

УДК 631.365: 535-1

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

Завалий А.А

Янович И.В

ЮФ НУБиП Украины «КАТУ»

Розроблено конструкції та виготовлено пристрої інфрачервоного сушіння продуктів харчування рослинного і тваринного походження, що забезпечують заданий просторово-часовий розподіл швидкості сушіння і температури продукту в процесі сушіння. Запропоновано технології інфрачервоного сушіння, що дозволяють отримувати продукцію без втрат поживних і біологічно активних речовин сировини.

Have designed and fabricated the device infrared drying of food products of plant and animal origin, which provide the required spatial and temporal distribution of the drying rate and temperature of the product during drying. Proposed infrared drying technology, allowing to obtain products without loss of nutrients and bioactive substances of raw materials.

Постановка проблемы

Технологии инфракрасной сушки относятся к перспективным технологиям получения высококачественных продуктов питания, так как позволяют максимально сохранять биологически ценные компоненты и структуру свежих продуктов растениеводства и животноводства. Продукция инфракрасной сушки в течение длительных сроков хранения не теряет биологически активные вещества, витамины, цвет и вкус исходного продукта, не требует специальных условий хранения. Однако инфракрасная сушка не получила широкого распространения из-за ее низкой экономической эффективности, обусловленной высокой энергоемкостью, низкой объемной производительностью и высоким уровнем неравномерности сушки в существующих устройствах. Создание эффективных устройств инфракрасной сушки является сложной технической и научной проблемой.

Анализ последних достижений

Характерными примерами современных устройств инфракрасной сушки продуктов питания являются шкафные и конвейерные устройства производства ПО "СпецХлебмаш" (Россия), БИД (Украина, г.Днепропетровск), Amisy (Китай) [1, 2, 3]. В шкафных устройствах используется двусторонняя схема нагрева продукта сушки при размещении над и под поверхностью сушки низкотемпературных нагревателей, в конвейерных устройствах – односторонняя схема при размещении высокотемпературных излучателей, оснащенных отражателями, над лентой конвейера (рис.1).

Недостатками этих устройств являются большие габаритные размеры и малая объемная производительность. Шкафные конструкции являются, по сути, установками комбинированной конвективно-лучистой сушки с присущей им низкой энергетической эффективностью. Оба вида конструкций характерны значительными потерями лучистой энергии, так как источники значительную часть тепловой энергии излучают на элементы конструкции, а не на продукт сушки. Размещение источников излучения над продуктом

сушки существенно ухудшает условия их эксплуатации из-за воздействия на их поверхность агрессивной воздушной среды, содержащей продукты испарения. Для устройств характерна высокая степень неравномерности облучения продукта сушки, существенно ухудшающая качество готового продукта.

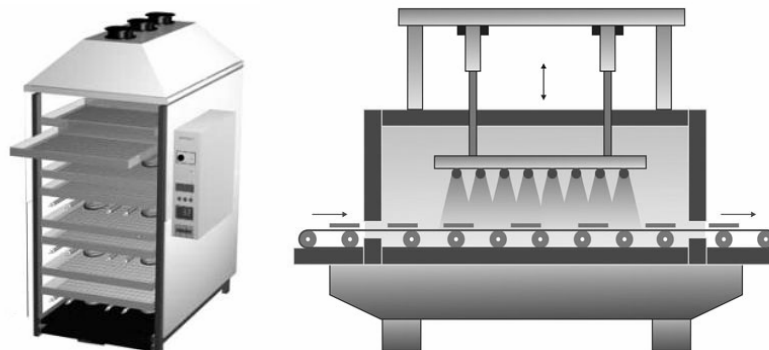


Рис. 1. Шкафная и конвейерная конструкции устройств инфракрасной сушки

Цель работы

Разработать устройства инфракрасной сушки, обеспечивающие заданное пространственное и временное распределение скорости сушки и температуры продукта в течение сушки.

