

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2595146

СПОСОБ СУШКИ ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015106696

Приоритет изобретения 26 февраля 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 02 августа 2016 г.

Срок действия патента истекает 26 февраля 2035 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015106696/13, 26.02.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.02.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.02.2015

(45) Опубликовано: 20.08.2016 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU2393397C2, 27.06.2010. RU2305235
C1, 27.08.2007. RU2265169 C2, 27.11.2005.

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49,
Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Демидов Сергей Федорович (RU),
Вороненко Борух Авсеевич (RU),
Пеленко Валерий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных технологий,
механики и оптики" (Университет ИТМО)
(RU)**(54) СПОСОБ СУШКИ ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

(57) Реферат:

Материалы моют, измельчают и укладывают слоем на газопроницаемых поддонах, установленных в вентилируемой камере. Нагрев слоя продукта высотой 10-30 мм осуществляют двухсторонним непрерывным инфракрасным облучением на длине волны 1,5-3,0 мкм при плотности теплового потока 2,8-3,1 кВт/м² до

температуры поверхности 52±1°C или 55±1°C в течение времени 10-16 или 8-12 минут соответственно. Затем материалы охлаждают до температуры 41±1°C посредством периодической продольной продувки воздуха длительностью 0,3 минуты со скоростью 0,7-1 м/с. Изобретение обеспечивает значительное сокращение энергозатрат и технологического времени. 2 пр.

RU 2 595 146 C1

RU 2 595 146 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 595 146** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

A23L 3/40 (2006.01)

F26B 3/30 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015106696/13, 26.02.2015

(24) Effective date for property rights:
26.02.2015

Priority:

(22) Date of filing: 26.02.2015

(45) Date of publication: 20.08.2016 Bull. № 23

Mail address:

197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
Universitet ITMO, OIS i NTI

(72) Inventor(s):

Demidov Sergej Fedorovich (RU),
Voronenko Borukh Avseevich (RU),
Pelenko Valerij Viktorovich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsionalnyj
issledovatel'skij universitet informatsionnykh
tekhnologij, mekhaniki i optiki" (Universitet
ITMO) (RU)

(54) **METHOD FOR DRYING OF THERMOLABILE MATERIALS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: materials are washed, milled, and laid in layer upon gas-permeable trays installed in vented chamber. Product layer with height 10 to 30 mm is heated by double-sided continuous infrared radiation at wavelength 1.5 to 3.0 μm , under heat flux density 2.8 to 3.1 kW/m^2 till surface temperature achieves 52 ± 1

$^{\circ}\text{C}$ or 55 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ during 10 to 16 or 8 to 12 minutes, respectively. Then materials are cooled to temperature 41 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ by means of periodic longitudinal air blowing of duration 0.3 minutes at rate of 0.7 to 1 m/s.

EFFECT: invention provides considerable reduction of power consumption and process time.

1 cl, 2 ex

R U 2 5 9 5 1 4 6 C 1

R U 2 5 9 5 1 4 6 C 1

Изобретение относится к области обработки пищевых продуктов, в частности к сушке обезвоживанием посредством инфракрасного облучения, и предназначено для сушки высоковлажной зелени: кинзы, петрушки, сельдерея, укропа и лекарственных трав.

5 Уровень данной области техники характеризует способ сушки продуктов растительного происхождения по патенту RU 2216257 C2, A23L 3/54; A23B 7/02, 2003 г., который содержит подготовку материала, включающую мойку сырья, его измельчение и укладку на сетчатые поддоны, которые устанавливают на бесконечный конвейер туннельной камеры сушки, оснащенной продольным вентилятором и распределенными
10 вдоль конвейера трубчатыми нагревателями инфракрасного излучения.

Способ характеризуется импульсным режимом нагрева-охлаждения: облучением длиной волны 3,7-4,5 мкм, на которой находится максимум поглощающей способности
15 высушиваемого продукта, в течение 11-13 минут с плотностью теплового потока 4,5-8,5 кВт/м² и последующим конвективным охлаждением поверхности слоя (при выключенных излучателях), обеспеченной продувкой холодного воздуха для вытеснения свободной влаги с поверхности высушиваемого продукта, после чего продукт вновь обдувают воздухом, нагретым до температуры 45-55°C, для съема выступившей на
20 поверхность влаги и ее выноса за пределы сушильной камеры.

При этом описанный цикл повторяют до достижения влажности продукта 12-13%.
20 Недостатками известного способа являются следующие.

