

М.А. Смирнов, И.А. Бакин

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВО ВЗВЕШЕННОМ СЛОЕ

Разработан способ и компактная, высокопроизводительная и экономичная установка для сушки и обеззараживания сырья растительного происхождения. Способ заключается в кратковременной термической обработке предварительно измельченного растительного сырья в фонтанирующем слое. Новизной предлагаемой идеи является использование инновационного технологического метода взаимодействия двухфазной твердой и газообразной системы в цилиндрикоконическом аппарате во взвешенном состоянии, что позволяет использовать более высокие температуры сушильного агента и предотвращать термическое повреждение и агломерацию продукции. Предложенный способ позволяет качественно обеззараживать растительное сырье от микробной и другой патогенной обсемененности с сохранением его полезных свойств.

Растительное сырье, обеззараживание, сушка, взвешенный слой, термообработка.

Основными направлениями государственной политики в области здорового питания для обеспечения безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья предусматривается решение задачи максимального сохранения их пищевой ценности и качества за счет применения современных технологий и оборудования, исключающих возможности бактериального и физического загрязнения. Потребность в разработке современных технологий обеззараживания растительного сырья приводит к необходимости поиска и применению эффективных методов обработки и аппаратов для качественного проведения процесса с сохранением полезных свойств продукции.

Высушенные растения и их части используются для изготовления лекарственных препаратов, а также для производства биологически активных добавок к пище. В них содержатся пищевые, минорные, про- и пребиотические природные биологически активные вещества, обеспечивающие организм человека при употреблении их с пищей или в составе пищевых продуктов [1]. Активные и лекарственные вещества в клетках растений образуются под дей-

В последнее время в России наряду с существенным сокращением объемов сбора растительного сырья обостряется проблема снижения его качества, обусловленная уменьшением работ по защите растений от болезней, вредителей и сорняков и отсутствием условий и оборудования для их первичной обработки. Растительное сырье загрязняется патогенными микроорганизмами на всех этапах заготовки и хранения: сбора, первичной обработки, сушки, измельчения и упаковки [2]. Неблагоприятное воздействие оказывают влажность, пыль, насекомые и другие факторы, повышающие микробное обсеменение и приводящие к порче сырья. Микроорганизмы могут находиться на поверхности или внутри различных частей растений, их корней, семян, плодов. Фитопатогенные микроорганизмы вызывают болезни растений, изменение их цвета и консистенции, загнивание и плесневение, в результате чего снижается содержание активных веществ, сырье становится недоброкачественным. Поэтому сложившаяся ситуация требует использования инновационных технологических методов воздействия на

вию ферментов, которые разрушаются при нагреве до 40÷60 °С. Действующие вещества при такой температуре не изменяются, поэтому термообработку растительного сырья необходимо проводить за короткий период времени. Листья растений могут содержать сильнодействующие вещества (алкалоиды), острые вещества со слабительным действием, эфирные масла (листья перечной мяты, Melissa), вязкие и слизистые вещества (листья мать-и-мачехи и др.), поэтому для их сохранности температуру в специальных сушилках при длительном процессе рекомендуется поддерживать в диапазоне от 30 до 45 °С. Листоносные и цветоносные стебли растений (травы) высушиваются в конвективных сушилках при той же температуре. Для трав, содержащих эфирные масла, рекомендуется уменьшать температуру во избежание улетучивания масел. В ходе процесса сушки контролируемым параметром является время для исключения недосушки или пересушки растений. Правильно высушенный растительный материал должен сохранять свойственные ему цвет, запах и вкус [2].

микрофлору растительного сырья. Кроме того, для отраслей пищевой и химико-фармацевтической промышленности необходимы такие технологические приемы, которые наряду с эффективным обеззараживанием обеспечат сохранение полезных свойств растений.

