

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ
ПОМЫШЛЕННОСТИ

Т.Ф. Киселева

ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ

Учебно-методический комплекс

Для студентов, обучающихся по направлению 260000 «Технология
продовольственных продуктов и потребительских товаров» по специальности
260504 «Технология консервов и пищекокцентратов»

Кемерово 2007

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры
технологии бродильных производств и консервирования
Протокол № 3 от 31.01.2007

Рекомендовано редакционно-издательским советом
Кемеровского технологического института
пищевой промышленности

Киселева Т.Ф.

Технология сушки: Учебно-методический комплекс. - /Кемеровский
технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2007. - 117
с.

Кратко рассмотрена теория и практика сушки растительных объектов, методы
анализа сушеной продукции.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 260504
«Технология консервов и пищевых концентратов».

Ил. 6, табл. 34, библиогр. назв. 14

СОДЕРЖАНИЕ

	С.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ	5
1.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ	5
1.2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ	10
1.3 СПОСОБЫ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	24
1.4 ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К СУШКЕ	44
1.5 ПРОМЫШЛЕННАЯ СУШКА ОВОЩЕЙ	50
1.6 ПРОМЫШЛЕННАЯ СУШКА ПЛОДОВ И ЯГОД	76
1.7 ПРОИЗВОДСТВО БЫСТРОРАЗВАРИВАЕМЫХ ПРОДУКТОВ	88
2 ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	98
2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ИНАКТИВАЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ ОВОЩЕЙ	98
2.2 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СУШЕНЫХ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ	101
2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСТРАКТИВНОСТИ СУШЕНЫХ ПРОДУКТОВ	110
2.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ РЕГИДРАТАЦИИ СУШЕНЫХ ПРОДУКТОВ	113
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	114
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	117

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Технология сушки» является одним из основных в блоке дисциплин по специальности 260504 «Технология консервов и пищевых концентратов». Она предусматривает изучение теоретических основ сушки, особенности подготовки сырья к сушке, методы и способы сушки плодов и овощей, особенности технологии сушки отдельных видов сырья, влияние технологического процесса сушки на качество обезвоженных пищевых продуктов. В данном учебно-методическом комплексе представлен конспект лекций с контрольными вопросами, методические указания к проведению практических занятий и лабораторный практикум по дисциплине, который позволит закрепить изученный теоретический материал, научить использовать в практической деятельности теоретические положения дисциплины, приобрести навыки лабораторного контроля сушеной продукции, научить контролировать и управлять технологическими процессами.

В результате изучения данной дисциплины студенты получают знания по теоретическим и практическим основам процесса сушки; основным промышленным методам и способам сушки плодов и овощей.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

1 Растительное сырье как объект сушки

2 Виды связи влаги в материале

2.1 Химическая связь

2.2 Физико-химическая связь

2.3 Механическая связь

1 Растительное сырье как объект сушки

Пищевые продукты в процессе хранения претерпевают различные микробиологические, биохимические и ферментативные изменения, которые приводят к их порче. Одним из средств подавления роста микроорганизмов и ферментативной активности является удаление влаги путем естественной или искусственной сушки.

Минимальное содержание влаги, при котором развиваются бактерии – 25-30 %, плесневые грибы – 10-15 %. При высушивании влажность чаще всего доводят до 8-20 %, т.е. до уровня, который препятствует развитию микроорганизмов.

Растительное сырье, как объект сушки, характеризуется большим количеством воды и малым содержанием сухих веществ. Основная часть воды находится в свободном виде и только около 5 % связано с клеточными коллоидами и прочно удерживается. Этим объясняется легкость высушивания плодовоовощного сырья до влажности 12-14 % и затрудняет удаление остаточной влаги.

Растительное сырье имеет капиллярно-пористую структуру. Химический состав его представлен углеводами, белками, липидами. В небольших количествах содержатся биологически активные вещества, которые определяют вкус и биологическую ценность сырья: полифенолы, витамины, органические кислоты, минеральные вещества. Эти компоненты наиболее подвержены неблагоприятным изменениям при подготовке материала к сушке, а также в процессе самой сушке, что и приводит к снижению биологической ценности готового продукта.

