя продукции на ленте транспортера, так и от времени и температуры нагрева. Инфракрасные излучатели, размещенные вдоль транспортера с возрастающими промежутками, позволяют прогреть зерно более постепенно, не допуская его пригорания и последующей утраты посевных свойств зерна или его пищевой ценности. В итоге можно отметить, что при комбинировании вышеуказанных методов возможно еще больше интенсифицировать процесс сушки, не повышая количество затрачиваемой энергии, что положительно скажется и на экономике сельского хозяйства, и на качестве продукции АПК.

Л и т е р а т у р а

1. Адамов З.Т. Исследование температурного поля инфракрасных нагревательных систем для сушки пищевых продуктов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Адамов Зайнутдин Тажутдинович; Махачкала, 2005. - 20 с.
2. Дамман, Б. В. Исследование процесса сушки пшеницы инфракрасными лучами: дис. канд. техн. наук/ Дамман Б. В.-М., 1953.
3. Лигидов В. А. Повышение эффективности микронизатора с поперечно расположенными линейными инфракрасными излучателями при обработке зерна и круп: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Лигидов Вячеслав Анатольевич; М., 2006. - 28 с.

4. Патент РФ №2277362.
5. Погорелов М. С. Оптимизация режимов инфракрасной сушки плодов и ягод и ее оборудование: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ Погорелов Михаил Сергеевич; М., 2007. - 25 с.
6. Проничев С. А. Импульсная инфракрасная сушка семенного зерна: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.02.- Москва, 2007.- 161 с.: ил. РГБ ОД, 61 07-5/3848
7. С.Д.Птицин. Зерносушилки. М.: Машгиз, 1962, с 52.
8. Филатов В.В. Совершенствование процесса термообработки зерна при инфракрасном энергоподводе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Филатов Владимир Владимирович; М., 2005. - 32 с.

References

1. Adamov Z.T. Issledovanie temperaturnogo polya infrakrasnyh nagrevatel'nyh sistem dlya sushki pishchevyh produktov: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.12 / Adamov Zajnutdin Tazhutdinovich; Mahachkala, 2005. - 20 s.
2. Damman, B. V. Issledovanie processa sushki pshenicy infrakrasnymi luchami: dis. kand. tekhn. nauk/ Damman B. V.-M., 1953.
3. Ligidov V. A. Povyshenie ehffektivnosti mikronizatora s poperechno raspolozhennymi linejnymi infrakrasnymi izluchatelyami pri obrabotke zerna i krup: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.12 / Ligidov Vyacheslav Anatol'evich; M., 2006. - 28 s.
4. Patent RF №2277362.
5. Pogorelov M. S. Optimizaciya rezhimov infrakrasnoj sushki plodov i yagod i ee oborudovanie: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01/ Pogorelov Mihail Sergeevich; M., 2007. - 25 s.
6. Pronichev S. A. Impul'snaya infrakrasnaya sushka semennogo zerna: dissertaciya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.20.02.- Moskva, 2007.- 161 s.: il. RGB OD, 61 07-5/3848
7. S.D.Pticin. Zernosushilki. M.: Mashgiz, 1962, s 52.
8. Filatov V.V. Sovershenstvovanie processa termoobrabotki zerna pri infrakrasnom ehnergopodvode: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.12 / Filatov Vladimir Vladimirovich; M., 2005. - 32 s.