Для обеззараживания растительного сырья применяются различные методы: химические, биологические и физические, включающие в себя лучевые и термические. Широко используемый химический метод зачастую небезопасен для организма человека, требует тщательного санитарно-гигиенического контроля продукции растениеводства, а отклонение от технологии приводит к значительному снижению эффективности обеззараживания [1]. Обработка УФ-лучами достаточно технологична и экономична на этапе первичной обработки, однако в связи с тем, что бактерицидное воздействие реализуется лишь на глубине 1 мм для светонепроницаемых веществ, требуется обеспечить дисперсное состояние сырья и его непрерывное перемешивание, поэтому для растений используется редко. Перспективным спосо-

бом борьбы с микроорганизмами является метод обработки ионизирующим излучением, обладающим высокой проникающей способностью. Метод позволяет качественно провести процесс, однако существующее оборудование не имеет отечественных аналогов, дорогостоящее, требует специальных мер соблюдения безопасности, поэтому практически не используется для обеззараживания растительной продукции.

Метод обработки в электромагнитном поле сверхвысокой частоты, сочетающий воздействие двух полей – электромагнитного и теплового, является безопасным и технологичным. Явления, наблюдаемые при воздействии СВЧ-энергии на ткани, имеют в основном тепловой характер [3]. Принцип микроволнового воздействия основан на том, что под действием СВЧ-поля тепло образуется во всем объеме сырья, благодаря чему влага распределяется равномерно от центра к поверхности. Это позволяет устранить влияние процесса термовлагопроводности и сократить время обработки. Под действием СВЧ-нагрева практически мгновенно прекращаются процессы жизнедеятельности и клеточной метаболической активности в растительном материале. В рамках работы по технологии СВЧ-обеззараживания растительного сырья [4] изучена эффективность обработки плодов, корней, травы и листьев. В установке производительностью 20 кг/ч, с объемом рабочей камеры 0,15 м³ образцы обрабатывались при различных режимах, времени, объемах и упаковке. Так, для образцов листьев мяты выявлено, что СВЧ-обработка позволяет не только снизить зараженность сырья микроорганизмами, но и сохранить в нем эфирные масла. Разработанная технология СВЧ-обеззараживания предполагает обработку сырья в количестве 15 кг в пакетах из радиопрозрачного материала в облучательной камере при энергозатратах 30÷60 Вт*ч/кг. Для обеззараживания 10 кг сырья плотностью 0,2÷0,3 г/см³, влажностью 10÷15 % время вывода на стабильный режим составило около 15 минут, а общее время облучения 40÷55 минут. Однако в ходе промышленной эксплуатации выявлена возможность засорения облучателей растительным сырьем, приводящее к нестабильности процесса. Кроме того, для материалов, у которых диаметр поперечного сечения соизмерим с рабочей длиной волн, или с большой диэлектрической проницаемостью для обеспечения равномерности прогрева и исключения перегрева необходимо понижать мощность СВЧ-обработки и увеличивать время обработки.

Наиболее распространенный метод промышленного обеззараживания – термический (инфракрасным излучением, микроволновая технология, конвективный). Конвективный способ основан на передаче тепла высушиваемому продукту за счет энергии нагретого сушильного агента – воздуха. В этом случае достаточно просто аппаратно оформить процесс, продолжительность обработки значительно сокращается, появляется возможность интенсификации процесса. Применение этого метода сдерживает высокая температура теплоносителя, что не позволяет проводить обработку термолabileльных растительных форм на традиционном оборудовании.

Таким образом, существующие методы обеззараживания растительного сырья на основе использования известных способов и оборудования не всегда эффективны, зачастую ухудшают полезные свойства, могут быть опасны для здоровья обслуживающего персонала, имеют сложную технологию, требуют значительных затрат на приобретение оборудования и его эксплуатацию.

В связи с вышеизложенным целью работы является разработка современного способа обеззараживания растительного сырья на основе инновационного технологического метода взаимодействия двухфазной твердой и газообразной системы в аппарате с взвешенным слоем, обеспечивающего микробиологическую стабильность, безопасность, качество и технологические свойства готовой продукции.

