

Изобретение относится к сушильной технике, а именно к способам сушки растительного сырья, преимущественно дикорастущих и культивируемых лекарственных трав, содержащих алкалоиды, эфиромасличные и другие биологически действующие вещества и может быть использовано на предприятиях перерабатывающей промышленности при сушке высоковлажной растительной листостебельной массы с соцветием в рулонах и брикетах, в фармацевтической промышленности при производстве удободозируемой формы и получения из них экстрактов, отваров, медицинских препаратов, в химической и пищевой промышленности.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому изобретению является способ сушки растительного сырья (рулонов) из сена, в котором проводят навивание свежескошенной неизмельченной травы в рулоны с последующей стадией их разрезания, подвяливания и сушкой принудительным вентилированием подогретого до 35 - 48°C воздуха при скорости фильтрации его через слой 0,4 - 0,6 м/с, причем навивание рулонов проводят непосредственно для свежескошенной растительной массы при плотности навивки 600 - 1000 кг/м³, диаметр рулонов берут 10 - 12 см, рулоны разрезают на брикеты длиной 9 - 10 см, подвяливают и подают на сушку [2].

Недостатком известного способа является неэффективное использование отдельных стадий технологического процесса, приводящих к заметному снижению качества высушенной продукции. Разрезание рулонов перед сушкой на мелкие брикеты (после их уплотнения и подвяливания) неэкономично по причине частичной потери биологически действующих веществ в процессе измельчения (разрезания), что снижает качество высушенных брикетов. Возникают определенные трудности при сушке брикетов из-за уплотнения и неоднородного фракционного состава листостебельной массы, препятствующей проникновению доступа теплоносителя в открытые поры брикета и быстрой влагоотдачи из макрослоя брикетов. Поскольку листья не являются органами транспирации, то они не способствуют удалению влаги из стеблей. В стеблях влага перемещается от центра к поверхности медленнее и для рулонов из листостебельной массы второй период сушки более длителен, чем для листьев, что приводит к распаду биологически действующих веществ.

Подвяливание рулонов из свежескошенной растительной массы непосредственно после навивки не дает большого эффекта снижения избыточной влажности, поскольку влагоотдача происходит при этом только с внешних поверхностных слоев.

В известном способе не предусмотрено охлаждение рулонов, что существенно важно для сохранения структуры растительной клетки, подвергаемой длительным тепловым воздействиям и претерпевающей микроморфологические изменения, приводящие к объемной усадке и предопределяющие дальнейшую пригодность высушенной продукции и его соответствие Госстандарту.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования известного способа сушки растительного сырья из лекарственных трав за счет свободного подвешивания рулонов, интенсивного обдува встречным потоком теплоносителя (снизу-вверх) и последующего охлаждения до достижения равновесного состояния с окружающей средой, чем обеспечивается высококачественная сушка растительного сырья из лекарственных трав в виде рулонов с сохранением в них действующих веществ.

Поставленная задача решается тем, что в способе сушки растительного сырья из лекарственной травы с последующим навиванием рулонов и сушку рулонов принудительным вентилированием теплоносителя, согласно изобретению сушку рулонов ведут в свободно подвешенном состоянии по всему живому сечению рабочей камеры при подаче встречного потока теплоносителя в течение 60 - 90 минут с последующим охлаждением рулонов до достижения равновесного состояния.

Сушку рулонов проводят в рабочем объеме сушильной камеры в свободно подвешенном состоянии равномерно перемещаемом по всему живому сечению рабочей камеры для равномерного их нагрева и обдува, что позволяет максимально заполнить и использовать сушильный объем. Оптимальное расстояние между рулонами определено из эксперимента путем отработки технологического процесса сушки. При плотном подвешивании между рулонами могут образовываться зоны уплотнения, на свободном расстоянии между рулонами возникают незаполненные зоны - пустоты. Сушильный объем максимально используется при равномерном прохождении теплоносителя и подвешенный слой рулонов. Это обеспечивается интенсивным обдувом встречного потока теплоносителя при создании равномерной скорости фильтрации слоя по всему живому сечению сушильной камеры в условиях малого термического сопротивления диффузии внутренней влаги.

Принудительное вентилирование свободно подвешенных рулонов теплоносителем с температурой 35 - 55°C позволяет ускорить обезвоживание, уменьшить микробиологические потери и сохранить действующие вещества в высушенных рулонах лекарственных трав.