Результаты разработки

Для создания устройств инфракрасной сушки нами разработан метод проектирования рабочих объемов, который включает в себя последовательное использование моделей теплового состояния рабочего объема устройства инфракрасной сушки и экспериментальных методов контроля равномерности облучения поверхности сушки. Метод проектирования в виде схемы представлен на рис. 2, а его основными этапами метода являются:

1. Обоснование геометрии рабочего объема и задание распределения потока излучения по поверхности сушки. Геометрия рабочего объема зависит от того, является устройство камерным или конвейерным, размерами продукта сушки, требованиями к габаритным размерам устройства и его производительности. Распределение потока излучения по поверхности сушки необходимо задавать как функции распределения с указанием пороговых значений отклонений.

2. Для выбранной геометрии рабочего объема с помощью оптико-геометрической модели лучистого теплообмена определяют количество и места положения источников излучения и выполняют построение профиля отражающей поверхности. Рабочий объем формируется как замкнутое пространство, ограниченное поверхностями сушки, источников излучения и отражающими поверхностями.

3. Для сформированного рабочего объема выполняют тепловой расчет с помощью модели лучисто-кондуктивного теплообмена, в результате получают распределение потока излучения по поверхности сушки, которое сравнивают с требуемым распределением. В случае недопустимого отличия заданного и расчетного распределений, используя алгоритмы последовательной оптимизации, выполняют коррекцию профиля отражающей поверхности поворотом ее участков.

4. Для заданной скорости вентиляции рабочего объема выполняют тепловой расчет многоярусного сушильного устройства с учетом испарения влаги из продукта сушки с использованием модели лучисто-кондуктивно-конвективного теплообмена и модели испарения, в результате которого получают распределение тепловой мощности источников излучения по ярусам.

5. Разрабатывают конструкцию сушильного устройства камерного или конвейерного типа. Контроль качества распределения теплового излучения выполняют измерением поля температуры на поверхности сушки. Результаты измерения сравнивают с расчетным распределением температуры для заданного распределения потока теплового излучения.



Рис. 2. Метод проектирования устройств инфракрасной сушки

6. Выбирают режим сушки в соответствии с продуктом и выполняют сушку. Режим включает в себя временные зависимости тепловой мощности источников излучения и интенсивности вентиляции рабочего объема устройства атмосферным воздухом.

Описанный метод проектирования использован при разработке рабочих объемов устройств камерного и конвейерного типа, схемы которых представлены на рис. 3. В устройствах все ограничивающие рабочий объем камеры поверхности (отражатели 3, верхняя 4, нижняя 5, а также лицевая и тыльная) выполняются зеркально отражающими.

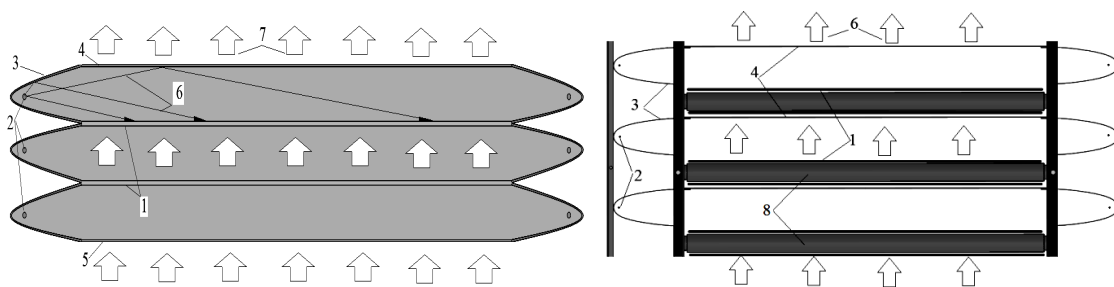


Рис. 3. Рабочий объем камерного (а) и конвейерного (б) устройств: 1 – сетчатая поверхность для продукта сушки (лотки); 2 – источник излучения; 3 – отражатель; 4 – верхняя отражающая поверхность; 5 – нижняя отражающая поверхность; 6 – направление потоков теплового излучения; 7 – направление потока вентилярующего воздуха; 8 – направляющие ролики конвейера

