

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2584612

### СПОСОБ СУШКИ ВЫСОКОВЛАЖНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

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 № 2015106698

Приоритет изобретения 26 февраля 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 25 апреля 2016 г.

Срок действия патента истекает 26 февраля 2035 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Излиев





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015106698/13, 26.02.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.02.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.02.2015

(45) Опубликовано: 20.05.2016 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2216257C2, 20.11.2003. SU  
785615A1, 07.12.1980. RU 2043585, 10.09.1995.

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 ВЫСОКОВЛАЖНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ**

(57) Реферат:

Способ предусматривает мойку растительных продуктов, мерную резку и укладку слоем на сетчатые поддоны, которые устанавливают на бесконечный транспортер сушильной камеры. Проводят распределенный подвод тепловой энергии посредством двухстороннего инфракрасного излучения оптимизированной длины волны и сопутствующую конвективную продувку поверхности слоя воздухом, причем этот циклкратно повторяют до достижения

влажности готового продукта 12-13%. Нагрев осуществляют непрерывным инфракрасным излучением на длине волны 1,5-3,0 мкм с плотностью теплового потока 3,5-3,8 кВт/м<sup>2</sup> при сопутствующей дискретной конвективной продувке воздухом поверхности слоя. Изобретение обеспечивает повышение качества сухого продукта при сокращении энергозатрат и времени обработки. 2 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*A23L* 3/40 (2006.01)  
*F26B* 3/30 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015106698/13, 26.02.2015

(24) Effective date for property rights:  
26.02.2015

Priority:

(22) Date of filing: 26.02.2015

(45) Date of publication: 20.05.2016 Bull. № 14

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 informacionnykh  
tekhnologij, mekhaniki i optiki" (Universitet  
ITMO) (RU)

(54) **METHOD OF DRYING HIGH-MOISTURE PLANT PRODUCTS**

(57) Abstract:

FIELD: food industry.

SUBSTANCE: method involves washing of plant products, measuring cutting and laying on mesh trays arranged on endless conveyor of drying chamber. Distributed thermal power is fed by means of double-sided infrared radiation with optimised wavelength and accompanying convective layer surface blowing by air, besides, wherein cycle is multiple repeated till ready product moisture content reaches 12-13 %. Heating is

performed by continuous infrared radiation at wavelength of 1.5-3.0 m $\mu$ m with heat flow density of 3.5-3.8 kW/m<sup>2</sup> at accompanying discrete convective blowing with air surface layer.

EFFECT: invention enables higher quality of dry product with reduced power consumption and processing time.

1 cl, 2 ex

RU 2 584 612 C1

RU 2 584 612 C1

Изобретение относится к радиационной сушке растительных продуктов с помощью инфракрасного излучения и сопутствующим конвективным теплообменом посредством продуваемого воздуха и может применяться для инфракрасной сушки термолабильных высоковлажных материалов, преимущественно овощных продуктов: моркови,

5 топинамбура, корня сельдерея, лука репчатого и др.

Уровень данной области техники характеризует способ сушки высоковлажных материалов, описанный в патенте RU 2043585 C1, F26B 3/30, 1995 г., содержащий нагрев сформированного слоя продукта инфракрасным излучением (ИКИ) в импульсном

10 режиме в диапазоне 2-10 мкм с плотностью теплового потока 4,5-8,5 кВт/м<sup>2</sup> до достижения температуры материала 0,8-0,9 его предельной температуры сушки - 76°C и последующее охлаждение до температуры 30-46°C посредством обдува воздухом поверхности слоя от вентилятора, при повторении технологического перехода нагрев-охлаждение до достижения остаточной влажности 8%.

Использование для нагрева растительного материала инфракрасного лучистого

15 потока, обладающего высокой проникающей способностью, позволяет осуществить прогрев слоя на максимальную глубину с одинаковой температурой, после достижения которой источники инфракрасного излучения автоматически отключают, то есть излучатели работают в осциллирующем режиме.

При этом включают вентиляторы, подающие на нагретый слой продукта поток

20 воздуха, охлаждающего его с поверхности, в результате чего в нем образуется градиент температур, который направлен из глубины материала на его поверхность, что соответствует направлению вектора влагонапора из глубинных слоев материала на его поверхность, куда поступает свободная влага, которая выносится продуваемым

25 потоком воздуха из сушильной камеры. Недостатком описанного способа сушки является высокая предельная температура выключения инфракрасных излучателей (61-68°C), при которой происходит денатурация белков и распад витаминов.

Кроме того, овощной материал в слое нагревается неравномерно при одностороннем

30 подводе теплоты, что снижает производительность из-за вынужденного снижения высоты обрабатываемого слоя, чтобы не допустить перегрева материала или повышенной влажности части готового продукта, непригодного к хранению.