Теоретические основы тепломассообмена в процессах обработки пищевого и растительного сырья во взвешенном состоянии и их аппаратное оформление отражены в работах А.В. Лыкова, А.С. Гинзбурга, П.Г. Романкова, Б.С. Сажина, В.И. Леончика, Ю.А. Михайлова, В. Роджерса, Э. Бэра, Э. Вандеберга, К. Матура, Н. Эпштейна, И.Т. Кретова, А.Н. Острикова и других ученых. Внедрение этого прогрессивного технологического метода взаимодействия между твердой и газообразной фазами позволяет значительно интенсифицировать массообменные процессы, автоматизировать и повысить эффективность работы аппаратов [5].

Взвешенный слой образуется в бинарных гетерогенных системах газ – твердое тело при пропускании с определенной скоростью потока менее плотной фазы снизу вверх через слой более плотной фазы (дисперсного материала). В этом случае твердая фаза витает в потоке газа за счет того, что ее вес (сила тяжести) уравнивается силой гидродинамического потока, в результате частицы получают свободу относительного перемещения. Частицы твердого материала перемещаются в потоке легкой фазы, пульсируют, совершают вихревые движения, но не покидают пределов слоя при значительном увеличении линейной скорости газовой фазы вследствие одновременного увеличения порозности, т.е. доли легкой фазы в слое. При пропускании газа через слой дисперсных материалов в зависимости от его скорости возможны следующие режимы:

1) фильтрации – газ при низких скоростях потока фильтруется через слой, не нарушая расположения частиц; при этом перепад давления в слое увеличивается с ростом скорости потока;

2) текучести – скорость потока при определенном расходе газа становится достаточной, чтобы поднять твердые частицы от распределительной решетки или входного отверстия. Частицы отделяются друг от друга газом, слой увеличивается в объеме и становится «текучим», т.е. материал начинает течь подобно жидкости;

3) кипения – при дальнейшем увеличении скорости газа количество газовых пузырей в слое и их размеры увеличиваются настолько, что суммарная порозность слоя возрастает пропорционально скорости газа. При этом высота слоя увеличивается, а гидравлическое сопротивление остается неизмен-

ным во всем диапазоне скоростей газа. Частицы материала увлекаются потоком, интенсивно перемешиваются и образуют взвесь. Слой по виду напоминает кипящую жидкость – в нем возникают пузыри газа, которые увеличиваются при подъеме и выталкивают фонтанчики частиц вверх. При дальнейшем увеличении скорости газа пузырьковый режим кипения переходит в агрегатный [6]. Струи газа составляют большую часть объема слоя, становятся непрерывной фазой, в которой плавают, совершают вихревые движения скопления твердых частиц с порозностью, близкой к порозности неподвижного слоя. В слоях по сечению можно выделить зоны с восходящими и нисходящими потоками частиц. В кипящем режиме различают: псевдооживленный, поршневой и фонтанирующий слой;

4) пневмотранспортный – при значительном увеличении скорости газа, рассчитанной на полное сечение аппарата, происходит унос сначала мелких частиц, а затем и всего слоя материала.

С точки зрения гидродинамики сущность процесса псевдооживления объясняется тем, что если через слой измельченного твердого материала, расположенного на поддерживающей перфорированной решетке аппарата, проходит поток псевдооживляющего агента (газа), то состояние слоя оказывается различным в зависимости от скорости этого потока [6]. При увеличении скорости до некоторого первого критического значения происходит обычный процесс фильтрации, при котором твердые частицы неподвижны. Г. Волпицелли [7] дал теоретическое объяснение этого механизма, предположив, что с увеличением скорости газового потока в слое вначале зарождается внутренний фонтан, который далее увеличивается до состояния неустойчивого фонтанирования. Процесс фильтрации газа из внутреннего фонтана через купол из уплотненной твердой фазы подчиняется закону Дарси для невязкого течения через пористую среду. Механизм перехода от неподвижного слоя к фонтанирующему наглядно изображается кривыми перепада давления от скорости газового потока. Для рассмотрения условий существования различных режимов взвешенного слоя необходимо знать: гидравлическое сопротивление слоя (Δp); критическую скорость потока ($w_{кр}$), при которой плотный слой переходит в псевдооживленное состояние; скорость витания ($w_{вит}$), при которой происходит унос частиц из аппарата; порозность слоя (ϵ), которая определяется как доля объема пустот между частицами в общем объеме. Кривая псевдооживления разбивается на ряд характерных участков. В начале процесса перепад давления в слое увеличивается при практически неизменной его высоте. С повышением скорости потока газа гидравлическое сопротивление увеличивается по степенному закону, причем показатель степени n зависит от значения критерия Рейнольдса Re ($n = 1 \div 2$) [5]. При увеличении скорости газа до критической $w_{кр}$ слой увеличивается в объеме и Δp уменьшается. В начале процесса псевдооживления с дальнейшим ростом скорости потока гидравлическое сопротивление остается почти неизменным, а порозность ϵ увеличивается. Пик на кривой псевдооживления Δp в момент

