

СУШКА ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ КУЛЬТУР В ИК-ДИАПАЗОНЕ С УЧЕТОМ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОДУКТА

В.М. Попов, В.А. Афонькина, Е.И. Шукшина

г. Челябинск, Челябинская государственная агроинженерная академия

COMPARISON OF EFFICIENCY OF CHANNELS OF REGENERATORS FILLINGS ON THE BASIS OF RESULTS OF CALCULATION WITH THE USE OF LICENSE PACKAGE ANSYS CFX

V.M. Popov, V.A. Afonkina, E.I. Shukshina

Chelyabinsk, Chelyabinsk State Academy Agroengineering

На примере исследований спектральных характеристик укропа и петрушки изучено влияния оптических свойств термоллабильных культур на выбор диапазона ИК-излучения для их сушки.

Ключевые слова: термоллабильные культуры, спектральные характеристики, ИК-сушка.

The authors of the article have studied the effect of optical properties of heat-sensitive crops on choosing the range of IR radiation for their drying using the example of dill and parsley spectral characteristics studies.

Keywords: heat-sensitive crops, spectral characteristics, IR-drying.

На сегодняшний день использование инфракрасного излучения в технологических процессах переработки и хранения сельскохозяйственной продукции растительного происхождения становится все более актуальным, так как оно является экологически чистым и энергоэффективным средством в получении лекарственных сборов и продуктов питания высокого качества. ИК-излучение обладает множеством положительных особенностей, одной из которых является способность излучения к специфическому воздействию на биологический объект на клеточном и молекулярном уровнях [1].

Применение ИК-излучения для сушки сырья – это один из самых распространенных технологических процессов, используемых в химической, фармацевтической и пищевой промышленности. Трудно найти такое химическое и фармацевтическое производство, на котором не было бы операции сушки того или иного вещества или препарата. Наиболее часто сушка является завершающим этапом технологического процесса с получением целевого продукта. Однако современные концепции в сельскохозяйственной и химико-фармацевтической науке в области теории сушки свидетельствуют о том, что тепловые и массообменные процессы нередко сопровождаются изменением структурно-механических свойств высушиваемого материала, образованием полиморфных форм и кристаллогидратов лекарственных веществ, реакциями окисления, гидролиза, а также приводят к изменению растворимости, всасывания, снижению или потере терапевтической ак-

тивности и питательной ценности лекарственного и растительного сырья.

Высокое качество, стабильность продукта зависит от технического уровня сушки – степени автоматизации и механизации режимов процесса, совершенства сушильной аппаратуры.

Как любой другой процесс сушка имеет две стороны – свою статику и кинетику, поэтому правильно организованный процесс сушки позволяет сохранить или улучшить свойства материалов.

Статика сушки заключается в установлении связи между начальными и конечными параметрами участвующих в сушке веществ на основе уравнений материального и теплового балансов. Из статики определяют состав материала и расход тепла.

Кинетика сушки устанавливает связь между изменением влажности материала и параметрами процесса (свойства и структура материала, его размеры и т.д.). На основе уравнения кинетики получают характеристику процесса удаления влаги из материала во времени и определяют продолжительность и режим сушки [2].

Для расчета процесса сушки, создания рациональных конструкций нагревательных элементов и сушильных установок в целом, а также для подбора оптимальных режимов сушки с целью снижения энергозатрат и повышения качества конечного продукта необходимо совместное рассмотрение статики и кинетики сушильного процесса, а именно определение зависимости между расходом тепла и оптическими свойствами сырья, которые на-

пряמוу связаны с продолжительностью технологического процесса.

Анализ существующих методик расчета мощности источников ИК-излучения, используемых в конструкции сушильных установок, показал, что в них нет совместного рассмотрения и согласования спектральных характеристик не только источника, но и приемника. Численные значения коэффициента преобразования электрической энергии в энергию инфракрасных лучей β предлагают принять в пределах 0,7–0,9 [3]. На наш взгляд такой подход позволяет ориентировочно определить мощность источника, что в вопросах энергосбережения не совсем корректно.

Коэффициент β дает информацию не только о собственном преобразовании электрической энергии в энергию оптического излучения (β_1), но и о восприятии этой энергии материалом сушки (β_2), которое в свою очередь является эффективным коэффициентом полезного действия (1):

$$\beta_2 = \frac{\Phi_{\text{эф}}}{\Phi}, \quad (1)$$

где Φ – падающий поток излучения от источника, Вт; $\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный (воспринятый и полезно преобразованный сырьем) поток излучения, Вт.

Следовательно, принимая во внимание спектральную чувствительность облучаемого сырья, а также оптические свойства источника ИК-излучения, можно эффективно управлять процессом поглощения ИК-излучения сырьем, уменьшая долю отразившегося и прошедшего сквозь сырье потока, тем самым увеличивая КПД установки и уменьшая энергозатраты при получении сухопродукта.

Взаимодействие излучения с веществом весьма сложно, что затрудняет теоретический анализ процесса сушки. Для аналитического описания процессов распространения и ослабления излучения в сырье необходимо знать его основные оптические характеристики, так как спектральный состав потока излучения влияет на оптические коэффициенты поглощения, отражения и пропускания из-за избирательной способности сырья воспринимать излучение различных длин волн.

С помощью ИК-Фурье спектрометра BRUKER Optics на базе Южно-Уральского государственного университета нами были получены зависимости коэффициента пропускания от длины волны для зеленных культур на примере укропа и петрушки с начальной влажностью 85 % в инфракрасной области спектра (рис. 1, 2).