Отмеченные недостатки устранены в способе сушки продуктов растительного

35 происхождения по патенту RU 2216257 C2. A23L 3/54; A23B 7/02, 2003 г., который по технической сущности и числу совпадающих признаков выбран в качестве наиболее близкого аналога предложенному способу.

Известный способ содержит подготовку растительного материала, включающую

40 его мойку, измельчение и формирование слоя, уложенного на сетчатые поддоны, которые устанавливают на бесконечный транспортер сушильной камеры, где продольно установлены инфракрасные излучатели и вентиляторы, направленные вдоль поддонов с обрабатываемым материалом.

Процесс сушки заключается в импульсном режиме нагрев-охлаждение, по которому

45 нагрев проводят двухсторонним инфракрасным облучением длиной волны 3,7-4,5 мкм, соответствующей максимальной поглощающей способности растительных материалов, с плотностью потока 4,5-8,5 кВт/м<sup>2</sup> в течение 11-13 минут до достижения заданной температуры обрабатываемого продукта, после чего поверхность слоя продукта охлаждают посредством обдува воздухом для интенсивного вытеснения свободной

Холодный воздух продувают в течение 1-3 минут, охлаждая продукт до температуры

34-41°C, после чего подают на 6 минут поток горячего воздуха с температурой 45-55°C для эффективного выноса влаги с поверхности слоя продукта.

Описанный цикл длительностью 20 минут последовательных действий повторяют дважды, чтобы в течение 1 часа сушки достичь влажности продукта 12-13%.

5 Недостатком известного способа является то, что при облучении растительного материала инфракрасным излучением с длиной волны 3,7-4,5 мкм происходит перегрев всего продукта в слое, качество которого при этом ухудшается, так как происходит распад витаминов группы В и С, потеря микроэлементов, карамелизация сахаров и др.

10 Конвективной продувкой холодным воздухом (при выключенном ИКИ) продукт сильно охлаждается, что определяет повышение энергозатрат на последующий его технологический разогрев до установленной температуры сушки.

15 Непрерывная вентиляция поверхности слоя обрабатываемого материала вынуждает увеличивать тепловой поток, но при этом нарушается распределение температуры по высоте слоя из-за преобладания конвективного теплообмена с присущей разнонаправленностью градиентов температуры и влагосодержания, что тормозит процесс сушки.

20 Многократная перекоммутация инфракрасных излучателей усложняет технологический процесс, который характеризуется повышением затрат энергии из-за инерционности разогрева обрабатываемого материала в объеме для выпаривания структурной влаги.

Унос выпаренной влаги потоком горячего воздуха со скоростью 2 м/с приводит к перегреву продукта до температуры выше 60°C при последующем инфракрасном облучении в средневолновом диапазоне, что приводит к существенным потерям качества и зачастую к неприемлемости этой технологии сушки.

25 Технической задачей, на решение которой направлено настоящее изобретение, является усовершенствование известного способа сушки высоковлажных растительных материалов для предотвращения его технологического перегрева, при локальном воздействии на структурную влагу и дифференцированном охлаждении с поверхности слоя продувкой воздухом, обеспечив максимальное сохранение в готовом продукте 30 нативных свойств растительного материала, определяющих его повышенное качество и полезность при употреблении в пищу или для профилактики и лечения.

35 Требуемый технический результат достигается тем, что в известном способе сушки высоковлажных растительных продуктов, содержащем их мойку, мерную резку и укладку слоем на сетчатые поддоны, которые устанавливают на бесконечный 40 транспортер сушильной камеры, где проводят распределенный подвод тепловой энергии посредством двухстороннего инфракрасного излучения оптимизированной длины волны, и сопутствующую конвективную продувку поверхности слоя воздухом, причем этот цикл кратно повторяют до достижения влажности готового продукта 12-13%, согласно изобретению нагрев материала в слоях осуществляют непрерывным инфракрасным излучением на длине волны 1,5-3,0 мкм с плотностью теплового потока 3,5-3,8 кВт/м<sup>2</sup> при дискретной конвективной продувке воздухом поверхности слоя 45 длительностью 0,3 минуты со скоростью 0,3-0,4 м/с и постоянным шагом в каждом цикле, равным последовательно 5, 4, 3 и 1,8 минуты.

Отличительные признаки предложенного технического решения обеспечили 45 повышение качества сухого продукта, в котором сохраняются нативные свойства, при значительном сокращении энергозатрат и технологического времени за счет предложенного дифференцированного по температуре и длительности режима нагрева обрабатываемого слоя продукта инфракрасным излучением (в зависимости от толщины

слоя и вида продукта) при многократно повторяющейся конвективной продувке слоя воздухом до контролируемой температуры охлаждения в каждом цикле «нагрев-охлаждение».