На рис. 4 представлены конструкции камерных устройств для инфракрасной сушки продуктов питания, разработанные совместно с ООО «Империя металлов» (Украина, г.Харьков). Структурными элементами устройств являются: несущая конструкция, система энергообеспечения, системы контроля и управления. Основными задачами разработки конструкций являлись обеспечение требований к устройствам пищевых технологий [4], удобства и безопасности эксплуатации [5], возможность эксплуатации части рабочего объема. Несущая конструкция выполнена в виде каркасных рам двух видов: моноблок, несущий лотки, излучатели и вентиляторы (рис. 4а); блочная конструкция, состоящая из двух блоков излучателей и блока-камеры для размещения лотков (рис. 4б). Для конвейерных устройств также разработаны два вида несущей конструкции: модульная, в которой в качестве модуля выступает автономный конвейер, а сушильная установка собирается из модулей, устанавливаемых друг на друга; блочная, в которой несущими блоками служат блоки излучателей блочной камеры с установленными в них поддерживающими ленту конвейера роликами.

Система энергообеспечения устройств состоит из электрических источников излучения, вентиляторов и приводных валов ленты конвейера. Каждый ярус камерного устройства или модуль конвейерного устройств подключается к электрической сети автономно, что позволяет в камерных устройствах включать источники и вентиляторы только тех ярусов, которые используются для сушки, а для модульного конвейера собирать конвейер требуемой производительности. Система контроля представлена контроллером температуры в рабочем объеме камеры или конвейера. Измерению подлежат температура воздуха на входе в камеру или модуль и температура воздуха на выходе из камеры или модуля. Система управления включает в себя симисторные выключатели, тиристорные регуляторы мощности, контроллер с релейным и ПИ-регулятором по температуре.

Загрузка камерных устройств составляет 60 – 120 кг растительного сырья при размещении на лотке 5 – 10 кг продукта сушки.

Разработанные камеры инфракрасной сушки используются для сушки продукции плодовоговодства, овощеводства, виноградарства и животноводства в научно-учебной лаборатории инфракрасной сушки кафедры технологического оборудования перерабатывающих предприятий и инженерной механики ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет». Разработаны режимы инфракрасной сушки яблок,

свеклы, моркови, мяты, укропа, виноградной выжимки, свинины и говядины, обеспечивающие высокое качество продукции без потерь питательных и биологически активных веществ сырья, высокую скорость и низкие затраты энергии на процесс сушки. Специальным исследованием на примере сушеных яблок доказано, что разработанные режимы инфракрасной сушки обеспечивают сохранение в сушеных продуктах витамина С, а хранение яблок в сушеном виде значительно снижает потери и продлевает срок сохранности витамина С по сравнению с хранением в ходильных камерах [6].



Рис. 4. Инфракрасная сушильная камера

Выводы

Разработанные конструкции устройств и режимы инфракрасной сушки обеспечивают следующие преимущества перед традиционной конвективной сушкой: температура продукта в течение сушки находится в пределах 35...50°C, что обеспечивает сохранность свойств исходного продукта; скорость сушки выше на 34-44%; энергетические затраты меньше на 20-25%; реализуются режимы импульсной сушки, благоприятно влияющие на скорость и затраты энергии, а также позволяющие осуществлять сушку продуктов, предрасположенных к растрескиванию; конструкция устройств не требует рециркуляции теплоносителя и тепловой изоляции элементов конструкции. Инфракрасная камера и режимы сушки обеспечивают энергетические затраты от 3,5 кВт·час для фруктов до 6,5 кВт·час для овощей на 1 кг готовой продукции при суточном производстве 70 – 100 кг.

Литература

1. Сушильные шкафы и камеры [Электронный ресурс] / ПО "СпецХлебмаш". – Режим доступа: <http://www.int.nsk.su/index.php>.
2. ООО "ПКП "БИД" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bid.dp.ua>.
3. Amisy Machinery Co., Ltd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zzaimeshi.en.alibaba.com>.
4. Машины и оборудование продовольственные. Общие технические условия: ГОСТ 26582-85. – М. : Госкомитет СССР по стандартам, 1985. – 14 с.
5. Оборудование продовольственное. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.124-90. – М. : Госкомитет СССР по стандартам, 1991. – 12 с.
6. Завалий А.А. Инфракрасная сушка плодов и овощей/ А.А. Завалий, И.В. Янович // Наукові праці ПФ НУБіП України «Кримський агротехнологічний університет». Сільськогосподарські науки. Вип. 137. – Сімферополь, 2011. – С.189-195.