Импульсное облучение растительного материала инфракрасным излучением (ИКИ) на длине волны 3,7-4,5 мкм характеризуется замедленным нагревом всего материала до температуры 61-68°C, что ухудшает качество готового продукта из-за распада
25 витаминов группы В и С, потери микроэлементов, карамелизации сахаров и т.д.

Конвективной продувкой (при выключенном ИКИ) холодным воздухом в течение 1-3 минут продукт охлаждается до 27-41°C, что определяет повышение энергозатрат на последующий разогрев обрабатываемого материала.

Унос выпаренной влаги горячим воздухом с температурой 45-55°C в течение 6 минут со скоростью 2 м/с приводит к перегреву слоя материала при последующем облучении
30 ИКИ, что определяет существенную потерю качества готового продукта.

Цикл обработки «нагрев-охлаждение» составляет 20 минут, который повторяют еще дважды до достижения влажности 12-13% (влажность в сухом продукте 14-15 кг вл./кг абс. сух. вещ.).

Низкая температура конвективного охлаждения обрабатываемого материала до
35 27°C продувкой холодным воздухом определяет инерционность последующего разогрева и потерю тепла.

Более совершенным является способ импульсной инфракрасной сушки термолabileльных материалов по патенту RU 2393397 C2, F26B 3/30, 3/06, 2010 г., который по технической сущности и числу совпадающих признаков выбран в качестве наиболее
40 близкого аналога предложенного способа.

Известный способ предусматривает подготовку растительного сырья путем мойки, измельчения и формирования слоя на газопроницаемых сетчатых поддонах.

Сушку ведут в сушильной камере в импульсном режиме «нагрев-охлаждение», при этом нагрев осуществляют инфракрасным излучением с длиной волны в диапазоне 0,8-
45 10 мкм до температуры 40-60°C, а охлаждение до контролируемой температуры 25-35°C обеспечено непрерывной вентиляцией слоя высушиваемого материала воздухом при автоматически отключенных излучателях, при достижении контролируемой температуры нагрева обрабатываемого материала.

Эти операции повторяют кратно до достижения заданной влажности готового продукта, пригодного для длительного хранения.

Однако, помимо достоинств известному способу сушки присущи следующие недостатки.

5 При сушке растительной зелени в широком диапазоне спектра инфракрасного излучения достигаются очень разные результаты: с одной стороны, процесс нагрева всего обрабатываемого материала занимает продолжительное время, а с другой стороны, при температуре 60°C происходит термическое разрушение витаминов, микроэлементов, биологически активных и других веществ, в готовом продукте теряются
10 нативные свойства исходного сырья

Кроме того, циклическое охлаждение обрабатываемого материала (при отключенных источниках ИКИ) до температуры 25-35°C требует дополнительной затраты энергии на последующий нагрев до температуры выпаривания структурной влаги, которая достигается периодическим реверсивным включением источников ИКИ,
15 характеризующихся большой инерционностью, увеличивая тем самым длительность технологического процесса.

Технической задачей, на решение которой направлено настоящее изобретение, является оптимизация частоты инфракрасного излучения для сокращения длительности процесса сушки на более низких температурах нагрева, при меньшей температуре
20 конвекционного теплообмена, для повышения эффективности процесса сушки с минимальными энергозатратами, то есть интенсификация инфракрасной сушки высоковлажных растительных материалов, в которых сохраняются нативные свойства.

Требуемый технический результат достигается тем, что в известном способе инфракрасной сушки термолабильных материалов, преимущественно овощной зелени
25 и лекарственных трав, предварительно помытых, измельченных и уложенных слоем на газопроницаемых поддонах, установленных в вентилируемой камере, путем инфракрасного нагрева и кратной продувки воздухом поверхности слоя до достижения заданной влажности, согласно изобретению нагрев слоя обрабатываемого продукта высотой 10-30 мм осуществляют двухсторонним непрерывным инфракрасным
30 облучением на длине волны 1,5-3,0 мкм при плотности теплового потока 2,8-3,1 кВт/м² до температуры поверхности 52±1°C или 55±1°C в течение времени 10-16 или 8-12 минут соответственно, с последующим охлаждением до температуры 41±1°C посредством периодической продольной продувки воздуха длительностью 0,3 минуты со скоростью 0,7-1 м/с.

35 Отличительные признаки предложенного режима дифференцированного по температуре и длительности инфракрасного нагрева (в зависимости от толщины слоя и вида растительного материала) при многократно повторяющейся замедленной конвективной продувке высушиваемого слоя воздухом до контролируемой температуры охлаждения повысили качество готового продукта, в котором сохраняются нативные
40 свойства, обеспечив значительное сокращение энергозатрат и технологического времени.