Растительное сырье состоит из клеток. Гидрофильные вещества в клетке находятся в виде водных растворов, гидрофобные – в виде эмульсий и коллоидных растворов. Вода в клетке является средой, в которой протекают все реакции. Распределена она неравномерно. Наибольшее количество воды содержится в *паренхимных* тканях, меньше в *покровных* и совсем мало - в *семенах*. Поэтому очищенное, подготовленное к сушке сырье содержит больше воды, чем исходное.

Большую часть сухих веществ растительного сырья составляют *углеводы*. Они обуславливают вкусовые качества, консистенцию, технологические особенности переработки сырья. Картофель и бобовые из углеводов содержат преимущественно *крахмал*, овощи и фрукты – *моно- и дисахара*: глюкозу,

фруктозу, сахарозу. Высокое содержание моносахаров приводит при сушке к реакции меланоидинообразования и потемнению продукта. Кроме этого, высокое содержание сахаров в плодах и ягодах приводит к увеличению продолжительности процесса сушки.

Целлюлоза, гемицеллюлоза, – основные компоненты, которые образуют каркас растительной клетки, в воде не растворяются и при сушке практически не изменяются.

Пектиновые вещества – обладают способностью связывать влагу и увеличивают продолжительность сушки.

Белки при сушке денатурируют, частично гидролизуются, изменяется аминокислотный состав сушеной продукции.

Полифенольные вещества обладают высокой биологической активностью, играют роль в формировании вкуса, цвета, запаха. При технологической обработке часто являются причиной ферментативного потемнения.

Органические кислоты легко растворяются в воде и при мойке (особенно очищенного и нарезанного сырья) наблюдаются значительные их потери.

Витамины являются очень лабильными и чувствительны к изменению температуры и воздействию кислорода. Это необходимо учитывать, как при подготовке сырья к сушке, так и в процессе самой сушки.

Минеральные вещества при сушке практически все сохраняются. Но во избежание их потерь нельзя долго держать в воде очищенное и нарезанное сырье.

Таким образом, растительное сырье представляет собой сложный структурный объект сушки и обезвоживание его без потерь пищевых качеств является очень трудной задачей.

2 Виды связи влаги в материале

Влажные пищевые продукты, подвергаемые сушке, состоят из твердого сухого каркаса, воды, небольшого количества воздуха и паров. Процесс удаления влаги сопровождается изменением физико-химических показателей продукта, его теплофизических характеристик и структурно-механических свойств.

Вода – основной компонент растительных клеток, на ее долю приходится от 75 до 90 %. Различают *свободную и связанную влагу*.

Свободная влага – не связана с молекулами вещества, может свободно перемещаться из клетки в клетку. Она используется для питания и поддержания жизнедеятельности клетки. Это основное количество влаги.

Связанная влага – образуется в результате взаимодействия с молекулами вещества и характеризуется следующими физико-химическими свойствами:

- слабо, либо совсем не растворяет вещества, которые растворимы в свободной воде;
- имеет удельную теплоемкость ниже обычной и примерно равной теплоемкости льда;

- замерзает при низких отрицательных температурах
- обладает повышенной плотностью по сравнению со свободной влагой;
- не электропроводна, в отличие от чистой воды, так как не содержит растворимых веществ.

По своим свойствам связанная влага приближается к упругому твердому телу.

В пищевых продуктах одновременно содержатся, как связанная, так и свободная влага. Количественное соотношение между ними зависит от природы продукта. Но даже в одном продукте это соотношение может изменяться при измельчении, внесении добавок, тепловой обработке и т.д.

Удаление влаги из материала при сушке зависит от общего содержания влаги и формы связи влаги с материалом. Связь влаги с материалом характеризуется величиной свободной энергии изотермического обезвоживания – работой, необходимой для удаления 1 моля воды при постоянной температуре без изменения состава вещества при данном влагосодержании. Энергия, затраченная на удаление 1 кг/моль воды из влажного материала, определяется по уравнению (1.1):

$$A = -R \cdot T \cdot \ln \varphi \quad (1.1)$$

где: A – энергия связи влаги, Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль*К);

T – температура, °С

φ – относительная влажность воздуха.