Почти все продукты, в том числе и сельскохозяйственное растительное сырье, обладают четко выраженной селективностью к поглощению ИК-излучения в различных областях спектра [4]. Поэтому для практических целей в условиях корректного выбора оптимального инфракрасного излучателя и объема нагреваемого сырья необходимо пользоваться спектральными характеристиками, которые отражают взаимодействие продукта с лучистой энергией во всем используемом диапазоне длин волн, что нами и было сделано.

Основные пики полученных зависимостей (у укропа: 3,5; 6; 9 и 13 мкм; у петрушки: 3; 6; 9 и 12 мкм) характеризуют влагу, содержащуюся в укропе и петрушке, с различными формами связи, которые неодинаково отражаются на спектре пропускания сырья. Максимальное поглощение ИК-излучения водой данного сырья приходится на три



Рис. 1. Зависимость коэффициента пропускания укропа от длины волны в инфракрасной области спектра



Рис. 2. Зависимость коэффициента пропускания петрушки от длины волны в инфракрасной области спектра

Расчетные данные зависимости температуры нагревателя от длины волны

Длина волны λ , мкм	Температура поверхности нагревателя T , К	Температура поверхности нагревателя t , °С
6	483	210
9	322	48
12	241	-30
13	222	-50

области 6; 9 и 12–13 мкм, все они одинаково хороши с точки зрения поглощения излучения водой, но не все они хороши с точки зрения получения качественного сухопродукта и уменьшения энергоёмкости техпроцесса.

Так если воспользоваться соотношением Вина [5], можно определить температуру поверхности излучателя во всех трех областях:

$$\lambda_{\max} = \frac{2896}{T} [\text{мкм}], \quad (2)$$

где T – температура на поверхности источника излучения; λ_{\max} – длина волны.

Данные сведем в таблицу.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что для ИК-сушки термолабильного сельскохозяйственного и дикорастущего сырья подходит только одна область излучения с 9 мкм, так как температура в 210 °С вызовет глубокие биохимические изменения, которые скажутся не только на внешнем виде продукта, но и снизят пищевую ценность и содержание биологически активных веществ, а область 12–13 мкм – это уровень температур который соответствует другому виду сушки – сублимационному, который также не подходит для зеленых культур из-за разрыва тканей зеленой массы и невозможности использования такого продукта в лекарственных сборах.

Выводы

1. Знание оптических характеристик продукта поможет определить диапазон длин волн, необходимый для получения сухопродукта высокого

качества с полным сохранением питательных и биологически активных веществ.

2. Знание необходимого для качественного ведения техпроцесса диапазона длин волн поможет согласовать его с оптическими характеристиками излучателя, подобрав оптимальную температуру его нагрева, тем самым минимизировав энергозатраты.

3. Для сушки зеленой массы термолабильного сельскохозяйственного и дикорастущего сырья необходим нагреватель, способный на 9 мкм обладать высокой плотностью теплового потока.

Литература

1. Карпов, В.Н. Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК / В.Н. Карпов, С.А. Ракутько // – Пушкин: СПбГАУ, 2009. – С. 100.

2. Гинзбург, А.С. Технология сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург // Пищевая промышленность. – М., 1976. – С. 248.

3. Мелякова, О.А. Энергоэкономические режимы сушки овощей в конвективно-радиационной сушилке: дис. ... канд. техн. наук / О.А. Мелякова. – Тюмень, 2001.

4. Алтухов, И.В. Оптические свойства сельскохозяйственных продуктов растительного и животного происхождения / И.В. Алтухов, В.Д. Очиров // Вестник ИрГСХА. – 2010. – Вып. 37. – С. 43–49.

5. Авраменко, В.Н. Инфракрасные спектры пищевых продуктов / В.Н. Авраменко, М.П. Есельсон, А.А. Заика. – М.: Пищевая промышленность, 1974.

Поступила в редакцию 13.04.2012 г.

Попов Виталий Матвеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Электротехника и автоматика», Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск. Область научных интересов – применение ИК-техники в различных сферах АПК. Контактный телефон: 8-(351) 263-28-03.

Popov Vitaliy Matveevich – Doctor of Science (Engineering), Professor of “Electrical Engineering and Automation” Department of Chelyabinsk State Academy Agroengineering, Chelyabinsk. Research interests: IR application, machines in different spheres of agroindustrial complex. Contact telephone number: 8-(351) 263-28-03.

Афонкина Валентина Александровна – старший преподаватель кафедры «Электротехника и автоматика», Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск. Область научных интересов – применение ИК-техники в различных сферах АПК. Контактный телефон: 8 906 890 53 37.

Afonkina Valentina Aleksandrovna – Senior Teacher of “Electrical Engineering and Automation” Department of Chelyabinsk State Agro-Engineering Academy, Chelyabinsk. The sphere of scientific interests – IR application, machines in different spheres of agroindustrial complex. Contact telephone number: 8 906 890 53 37.

Шукшина Елена Ивановна – аспирант кафедры «Электротехника и автоматика», Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск. Область научных интересов – применение ИК-техники в различных сферах АПК. Контактный телефон: 8-(351) 263-28-03.

Shukshina Elena Ivanovna – Postgraduate student of “Electrical Engineering and Automation” Department of Chelyabinsk State Academy Agroengineering, Chelyabinsk. Research interests: IR application, machines in different spheres of agroindustrial complex. Contact telephone number: 8-(351) 263-28-03.