Изобретение позволило направить лучистую энергию ИКИ с оптимизированной длиной волны на локальный нагрев структурной влаги обрабатываемого растительного материала, который при этом сам заметно не нагревается, чем обеспечена эффективность
45 динамичной сушки различных овощных и лекарственных материалов.

Предложенный режим сушки растительного продукта посредством инфракрасного нагрева с оптимизированной длиной волны излучения, совмещенного с кратным обдувом поверхности обрабатываемого слоя воздухом, обеспечил необходимые
градиенты температуры и влагосодержания по высоте слоя высушиваемого продукта,

совпадающие по направлению к его поверхности.

Двухсторонний подвод энергии посредством инфракрасного излучения с оптимизированной длиной волны по определению позволяет интенсифицировать процесс сушки влагонасыщенного материала.

5 Выбор длины волны ИКИ 1,5-3,0 мкм продиктован тем, что она соответствует резонансной частоте собственных колебаний молекул воды, что существенно облегчает процесс выпаривания структурной влаги из обрабатываемого растительного сырья, которое при этом заметно не нагревается.

10 Относительно невысокая плотность теплового потока в диапазоне 2,8-3,1 кВт/м² выбрана из условия интенсивного нагрева структурной влаги и минимизации времени сушки растительного материала в слое 10-30 мм при температуре 51-56°C.

Скорость продувки воздуха над слоем измельченного растительного сырья в диапазоне 0,7-1 м/с оптимизирована экспериментальным путем из условия максимального уноса выпаренной на поверхность влаги без захвата мелких частиц обрабатываемого материала.

Предложенные по изобретению технологические режимы и параметры были рассчитаны по математической модели планирования эксперимента и нашли подтверждение при опробовании послойной сушки растительного сырья посредством его нагрева инфракрасным излучением с сопутствующим циклическим охлаждением продувкой поверхности слоя воздухом на различных сельскохозяйственных и лекарственных материалах.

Особенностью способа по изобретению является то, что структурная влага под воздействием градиента температур в слое продукта перемещается по направлению теплового потока вовнутрь, что приводит к повышению влагосодержания в середине слоя при двухстороннем подводе ИКИ к растительному материалу, уложенному на металлической сетке поддонов.

Одновременно с этим происходит испарение влаги с обеих нагретых поверхностей, что, в свою очередь, увеличивает градиент влагосодержания, направленный к центру слоя.

30 При этом поток влаги под действием градиента влагосодержания направлен к поверхностям слоя.

При достижении установленной температуры на поверхности слоя (51-53 или 54-56°C) автоматически включается вентилятор для обдува воздухом слоя продукта со скоростью 0,7-1 м/с, охлаждая его в течение 0,3 минуты до температуры поверхности 40-42°C, в результате чего возникает перепад температур снаружи и внутри слоя.

Более низкая температура охлаждения продукта приведет к увеличению продолжительности процесса сушки и затрат энергии на последующий нагрев продукта до технологически заданной температуры.

40 Скорость продольной продувки воздуха оптимизирована для интенсивного уноса с поверхности слоя выпаренной влаги за минимальное время, чтобы не переохладить высушиваемый материал, исключив тем самым непроизводительные затраты энергии на последующий нагрев ИКИ до технологически установленной температуры сушки.

Градиент температур при обдуве слоя продукта воздухом направлен с поверхности в глубину, что вызывает поток влаги к поверхности продукта за счет термовлагопроводности.

Чем больше разность температур между глубинным объемом продукта и его поверхностью (выше температурный градиент), тем сильнее напор влаги из глубины продукта на его поверхность.

Таким образом, автоматически посредством саморегуляции термодинамического процесса происходит интенсификация процесса удаления влаги; при малом градиенте влагосодержания, который обеспечивается плотностью теплового потока $2,8-3,1 \text{ кВт/м}^2$, получают в итоге высокие показатели качества, в частности сохранив от распада витамин С, микроэлементы и биологически активные вещества.

Следовательно, каждый существенный признак необходим, а их совокупность в устойчивой взаимосвязи являются достаточными для достижения новизны качества, неприсущей признакам в разобщенности, то есть поставленная в изобретении техническая задача решена не суммой эффектов, а новым сверхэффектом суммы признаков.

Проведенный сопоставительный анализ предложенных взаимосвязанных технических решений с выявленными аналогами уровня техники показал, что они неизвестны, а с учетом возможности промышленной сушки растительного сырья в действующем оборудовании с автоматическим управлением режимами можно сделать вывод об их соответствии критериям патентоспособности.