При наличии в материале свободной влаги $A=0$. По мере удаления влаги прочность ее связи с материалом увеличивается и энергия связи A возрастает. Чем меньше влагосодержание материала, тем больше величина энергии связи.

Ребиндер П.А. классифицировал формы связи влаги с материалом на 3 группы: *химическую, физико-химическую и механическую*.

2.1 Химическая связь

Химически связанная влага подразделяется на воду, связанную в виде гидроксильных ионов и воду, заключенную в кристаллогидраты. Первая образуется в результате химического взаимодействия воды с материалом в определенном соотношении, при котором вода, как таковая, исчезает. Удалить эту влагу можно только в результате химического взаимодействия, реже при прокаливании.

Кристаллогидратная влага входит в структуру кристалла и удаление ее возможно только при прокаливании. Эта влага характеризуется количеством молекул воды, которые входят в состав кристалла.

Химическая связь самая прочная, химически связанная влага при сушке практически не удаляется и на процесс сушки не влияет. Энергия связи химической влаги самая высокая ($1-100 \cdot 10^5$ Дж/моль).

2.2 Физико-химическая связь

Эта связь менее прочная. К этой группе относится адсорбционно и осмотически-связанная влага.

Адсорбционно-связанная влага. Эта влага удерживается у поверхности раздела коллоидных частиц с окружающей средой, благодаря молекулярно-силовому взаимодействию поверхности мицелл и гидрофильных центров белков, углеводов и липидов.

Большинство растительных продуктов – гидрофильные коллоиды с высокой молекулярной массой, высокой степенью дисперсности (размер частиц 10^{-7} - 10^{-9} м), большой поверхностью раздела, а это приводит к появлению значительной поверхностной энергии. Под действием избыточной энергии на внутренней и внешней поверхности материала происходит поглощение молекул воздуха и водяного пара из окружающего пространства. Это явление называется *адсорбция*. Кроме этого, на поверхности может происходить обычное растворение влаги с проникновением внутрь вещества. Это явление называется *абсорбция*. Или же может происходить химическое взаимодействие между влагой и поверхностными веществами. Это явление называется *хемосорбция*. Все эти процессы в совокупности называются *сорбцией*. Но так как преобладает в растительных продуктах адсорбция, то связанную таким образом влагу называют *адсорбционной*.

Адсорбционно-связанная влага, особенно первый слой молекул – *мономолекулярный слой*, является наиболее прочно связанной с веществом. Последующие слои связываются с веществом менее прочно, энергия связи уменьшается, и свойства такой влаги приближаются к свойствам обычной воды. При образовании мономолекулярного слоя происходит выделение теплоты адсорбции, это связано с уменьшением поверхностной энергии. Происходит сжатие объема (явление контракции – объем набухшего тела меньше суммы объемов материала и поглощенной влаги).

Удаление этой влаги при сушке связано с дополнительным расходом энергии на теплоту адсорбции и обязательным превращением воды в пар.

Осмотическая связанная влага. Эта влага отличается от адсорбционной тем, что соединение с материалом не сопровождается выделением теплоты и связь менее прочная.

Высокая растворяющая способность воды объясняется дипольным характером ее молекул и их способности к образованию водородных связей. Свойства водных растворов зависят от сил взаимодействия между молекулами воды и растворенных веществ. *Осмоз* – процесс диффузии растворителя через полупроницаемую мембрану под действием кинетической энергии молекул. А оболочки соединений, входящий в состав продукта, являются полупроницаемыми. Диффузия растворителя (воды) происходит из области с более высоким парциальным давлением (меньшей концентрации раствора) в сторону меньшего парциального давления (большей концентрации раствора). В результате этого процесса возникает осмотическое давление – сила, которая обуславливает диффузию молекул.