начала фонтанирования связан с перестройкой структуры слоя и необходимостью затрат энергии на преодоление сил сцепления между частицами.

Переход плотного слоя во взвешенный и механизм псевдооживления во многом зависят от конструкции аппарата. В конических и цилиндроконических аппаратах наблюдается высокий пик перепада давления перед началом фонтанирования [5], вызванный эффектом входа газа, обладающего высокой скоростью. В цилиндрических аппаратах за счет прохождения газа через перфорированную распределительную решетку этот скачок Δp незначителен. В работе [6] Горштейн и Мухленов выявили, что для конических аппаратов с углом раствора конуса от 20 до 70° ядро фонтанирующего слоя расширяется по высоте и угол ядра составляет $5-7^\circ$. В случае цилиндрической формы аппарата основное образование фонтанирующего слоя происходит непосредственно над входным отверстием, однако при плоском основании в нижнем участке слоя образуется застойная зона частиц, что приводит к ряду отрицательных явлений. Таким образом, для создания интенсивно движущейся газовой струи и организации перетока частиц из движущихся вблизи стенок колец в ядро фонтанирования необходимо спроектировать аппарат с нижней конической частью слоя. Однако при слишком малом угле конусности фонтанирование может быть неустойчивым, поэтому для большинства материалов предельный угол конуса принимается равным примерно 40° , его конкретное значение зависит от коэффициента внутреннего трения частиц.

Структура фонтанирующего слоя в конических аппаратах определяется схемой циркуляции частиц и неоднородностью областей ядра потока и периферийной зоны. В работе [5], обобщая результаты экспериментальных исследований, предложен механизм циркуляции твердых частиц в фонтанирующем слое, представленный на рис. 1. В случае, когда обмен между ядром и периферией происходит внизу и вверх слоя (схемы *a* и *b*), наблюдается восходящее движение частиц в одной зоне – ядре. При схеме *a* происходит отжатие взвешенного слоя от распределительного устройства, что является более предпочтительным, так как в этом случае отсутствует контакт твердой фазы с решеткой и возможность перегрева частиц. При подмешивании частиц из ядра слоя в периферийную зону по всей высоте аппарата (схема *в*) концентрация частиц выравнивается, в то время как при обратном направлении обмена по высоте (схема *г*) в верхней части аппарата имеется уплотнение.

Режим устойчивого фонтанирования для определенных характеристик твердых материалов во многом достигается за счет оптимальной конструкции распределительного устройства. Общепринято считать [8], что фонтанирование более стабильно, когда входное отверстие для газа несколько меньше нижнего основания конуса. Максимальная высота взвешенного слоя зависит от расположения заслонки в конструкции с сетчатой диафрагмой. На практике для гашения колебаний расхода оживляющий агент вводится в основание слоя через вертикальный участок трубы. Загрузка материала в аппарат обычно

производится двумя способами: захватывание частиц потоком газа до входа в камеру; ввод материала через питатель за счет эффекта всасывания. Второй способ предпочтительнее, так как в этом случае предотвращается истирание твердых частиц, уменьшается возможность спекания и конгломерации, проблема запыленности.