Подачу теплоносителя в рабочую камеру осуществляют встречным потоком (снизу-вверх) для равномерного и полного прохождения теплоносителя через слой рулонов, что обеспечивает принцип противотока, который в сочетании с рециркуляцией нагретого воздуха позволяет достичь интенсивной сушки. В глубинных слоях высушиваемых рулонов (без уплотнения) тепловлагодьем зависит от наличия имеющихся пустот, их размеров, скорости фильтрации, создаваемого перепада давления как по внутреннему скелету рулона так и по всему сушильному

объему.

Создание термостабильных условий по высоте слоя и живому сечению рабочей камеры, интенсивного обдува встречным потоком теплоносителя в течение 60 - 90 минут с последующим охлаждением рулонов до установления равновесного состояния с окружающей средой позволяет осуществить высококачественную сушку с наименьшими повреждениями структуры растительной клетки и поддержанием постоянства физико-химических свойств растительного сырья.

Продолжительность сушки определена экспериментально снятием кинетических кривых убыли температуры и влагосодержания до достижения равновесного состояния высушенных рулонов с окружающей средой, т.е. $W_{\text{кон}} = W_{\text{равн.с.}}$

Охлаждение рулонов после сушки проводят до температуры 15°C, восстанавливающей структурно-деформативные изменения в макрослое рулонов. Время охлаждения 10 - 15 минут (обдувом холодного потока воздуха) достаточно для того, чтобы исключить самонагрев высушенных рулонов, снять деформированные изменения, стабилизировать объемную усадку и обеспечить сохранность структурного каркаса рулонов без его разрушения. Режимы охлаждения (температура, время) определены из эксперимента, их указанные выше значения лимитируют пребывание рулонов в сушильной зоне с учетом безопасной транспортировки, последующей отлежки и хранения.

Предложенный способ осуществляют следующим образом:

берут свежескошенное растительное сырье из лекарственных трав типа травы чистотела большого *Herba Chelidonii*, состоящей из листостебельной массы с соцветием (смеси облиственных стеблей, цельных листьев и соцветий), либо берут траву тысячелистника *Herba Millefolii*, *Folium* и *Flores*, состоящую из стеблей с листьями и соцветием, либо берут листовую массу с соцветием крапивы двудомной *Urtica dioica* L., *Folium* и *Flores Urtica*, либо другую высоковлажную лекарственную термостабильную траву (ромашку аптечную *Matricaria recutita* L.) и предварительно подвяливают в тени на открытом воздухе в течение 1 - 2х часов для снижения начальной влажности. Для сохранения биологически действующих веществ исключают попадание прямых солнечных лучей. Подвяленную длинностебельную фракцию, состоящую из стеблей, листьев и соцветий навивают в рулоны путем скручивания в отдельные пучки-рулоны цилиндрической формы толщиной 100 - 150мм и длиной 200 - 300мм и ведут сушку рулонов принудительным вентилированием. Перед сушкой рулоны свободно подвешивают в верхней (потолочной) зоне сушильной камеры и равномерно перемещают по всему живому сечению. Сушку рулонов осуществляют посредством подачи встречного потока теплоносителя (снизу-вверх) с температурой 35 - 55°C в свободно-подвешенный слой рулонов в течение 60 - 90 минут. За это время с оптимальным расходом теплоносителя равным 0,25 - 1,0м³/с обеспечивается равномерный обдув и сушка рулонов. Затем проводят охлаждение рулонов до установления равновесного влагосодержания и температуры равновесного состояния с окружающей средой, восстанавливающей макроморфологию и биологические свойства. Темп охлаждения 2°C/мин. Время охлаждения 10 - 15 минут. Рулоны после высушивания и охлаждения при необходимости измельчают и подают на брикетирование.

Высушенные рулоны с конечной влажностью 13 - 14% транспортируют на отлежку в складское хорошо проветриваемое помещение на 24 - 48 часов, затем расфасовывают, упаковывают и хранят при температуре 15°C и относительной влажности воздуха 40 - 60%.

Конкретные примеры реализации предложенного способа.