Для растворов величина осмотического давления ($P_{осм}$) равна:

$$P_{\text{осм.}} = C * R * T \quad (1.2)$$

где: C – молярная концентрация раствора;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль*К);

T – температура, °С.

В результате этого вода в клетке находится в состоянии тургора (связана осмотическими силами). Так как клеточные оболочки эластичные, то они выдерживают такое напряжение. Такое состояние создает опору тканям. Поэтому качество многих плодов и овощей зависит от состояния их тургора. При избытке влаги тургор усиливается, это может привести к растрескиванию плодов и овощей. При недостатке влаги наступает плазмолиз – цитоплазматическая мембрана сморщивается и отделяется от клеточной оболочки.

Осмотически связанная влага находится внутри клеток как бы в полупроницаемом мешочке, не отличается от обычной воды, при сушке перемещается внутри материала без фазового превращения в виде жидкости. Процесс удаления этой влаги из клеток аналогичен и противоположен осмотическому ее проникновению внутрь клеток.

Энергия связи осмотически-связанной влаги определяется уравнением (1.3):

$$A = - R * T * \ln n_0 \quad (1.3)$$

где: n_0 – молярная доля воды в растворе ($n_0 = 1 - n_1$);

n_1 – молярная доля растворенного вещества.

2.3 Механическая связь

Механически связанная влага самая слабая, удерживается за счет заполнения макро- и микрокапилляров. Растительные ткани имеют в зависимости от размера пор микро- или макрокапиллярное строение. Поэтому эту влагу также называют *капиллярно-связанной*.

Капиллярно-связанная влага обусловлена поверхностным натяжением и капиллярным давлением. Под действием давления происходит поднятие влаги в капиллярах. Высота поднятия воды зависит от радиуса капилляра: при радиусе 10^{-1} см, высота подъема равна 1,5 см; при 10^{-6} см – высота подъема 1,5 км. В зависимости от размера капилляры делятся *микрокапилляры* (радиус меньше 10^{-7} м) и *макрокапилляры* (радиус больше 10^{-7} м).

Капилляры с меньшим радиусом имеют меньшее поверхностное давление, чем более широкие, поэтому вода в них поднимается на большую высоту. В процессе сушки вода из макрокапилляров перемещается в более мелкие и оттуда испаряется. При этом уровень влаги в крупных капиллярах уменьшается, а в мелких – остается постоянным.

Вода, находящаяся в микрокапиллярах, отличается от свободной меньшей вязкостью и поверхностным натяжением и большей теплоемкостью. Температура замерзания такой влаги меньше 0°С. Энергия связи в микрокапиллярах определяется по уравнению (1.4):

$$A = 2 * \sigma * V_0 / r \quad (1.4)$$

где: σ - поверхностное натяжение на границе воды с паровоздушной смесью, Н/м;

V_0 – удельный объем кг/м³;

r – радиус капилляра, м

Это уравнение указывает на увеличение энергии связи с уменьшением радиуса капилляров.

Механически связанная влага практически не отличается от свойств свободной воды, ее можно рассматривать как свободную влагу, которая при сушке легко удаляется в первую очередь.

Свободная влага находится на поверхности продуктов, в крупных порах и макрокапиллярах, она легко удаляется механическим путем (отжатием, прессованием).

Контрольные вопросы

- 1 Какую основную цель преследует процесс сушки, как способ консервирования?
- 2 В чем особенность заключается особенность растительного сырья как объекта сушки?
- 3 Как изменяются сухие вещества продуктов при сушке?
- 4 Что такое свободная и связанная влага, чем они отличаются?
- 5 Какими свойствами обладает связанная влага?
- 6 Какие существуют формы связи влаги с материалом?
- 7 Что такое химически связанная влага?
- 8 Какими свойствами обладает адсорбционно связанная влага?
- 9 Чем обусловлена осмотически связанная влага?
- 10 Что такое капиллярно-связанная влага, как она удаляется при сушке?