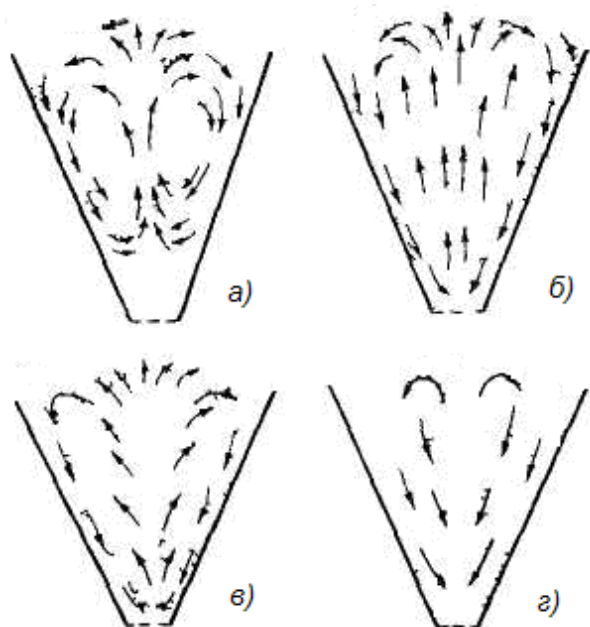


Рис. 1. Схема циркуляции частиц во взвешенном слое в конических аппаратах

Учет механизма циркуляции частиц во взвешенном состоянии при разработке аппарата для обеззараживания растительного сырья необходим в связи с тем, что межфазовый обмен и ход процесса обусловлены неоднородной структурой слоя. При псевдооживлении слоя температура оживающего агента и материала выравнивается на небольшом расстоянии от газораспределительной решетки, и на выходе из слоя температурная разность между отходящим газом и материалом небольшая. В фонтанирующем слое теплообмен между газом и частицами заканчивается на сравнительно небольшом расстоянии от нижнего основания, поскольку скорость газов в ядре значительно больше, чем в периферийной зоне. В ядре частицы нагреваются до более высокой температуры, чем средняя температура слоя, и затем теплота расходуется на нагрев поступающих в аппарат частиц. Таким образом, межфазовый теплообмен в фонтанирующем слое протекает в осциллирующем режиме, при этом увеличиваются значения коэффициентов переноса [5], что способствует интенсификации процесса.

Проектируя аппарат для обеззараживания, следует стремиться к тому, чтобы теплообмен между газом и частицами растительного сырья имел чисто конвективный характер. Данный механизм связан с тем, что во взвешенном слое турбулизирующее действие соседних частиц приводит к интенсификации процессов тепло- и массообмена в сравнении с одиночной частицей. В ходе процесса термообработки в

первые моменты времени после подхода пакета холодных частиц к нагретой поверхности интенсивность теплоотдачи сдерживается лишь термическим сопротивлением тонкой прослойки газа между ею и первым рядом частиц [9]. Затем поднимающиеся пузыри газа подбрасывают прогретые частицы, заменяя их холодными, и процесс повторяется. Чем выше скорость псевдооживления, тем интенсивнее перемешивание частиц и тем больше коэффициент теплоотдачи. При обработке мелких частиц сырья (измельченные листья и травы) значения коэффициентов межфазного тепло- и массообмена являются более высокими по сравнению с крупными частицами (например, корней растений), так как высота активной зоны, в которой происходит тепломассообмен, значительно выше. Локальный тепловой поток больше вблизи точек контакта частиц, с ростом которых увеличивается коэффициент теплоотдачи. Однако для очень мелких частиц максимальные значения коэффициентов теплоотдачи достигаются в режиме пневмотранспортирования, когда возможен унос материала.

Исходя из проведенных промышленных испытаний и обзора литературных источников по обеззараживанию растительного сырья предложен способ [10], при котором термическая обработка проводится во взвешенном (фонтанирующем) слое отфильтрованным и подогретым до 200 ± 250 °С воздухом. Сырье, предварительно измельченное, засыпается в емкость, имеющую в дне отверстия для подвода газа. В ходе термической обработки в фонтанирующем слое частицы прогреваются в течение 180 с.