5 Длительность циклов нагрева ИКИ - конвективное охлаждение слоя и число повторений продольных продувок воздухом в каждом цикле, при выбранных параметрах и режимах обработки, был рассчитан по математической модели планирования эксперимента для решения поставленной в изобретении технической задачи.

10 Выбор длины волны инфракрасного излучения в диапазоне 1,5-3,0 мкм обусловлен тем, что она соответствует резонансной частоте собственных колебаний молекул воды для максимального уноса выпариваемой структурной влаги с поверхности слоя без потери нативных свойств обрабатываемого материала.

15 При нагреве слоя материала ИКИ длиной волны 1,5-3,0 мкм резонанс указанных частот обеспечивает минимум затраченной энергии на механический отрыв влаги от структуры вещества, что интенсифицирует выпаривание влаги при незначительном нагреве самого обрабатываемого материала.

Многократная в каждом цикле кратковременная (0,3 минуты) продольная продувка воздуха с минимизированной скоростью 0,3-0,4 м/с обеспечивает унос выпаренной влаги с поверхности слоя, нагретой до температуры  $55\pm 1^\circ\text{C}$ , при которой сохраняются свойства, регламентированные ГОСТ Р 52622-2006.

20 Ограничение используемого теплового потока инфракрасного излучения в диапазоне 3,5-3,8 кВт/м<sup>2</sup> обусловлено тем, что при значении ниже минимального резко увеличивается время нагрева материала до заданной технологической температуры и уменьшается испарение из-за снижения градиента температур по высоте слоя, а при 25 плотности теплового потока ИКИ выше 3,8 кВт/м<sup>2</sup> поверхность пересушивается, в результате чего происходит термодеструкция материала.

30 Следовательно, каждый существенный признак необходим, а их совокупность в устойчивой взаимосвязи является 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.

35 Способ по изобретению характеризуется тем, что структурная влага обрабатываемого материала при двухстороннем инфракрасном облучении слоя на оптимизированной частоте перемещается по направлению теплового потока вовнутрь под воздействием градиента температур, что приводит к повышению влагосодержания в середине слоя.

При этом интенсивно происходит испарение структурной влаги растительного сырья, увеличивая в нем градиент влагосодержания в слое, направленный к центру, а поток влаги направлен к поверхностям слоя.

40 При достижении на поверхности слоя контролируемой температуры  $55\pm 1^\circ\text{C}$  автоматически включается вентилятор для обдува воздухом слоя продукта со скоростью 0,3-0,4 м/с, охлаждая его в течение 0,3 минуты до температуры поверхности  $41\pm 1^\circ\text{C}$ , в результате чего возникает перепад температур снаружи и внутри слоя.

45 Выбранная температура охлаждения посредством продольной конвективной продувки воздуха обеспечивает унос с поверхности слоя выпаренной влаги при минимальном увеличении технологической длительности процесса сушки и без заметного увеличения затрат энергии на последующий разогрев обрабатываемого материала.

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 тепловой

энергии на последующий нагрев ИКИ до технологически установленной температуры сушки.

Градиент температур при обдуве слоя продукта воздухом направлен с поверхности в глубину, что не совпадает с направлением вектора выхода свободной влаги из нагреваемого продукта на его поверхность.

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  $3,5-3,8 \text{ кВт/м}^2$ , в итоге получают высокие показатели качества, в частности сохраняются от распада витамины группы В и С, микроэлементы и биологически активные вещества.

Сущность изобретения иллюстрируют примеры сушки разных растительных продуктов, которые не ограничивают объема притязаний совокупности признаков формулы.

Пример 1.

Сушка моркови, предварительно помытой и нашинкованной размером 2-3 мм, которая уложена в сетчатые поддоны слоями 15, 25 и 35 мм.

Поддоны устанавливаются на бесконечный транспортер туннельной камеры, в которой с обеих сторон распределены инфракрасные излучатели, выполненные в форме кварцевых трубок с керамическим покрытием, внутри которых размещена связанная с источником питания нить накаливания.

При нагреве функциональное керамическое покрытие излучает лучистую энергию длиной волны  $1,5-3,0 \text{ мкм}$  с тепловым потоком  $3,5 \text{ кВт/м}^2$ .

Камера оснащена средством вентиляции для продольной продувки воздухом со скоростью  $0,3-0,4 \text{ м/с}$  поверхности слоев обрабатываемого материала.

Морковь в исходном состоянии имеет влагосодержание  $515-631 \text{ кг вл. /кг абс. сух веш.}$ , которое в результате предложенного режима инфракрасной сушки с сопутствующим дискретным кратковременным конвективным теплообменом посредством многократной продольной продувки воздуха относительно поверхности обрабатываемого слоя материала должно быть снижено до  $14-15 \text{ кг/кг}$  в готовом сухом продукте.