1.2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ

1 Изотермы сорбции и десорбции

2 Кривая сушки и ее анализ

3 Факторы, влияющие на процесс сушки

4 Изменение продуктов в процессе сушки

1 Изотермы сорбции и десорбции

Количественное соотношение воды и сухих веществ в продукте оказывает существенное влияние на выбор параметров сушки и на условия хранения сухого продукта. Если в продукте, предназначенном для сушки, содержится много белков, то максимальная температура сушки не должна вызывать их денатурацию. Количество в продукте сахаров определяет количество воды, которое можно удалить при сушке, чтобы не происходило реакций меланоидинообразования при хранении.

С биологической точки зрения решающей характеристикой продуктов является не количественное содержание в них воды, а ее состояние. Состояние

влаги в продукте (способность материала удерживать воду) характеризуется равновесным влагосодержанием.

Равновесное влагосодержание – то, при котором давление водяного пара над продуктом будет равно парциальному давлению водяного пара в окружающей среде. При этом температура продукта равна температуре окружающего воздуха.

Равновесное влагосодержание определяет способность продукта удерживать влагу и играет большую роль при сушке. По значению этого показателя определяют связь влаги с материалом; потенциальную возможность воздуха, как сушильного агента; условия хранения высушенных продуктов; вид тары для упаковки сушеных продуктов. Значение равновесного влагосодержания входит в уравнение продолжительности сушки, так как удаление влаги при сушке происходит только до равновесного влагосодержания, которое соответствует определенным параметрам сушильного агента.

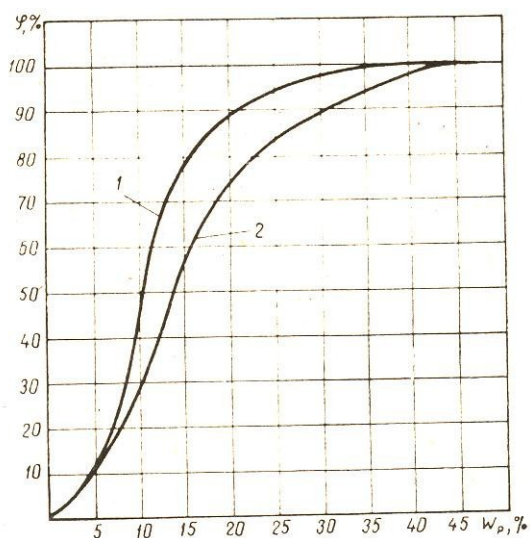
Удаляемая влага при сушке (W_y) определяется как разность влагосодержания продукта (W) и равновесная влажность (W_p):

$$W_y = W - W_p \quad (1.5)$$

Равновесное влагосодержание зависит от влажности и температуры воздуха и способа достижения его равновесия. Графически зависимость между равновесным влагосодержанием продукта и влажностью воздуха при определенных постоянных значениях температуры называется **изотермой сорбции или десорбции** продукта.

Если равновесие достигнуто путем поглощения влаги из окружающего воздуха, то получается **изотерма сорбции**. Если же равновесие достигнуто при отдаче влаги продуктом окружающему воздуху, то образуется **изотерма десорбции** (сушка).

Равновесное влагосодержание определяется экспериментально по изотермам сорбции и десорбции, так как различные формы связи влаги с материалом и разнообразие структур продуктов не позволяют определить его аналитическим путем. При определении равновесной влажности продукт выдерживают в воздушной среде с постоянной влажностью и температурой до равновесного состояния.



Условные обозначения: 1 – изотерма сорбции; 2 – изотерма десорбции

Рисунок 1.1 – Изотерма сорбции и десорбции для картофеля

Изоотермы сорбции и десорбции для картофеля представлены на рисунке 1.1. Изотермы сорбции и десорбции растительных продуктов имеют S-образный характер. Для одного и того же продукта они совпадают только при очень малых и очень больших

влажностях. В области средних значений влажности воздуха кривые сорбции и десорбции расходятся, образуя петлю. Это связано с тем, что при сорбции влага проникает в продукт с внешней поверхности, а при десорбции влага испаряется из внутренней поверхности, что приводит к образованию градиента влажности и, следовательно, к разному равновесному влагосодержанию при одной и той же влажности воздуха.