Для реализации данного способа изготовлено и испытано устройство для обеззараживания растительного сырья [11]. Аппарат изготовлен согласно ТУ 5138-004-57644711-2002 «Емкости из нержавеющей стали» из стали марки AISI 304, 430. Он состоит (рис. 2) из рабочей камеры 1 в виде конической емкости с фланцем 2 в нижней части, на котором закрепляется газораспределительное устройство 3 с затвором 4 в виде сетки. Газораспределительное устройство представляет собой бункер-воздухораспределитель, предназначенный для завихрения и подачи подогретого воздуха. В нижней части бункера имеется кран 5 для выгрузки готового сырья. В верхней части рабочей камеры 1 устанавливается сапун для защиты от резкого нарастания избыточного давления. На цилиндрической части рабочей камеры закреплена воронка 7 для загрузки перерабатываемого продукта. На конической части рабочей камеры с двух диаметрально противоположных сторон выполнены окна 8 для визуального контроля за процессом обработки, причем одно из них используется для установки фонаря подсветки внутреннего пространства камеры. Калорифер 9 с трубопроводом 10 тангенциально соединяется с бункером-распределителем 3. В трубопроводе 10 имеется кран 11, а также байпас 12 с краном 13. Трубопровод 14 с краном 15 соединяется с циклоном 16, в нижней части которого при помощи хомута 17 закреплена емкость 18 для готового продукта. Верхняя часть рабочей камеры 1 соединена трубопроводом 19 тангенциально с циклоном 16. Трубопроводом 20 верх-

няя часть циклона 16 через вентилятор 21 соединяется с вытяжной вентиляцией. При работе аппарата в рабочую камеру объемом 1,4 м³ через воронку загружается сырье общей массой 5 кг. При открытом кране 13 включается электрокалорифер. При выходе на рабочую температуру 200±250 °С открываются краны 11, 15 и закрывается кран 13. Горячий воздух подается по трубопроводу 10 в бункер-распределитель 3 тангенциально и далее через сетку затвора 4 в рабочую камеру 1. В результате воздействия горячего воздуха частицы сырья интенсивно перемешиваются. Мелкие фракции и пыль через трубопровод 19 подаются в циклон, откуда они ссыпаются в емкость 18 готового продукта. При обработке сырья горячим воздухом происходит обеззараживание, т.е. уничтожается микробная и другая патогенная обсемененность, причем обработке подвергается наружная поверхность частиц сырья без нарушения их структуры и других свойств. По окончании обработки, время которой определяется экспериментально, открывается кран 13, закрываются краны 11, 15 и горячий воздух удаляется через трубопровод 20 и вентилятор 21 в вытяжную вентиляцию. Отработанное сырье ссыпается через затвор 4 в бункер-распределитель 3, откуда удаляется через кран 5 в емкость для готового продукта.

Аппарат представляет собой герметичную установку, работающую под разрежением, создающ-

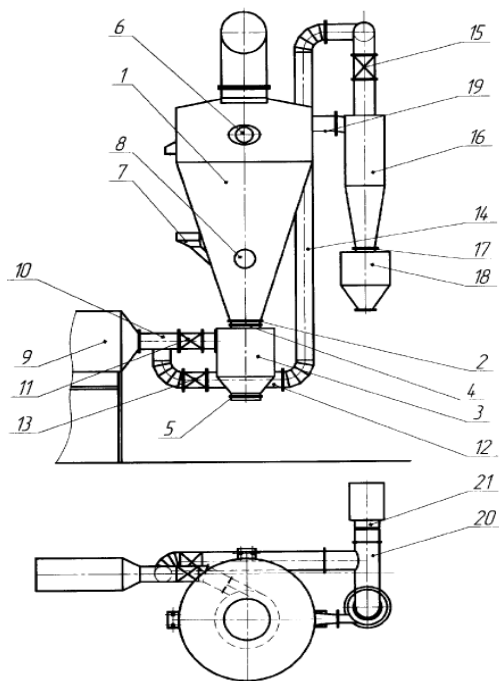


Рис. 2. Аппарат для обеззараживания растительного сырья

имся за счет отсоса воздуха вентилятором. Необходимый расход воздуха устанавливается в соответствии с технологической картой обработки продукта и регулируется положением заслонки на выходе вентилятора. Скорость и температура воздуха задаются и контролируются при помощи блока управления.