Пример 1. Берут свежескошенную длинностебельную фракцию травы чистотела большого вместе с листьями и соцветием *Herba Chelidonii*, *Folium* и *Flores Chelidonii* и предварительно подвяливают в тени в течение 2 - х часов на открытом воздухе, исключая при этом попадание прямых солнечных лучей. Затем подвяленную листостебельную массу с соцветием навивают в рулоны путем скручивания в отдельные пучки-рулоны цилиндрической формы толщиной 100мм и длиной 300мм. Рулоны из травы чистотела большого с влажностью 65 - 75% подвергают сушке принудительным вентилированием. Для этой цели рулоны свободно подвешивают в верхней (потолочной) зоне сушильной камеры на проволоке и равномерно перемещают по всему живому сечению рабочей камеры для равномерной сушки. Сушку рулонов в свободно-подвешенном состоянии ведут встречным потоком теплоносителя путем подачи потока воздуха снизу-вверх при температуре 40 - 45°C в течение 90 минут. Оптимальный расход теплоносителя 0,45 - 1,0м³/с обеспечивает равномерный обдув и фильтрацию высушиваемого слоя рулонов по высоте слоя равной 600мм и поперечному сечению камеры. После чего прекращают подачу теплоносителя и проводят охлаждение рулонов посредством обдува холодным воздухом до температуры равновесного состояния с окружающей средой и восстанавливающей макроморфологию и биологические свойства.

Темп охлаждения 2°C/мин. Время охлаждения - 15 минут.

Затем высушенные и охлажденные рулоны транспортируют на склад для отлежки и хранения. Отлежку проводят в хорошо проветриваемых помещениях в течение 24 - 48 часов при температуре воздуха 15°C и относительной влажности не превышающей 60%. После отлежки рулоны хранят в складских условиях, при необходимости измельчают, расфасовывают и затаривают.

Качество высушенных рулонов из травы чистотела большого соответствует требованиям, предъявляемым Госфармакопеей XI.

Влажность высушенных рулонов 13 - 14%. Плотность рулонов после высушивания составляет 450 кг/м^3 . Сохранность биологически действующих веществ в высушенной продукции подтверждена контрольно-аналитический анализом, проведенным в Укрфармации, см. таблицу.

Пример 2. Берут свежескошенную листо-стебельную массу травы тысячелистника *Herba Millefolii*, *Folium* и *Flores* с соцветием и предварительно подвяливают на скрытом воздухе в течение 1 часа, исключая при этом попадание прямых солнечных лучей. При проявлении влагосодержание травы снижается на 10 - 15%, трава становится гибкой, которую затем навивают в рулоны путем скручивания длинностебельной фракции вместе с листьями и соцветием в отдельные пучки-рулоны длиной 200мм и толщиной 150 (-100)мм.

Полученные цилиндрические рулоны с влажностью 50 - 60% помещают в рабочую камеру сушилки в свободно-подвешенном состоянии с возможным варьированием равномерного перемещения по всему живому сечению рабочей камеры. Высота слоя подвешенных рулонов берется с учетом полного заполнения сушильного объема и равной 800мм. Далее сушку рулонов ведут посредством их обдува и подачи встречного потока теплоносителя (снизу-вверх) при температуре 35 - 38°C в течение 60 минут. Расход теплоносителя берется из учета равномерного его прохождения через высушиваемый слой, равным $0,25 - 0,45 \text{ м}^3/\text{с}$.

Сушка рулонов в свободно-подвешенном состоянии завершается через 60 минут последующим охлаждением посредством обдува холодным потоком воздуха до температуры 15°C в течение 10 минут. При достижении равновесного влагосодержания и температуры равновесного состояния, восстанавливающих макроморфологию (структурно-деформированные изменения, объемную усадку) и биологические свойства, охлаждение завершается. После 10 минут охлаждения рулоны из травы тысячелистника транспортируют на склад для отлежки и хранения. Отлежку проводят в течение 24 - х часов в хорошо проветриваемом помещении при температуре 15°C и влажности воздуха 40 - 60%. В дальнейшем рулоны расфасовывают, упаковывают и хранят в складских условиях, обеспечивающих безопасность их хранения. Влажность высушенных рулонов предложенным способом составляет 8 - 10%. Качество высушенной продукции удовлетворяет требованиям, предъявляемым Госфармакологии XI.

Качественные показатели высушенных рулонов приведены в таблице в сравнении с требованиями, предъявляемыми Укрфармацией, Гсстандартом, Фармакопеей на каждый вид лекарственного сырья.