Сущность предложенного способа поясняется примерами технологии по сушке зелени петрушки и кинзы, режимы которых лишь иллюстрируют реализацию изобретения и не ограничивают объема притязаний совокупности существенных признаков формулы.

Пример 1

Зелень петрушки предварительно моют, измельчают и укладывают на сетчатые поддоны с ячейей 1-2 мм слоем высотой 10, 20 или 30 мм.

Затем поддоны устанавливают на бесконечный транспортер сушильной камеры проходного типа, где продольно с обеих сторон установлены инфракрасные трубчатые излучатели, керамическое покрытие которых при нагреве излучает на длине волны 1,5-3,0 мкм.

Растительный материал в сушильной камере нагревают тепловым потоком $2,8 \text{ кВт/м}^2$ до температуры $(51-53)^\circ\text{C}$ в течение 11,8; 13,6 и 15 минут соответственно указанным высотам слоя, при этом время четырехкратного нагрева до продувки воздуха со скоростью 0,7-1 м/с в течение 20 с в первых двух опытах составляет 2,65 и 3,1 минуты, а в третьем - 2,7 минуты при пятикратном цикле нагрева.

Технологическое время обработки по предложенному способу листьев петрушки слоем 10, 20 и 30 мм при нагреве до температуры $(54-56)^\circ\text{C}$ тепловым потоком $3,1 \text{ кВт/м}^2$ инфракрасного излучения длиной волны 1,5-3,0 мкм составило 10,2; 11,8 и 13 минут соответственно, включая циклическое охлаждение продувкой воздуха длительностью 0,3 минуты со скоростью 0,7-1 м/с.

При этом время инфракрасного нагрева до установленной температуры и последующей автоматически включаемой продувки воздуха в каждом цикле соответственно составило для слоя 10 мм 3,1 минуты (три повтора), для слоя 20 мм 2,65 минуты, а для слоя 30 мм - 2,95 минуты, при четырехкратном цикле в обоих случаях.

Пример 2

Кинзу предварительно моют, измельчают и укладывают на сетчатые поддоны слоем высотой 10, 20 или 30 мм.

Затем поддоны устанавливают на бесконечный транспортер сушильной камеры с двухсторонним подводом ИКИ на длине волны 1,5-3,0 мкм.

Кинзу в сушильной камере нагревают тепловым потоком $2,8 \text{ кВт/м}^2$ до температуры $(51-53)^\circ\text{C}$ в течение 14, 15 и 16 минут соответственно указанным высотам слоя, при этом время пятикратного нагрева до продувки воздуха составляет 2,5; 2,7 и 2,9 минуты

в каждом опыте последовательно.

Технологическое время, включая периодическое охлаждение продувкой воздуха со скоростью 0,7-1 м/с длительностью 0,3 минуты, при инфракрасном нагреве слоев кинзы высотой 10, 20 и 30 мм до температуры поверхности (54-56)°С тепловым потоком 3,1 кВт/м² составило 11,5; 12,5 и 13,5 минут соответственно, в том числе на нагрев в каждом цикле 2; 2,2 и 2,4 минуты соответственно.

Таким образом, при оптимизированных режимах послойной сушки растительного продукта, посредством нагрева поверхности инфракрасным излучением в щадящем режиме до заданной температуры и циклическим ее обдувом воздухом, за 8-14 минут обработки обеспечивается в готовом высушенном продукте конечное влагосодержание 14-15 кг вл./кг абс. сух. вещ. (влажность 12-13%).

Положительные результаты опытной проверки предложенного способа сушки овощной зелени и лекарственных трав позволяют рекомендовать его для промышленной серийной реализации в действующем оборудовании.

Формула изобретения

Способ сушки термолабильных материалов, преимущественно овощной зелени и лекарственных трав, предварительно помытых, измельченных и уложенных слоем на газопроницаемых поддонах, установленных в вентилируемой камере, путем инфракрасного нагрева и кратной продувки воздухом поверхности слоя до достижения заданной влажности, отличающийся тем, что нагрев слоя продукта высотой 10-30 мм осуществляют двухсторонним непрерывным инфракрасным облучением на длине волны 1,5-3,0 мкм при плотности теплового потока 2,8-3,1 кВт/м² до температуры поверхности 52±1°С или 55±1°С в течение времени 10-16 или 8-12 минут соответственно, с последующим охлаждением до температуры 41±1°С посредством периодической продольной продувки воздуха длительностью 0,3 минуты со скоростью 0,7-1 м/с.