В ходе обработки различных партий растительного сырья в цехе биологически активных добавок ООО «Артлайф» установлен фракционный состав,

оптимальный для процесса сушки и обеззараживания:

- травы – 15÷20 мм;
- корни – 5÷15 мм;
- листья – 5÷25 мм;
- плоды – 15÷10 мм.

Для исследованных групп растительного сырья влажность после термической обработки снижается до следующих значений:

- травы – 1,27÷1,98 %;
- корни – 1,67÷3,58 %;
- листья – 1,13÷2,76 %;
- плоды – 2,15÷5,14 %.

С целью подтверждения целесообразности использования разработанного метода и аппарата для обеззараживания проведены исследования микробиологических показателей исходного растительного сырья и готового продукта после обработки, некоторые данные приведены в табл. 1.

Результаты исследований показали, что продукт после обработки в аппарате для обеззараживания соответствует нормам по показателю «микробиологическая чистота», установленным статьей Государственной фармакопеи XI издания «Методы микробиологического контроля лекарственных средств» (ГФ XI, вып. 2, с. 187) к препаратам группы «лекарственное растительное сырье».

Общие выводы

Существующие методы, средства и аппараты для обеззараживания растительного сырья на основе использования известных химических и физических факторов не всегда эффективны, зачастую ухудшают органолептические и физико-химические показатели продукции, могут быть опасны для здоровья обслуживающего персонала, нередко имеют сложную технологию изготовления и применения, требуют значительных материальных затрат на приобретение дополнительного оборудования и его обслуживание.

Анализ имеющихся литературных данных и собственных исследований показал целесообразность использования для обеззараживания растительного сырья термического метода воздействия в процессе конвективной сушки. С целью повышения температуры сушильного агента использован инновационный технологический метод взаимодействия двухфазной твердой и газообразной системы в цилиндрикоконическом аппарате во взвешенном состоянии, что позволяет предотвратить термическое повреждение и агломерацию продукции. На предложенный способ и конструкцию аппарата разработана нормативно-техническая документация и получены патенты РФ на изобретение и полезную модель.

Установлены эффективные режимы обработки сырья в разработанном аппарате: время 180 с; температура нагрева сушильного агента 200...250 °С; загрузка для рабочей камеры объемом 1,4 м³ составляет 5 кг. Результаты исследований микробиологических показателей продемонстрировали, что продукт соответствует нормам по показателю «микробиологическая чистота».

Микробиологические показатели растительного сырья

Наименование сырья		Показатели							
		Плесени	Bacillus cereus	E.coli в 1 г	Дрожжи	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 10 г	КМАФ АнМ	БГКП (колиформы) в 0,1 г	Staphylococcus aureus в 1 г
Березы лист	до сушки	50	20	Не обнаружены	40	Не обнаружены	500	Не обнаружены	Не обнаружены
	после сушки	Менее 10	Менее 10	Не обнаружены	Менее 10	Не обнаружены	Менее 10	Не обнаружены	Не обнаружены
Шиповника плоды	до сушки	60	120	Не обнаружены	50	Не обнаружены	400	Не обнаружены	Не обнаружены
	после сушки	Менее 10	Менее 100	Не обнаружены	Менее 10	Не обнаружены	100	Не обнаружены	Не обнаружены
Одуванчика корень	до сушки	Менее 10	110	Обнаружено	Менее 10	Не обнаружены	6400	Обнаружено	Не обнаружены
	после сушки	Менее 10	40,0	Не обнаружены	Менее 10	Не обнаружены	3000,0	Не обнаружены	Не обнаружены
Зверобоя трава	до сушки	50	Менее 100	Обнаружено	Менее 100	Не обнаружены	2000	Обнаружено	Не обнаружены
	после сушки	Менее 10	Менее 100	Не обнаружены	Менее 10	Не обнаружены	60,0	Не обнаружены	Не обнаружены
Предельно допустимые нормы		Не более 100,0	Не более 200,0	Не допускаются	Не более 100,0	Не допускаются	Не более 10000,0	Не допускаются	Не допускаются