Первый этап сушки ИКИ с тепловым потоком  $3,5 \text{ кВт/м}^2$  (в соответствии с высотой слоев): - продольная продувка воздухом с шагом 5 минут нагрева шестикратно; - с шагом 5 минут восьмикратно и с шагом 5 минут девятикратно.

Средний унос влаги в цикле составляет  $24 \text{ кг/кг}$ ,  $27 \text{ кг/кг}$  и  $29 \text{ кг/кг}$  соответственно по слоям 15, 25 и 35 мм.

При этом общее сокращение влагосодержания от совокупного действия ИКИ и конвективного теплообмена первого этапа последовательно составляет  $144$ ,  $216$  и  $261 \text{ кг/кг}$ .

Далее тепловой поток инфракрасного облучения установлен равным  $3,8 \text{ кВт/м}^2$  для всех слоев обрабатываемой моркови.

Второй этап: четырехкратная продувка с шагом инфракрасного облучения 4 минуты. Снижение влагосодержания -  $208 \text{ кг/кг}$

Третий этап: трехкратная продольная продувка обрабатываемых слоев воздухом с шагом инфракрасной обработки три минуты. Снижение влагосодержания -  $114 \text{ кг/кг}$ .

Четвертый этап: двукратная продувка воздуха через 1,8 минуты (110 с). Снижение влагосодержания - 34 кг/кг.

Общее время сушки шинкованной моркови составило 63-79 минуты.

Пример 2.

5 Сушка шинкованного корня сельдерея с исходным влагосодержанием 180-220 кг/кг. Высота слоев обрабатываемого материала составила 10, 20 и 30 мм. Тепловой поток ИКИ - 3,8 кВт/м<sup>2</sup>.

10 Первый этап. При среднем уносе влаги за цикл 3,2 кг/кг с шагом продувки 5 минут, соответственно высоте слоя, потеря влагосодержания составила: 12,8 кг/кг при четырехкратной продувке; 16 кг/кг при пятикратной продувке и 19,2 при шестикратной продувке.

Второй этап. Шаг продувки составляет 4 минуты. Потеря влагосодержания по всем слоям равная - 102 кг/кг при двукратной продувке.

15 Третий этап. Шаг продувки - 3 минуты. При среднем уносе влаги за цикл 3,9 кг/кг, соответственно по высоте слоя, потеря влагосодержания составила: 27,3 кг/кг при семикратной продувке; 31,2 кг/кг при восьмикратной продувке и 35,1 кг/кг при девятикратной продувке.

20 Четвертый этап. Шаг продувки - 1,8 минуты (110 с). При среднем уносе влаги за цикл 12 кг/кг, соответственно по высоте слоя, потеря влагосодержания составила 24 кг/кг при двукратной продувке; 36 кг/кг при трехкратной продувке и 48 кг/кг при четырехкратной продувке.

Общее время сушки шинкованного корня сельдерея до конечного влагосодержания 14-15 кг/кг (влажность примерно 12-13%) составило 57-79 минут.

25 Сравнение предложенного технического решения с ближайшими аналогами уровня техники не выявило идентичного совпадения совокупности существенных признаков изобретения.

30 Предложенные отличия ручного способа инфракрасной сушки, совмещенной с конвективной продольной продувкой воздуха, не являются очевидными для специалиста по термической обработке пищевых и растительных материалов, которые прямо не следуют из постановки технической задачи.

Практическую реализацию предложенного способа возможно осуществлять на действующем оборудовании пищевого производстве, в туннельной камере, оснащенной бесконечным транспортером с распределенными с обеих сторон ИКИ средствами продольной вентиляции.

35 Из вышесказанного можно сделать вывод о соответствии изобретения условиям патентоспособности.

#### Формула изобретения

40 Способ сушки высоковлажных растительных продуктов, содержащий их мойку, мерную резку и укладку слоем на сетчатые поддоны, которые устанавливаются на бесконечный транспортер сушильной камеры, где проводят распределенный подвод тепловой энергии посредством двухстороннего инфракрасного излучения оптимизированной длины волны и сопутствующую конвективную продувку поверхности слоя воздухом, причем этот цикл кратно повторяют до достижения влажности готового  
45 продукта 12-13%, отличающийся тем, что нагрев материала в слоях осуществляют непрерывным инфракрасным излучением на длине волны 1,5-3,0 мкм с плотностью теплового потока 3,5-3,8 кВт/м<sup>2</sup> при сопутствующей дискретной конвективной продувке воздухом поверхности слоя длительностью 0,3 минуты со скоростью 0,3-0,4 м/с и

постоянным шагом в каждом цикле, равным последовательно 5, 4, 3 и 1,8 минуты.

5

10

15

20

25

30

35

40

45