Содержание действующих веществ по предложенному способу определены для разных видов лек. трав в контрольно-аналитической лаборатории Укрфармации.

Предложенный способ позволяет интенсифицировать (ускорить) технологический процесс сушки растительного сырья из лекарственных трав, уменьшить потери перерабатываемого сырья, сохранить биологически действующие вещества и получить качественную продукцию в виде рулонов удободозируемой формы с улучшенным товарным видом и решить проблему энергоресурсосбережения с малым потреблением тепла и электроэнергии при эксплуатации сушилки плотного слоя.

Сушилка плотного слоя для высоковлажных малосыпучих материалов разработана авторами и защищена авторским свидетельством СССР (А.с. СССР №1815563 F26B БИ4. №18, 1993 от 15.05.93г).

Сохранность действующих веществ в течение длительного времени гарантирована т.к. рулоны меньше подвержены влиянию атмосферных, тепловых и химических воздействий.

Таблица 1

Химический состав высушенных лекарственных трав

№ п/п	Вид травы	Химический состав							
		в % к общей массе							
		сумма алка- лои- дов в пере- счете на хе- лидо- нин	зо- лы общей	зо- лы нера- ство- рим. в 10% р- ре хло- ристо- водор. к-ты	орга- ниче- ской приме- си	мине- раль- ной приме- си	побу- рев- ших и потем- нев- ших частей травы	частиц не про- ходящих сквозь сито	
								Ø отв. 7 мм	Ø отв. 0,5 мм
1.	Чистотел большой	более	менее	менее	менее	менее	менее	менее	менее
	– цельное сырье	0,2	15,0	2,0	1,0	0,5	3,0	10,0	10,0
	– измельченное	0,2	15,0	2,0	1,0	0,5	3,0	10,0	10,0
2.	Тысячелистник	-	менее	менее	менее	менее	менее	менее	менее
	– цельное сырье		15,0	3,0	0,5	1,0	1,0	3,0	
	– измельченное		15,0	3,0	0,65	1,0	1,0	10,0	10,0
3.	Крапива двудомная		менее	менее	менее	менее	менее	менее	менее
	– цельное сырье	-	20,0	2,0	2,0	1,0	5,0	5,0	Ø отв.
	– измельченное	-	20,0	2,0	2,0	1,0	5,0	10,0	3 мм
									10,0
									Ø отв.
									0,5 мм
									15,0
4.	Ромашка аптечная	-	менее	менее	менее	менее	менее	менее	менее
	– цельное сырье		12,0	4,0	3,0	0,5	5,0	Ø=30	-
		-						мм	
								9,0	
5.	Аир (коренья)		менее	-	менее	менее	менее	менее	менее
	– цельное сырье		6,0	-	1,0	2,0	5,0	5,0	-
	– измельченное		6,0	-	1,0	2,0	5,0	10,0	10,0

Таблица 2

Качественные показатели высушенных образцов (по предлагаемому способу)

	Технологические результаты						Толщ. слоя δ, мм	Физико-биологические показатели			
	Температура, °С			Время т, мин.				Влажность Wк, %		Содержание действующих веществ, %	
	Тподвя-лив.	Тсушки	Тохл.	тподвял., ч	тсушка, мин	тохл., мин.		экспер. сушки	требования ГФХ	сушка	требов. ГФХ
Чистотел	25	40-48	15-18	2,0	90	15	600	13	не более 14	0,45	не менее 0,2
Тысячелистник	25	35-38	18-	1,0	60	10	800	8-10	не более 13	0,27	не менее 0,1
Крапива	25	42-45	15	1,5	60-80	15	600	10,17	не более 14	0,35	не менее 0,28
Ромашка	22	35-38	15	1,5	75	10	600	7,1	не более 14,0	0,36	не менее 0,31

Таблица 3

Сравнительные данные по сушке травяных брикетов

№ п/п	Показатели	Значения показателей при сушке		
		известный способ а.с. СССР № 1043445	известный способ а.с. СССР № 694129	предлагаемый способ
1	Расход эл. энергии на получение 1 кг сухой травы, кВт	6,8	9,2	0,75-1,0
2	Продолжительность сушки	29,0	41,0	1,0-2,0
3	Производительность сушилки, кг/ч по готовому продукту	0,42	0,31	1,0