Список литературы

1. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений. Качество и безопасность: учеб.-справ. пособие / В.М. Позняковский, М.Д. Губина, И.Э. Цапалова, О.В. Голуб. – 4-е изд. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2007. – 279 с.
2. Обухов, А.Н. Лекарственные растения, сырье и препараты / А.Н. Обухов. – Краснодар, 1962. – 298 с.
3. Юсупова, Г.Г. Применение энергии СВЧ-поля для обеспечения безопасности и улучшения качества продуктов растительного происхождения / Г.Г. Юсупова, Ю.И. Зданович, Э.И. Черкасова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 7. – С. 27–30.
4. Разработка технологии СВЧ-обеззараживания растительного сырья: отчет по договору ООО «Обнинский центр науки и технологий» № 01.05.01.01.04 от 11.08.2004 г. с ООО «Артлайф». – Томск, 2004. – 15 с.
5. Романков, П.Г. Сушка во взвешенном состоянии / П.Г. Романков, Н.Б. Рашковская. – 3-е изд. – Л.: Химия, 1979. – 330 с.
6. Мухленов, И.П. Расчеты аппаратов кипящего слоя: справочник / И.П. Мухленов, Б.С. Сажин, В.Ф. Фролов. – Л.: Химия, 1986. – 352 с.
7. Volpicelli, G., Raso, G. and Massimilla, L., Gas and Solid- Flow in Bidimensional Spouted Beds, Proceedings of the International Symposium on Fluidization, ed. A. A. H. Drinkenburg, pp. 123–133 (1967).
8. Mathur, K. V. and Gishler, N., A Technique for Contacting Gases with Coarse Solid Particles, AIChE Journal, Vol. 1, pp. 157–164 (1955).
9. Процессы тепло- и массопереноса в кипящем слое / А.П. Баскаков, Б.В. Берг, А.Ф. Рыжков, Н.Ф. Филипповский. – М.: Металлургия, 1978. – 247 с.
10. Пат. 2340249 Российская Федерация, МПК7 A23L 3/00, и A23L 3/015 / Способ обеззараживания измельченного растительного сырья / Смирнов М.А., Вековцев А.А., Гусев В.П.; заявитель и патентообладатель ООО «Артлайф Техно». – № 2007108108; заявл. 05.03.07; опубл. 10.12.08, Бюл. № 34 (II ч.). – 2 с.
11. Пат. 75278 Российская Федерация, МПК7 A23L 3/50, и A23L 1/10 / Устройство для обеззараживания растительного сырья / Смирнов М.А., Вековцев А.А.; заявитель и патентообладатель ООО «Артлайф Техно». – № 2007121124; заявл. 05.06.07; опубл. 10.08.08, Бюл. № 22. – 3 с.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.
Тел./факс: (3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

SUMMARY

M.A. Smirnov, I.A. Bakin

Development of the method of decontamination of plant raw material in the fluidized bed

A method and a compact, highly efficient and economical unit for drying and decontamination of plant raw material have been developed. The method consists of a short time heat treatment of preshredded plant material in the fluidized bed. The novelty of the idea is to use the innovative technological method of interaction between two-phase solid and gaseous systems in the cylinder apparatus in the suspended state, permitting to use higher temperatures of the drying agent and to prevent the thermal damage and the product agglomeration. The proposed method provides high quality decontamination of plant raw material from microbial and other pathogenic contamination preserving its useful properties.

Plant raw material, decontamination, drying, fluidized bed, heat treatment.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia
Phone/Fax: +7(3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