значениях относительной влажности воздуха, при других значениях – не совпадают. При этом образуется площадь гистерезиса.

Изотермы сорбции располагаются выше, чем изотермы десорбции и равновесное влагосодержание при одинаковом значении относительной влажности воздуха при десорбции больше, чем при сорбции.

Причины гистерезиса для растительных продуктов заключаются в том, что в капиллярно-пористых материалах в капиллярах содержится воздух. Это уменьшает смачиваемость капилляров при сорбции. Поэтому, если предварительно выдержать сухой материал в глубоком вакууме перед сорбцией, то площадь гистерезиса уменьшается или исчезает совсем, и кривая сорбции приближается или совпадает с кривой десорбции.

Характер изотерм зависит от вида связи влаги с материалом. Для капиллярно-пористых материалов S-образные изотермы сорбции и десорбции сначала в области малых значений ($\varphi = 10-20\%$) обращены выпуклостью к оси абсцисс. Это соответствует *мономолекулярной адсорбции*. При реальной сушке материала влага, связанная мономолекулярной адсорбцией, не удаляется. Затем выпуклость кривой обращена к оси ординат ($\varphi = 60-80\%$). На этом участке происходит *полимолекулярная адсорбция*. В дальнейшем изотерма плавно переходит к пологой кривой, наклоненной к оси абсцисс. Это соответствует переходу к *осмотически и капиллярно-связанной влаге*. На пологом участке происходит поглощение воды макрокапиллярами при непосредственном соприкосновении материала с водой. Равновесное влагосодержание, которое соответствует максимальной степени насыщения воздуха парами воды ($\varphi = 100\%$) называется *гигроскопическим влагосодержанием*. С повышением температуры значение гигроскопического влагосодержания уменьшается.

Гигроскопическое состояние пищевых продуктов охватывает значительный диапазон влажности и на удаление этой влаги приходится значительная часть времени сушки, т.к. в этот период удаляется наиболее прочно связанная влага. Значение гигроскопического влагосодержания приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Гигроскопическое влагосодержание для плодов и овощей

Наименование продуктов	Гигроскопическое влагосодержание, %
Картофель	50-130
Морковь	47-80
Лук	53-90
Свекла столовая	80-100
Зеленый горошек	47-82
Яблоки	42-74
Абрикосы	63-80
Хурма	40-110

На основании экспериментальных данных выведены зависимости для определения равновесного влагосодержания некоторых продуктов.

Для круп и бобовых при производстве пищевых концентратов равновесное влагосодержание определяется по уравнению 1.6:

$$W_p = (K_1 - K_2 * t) * \sqrt{\varphi} \quad (1.6)$$

где: K_1 и K_2 – константы круп и бобовых до и после гидротермической обработки. Значение констант приведено в таблице 1.2.

Уравнение 6 действует в пределах относительной влажности воздуха от 20 до 70 % при температурах воздуха от 10 до 90 °С.

Таблица 1.2 – Значения констант для круп и бобовых

Наименование продуктов	Значения K_1	Значения K_2
Крупа гречневая	1,10	0,007
Крупа пшеничная	1,05	0,006
Крупа перловая	1,15	0,008
Горох плющенный	0,93	0,007
Крупа рисовая	1,22	0,0065
Крупа пшено	1,17	0,0055

Для картофеля равновесное влагосодержание определяется по уравнению 1.7.

$$W_p = 1,65 * \sqrt{\varphi} \quad (1.7)$$

Равновесное влагосодержание для овощных порошков распылительной сушки определяется по формуле 1.8.

$$W_p = (a + b * \varphi)^2 \quad (1.8)$$

Значения коэффициентов a и b для порошков приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Значения коэффициентов a и b для порошков

Наименование продуктов	Значение коэффициентов	
	a	b
Шпинат	1,2	0,0354
Зеленый горошек	1,4	0,0347
Кабачки	1,05	0,056

Основные компоненты плодов и овощей – сахароза, крахмал, пектин и клетчатка оказывают различное влияние на связь влаги с материалом. Величина равновесного влагосодержания при одинаковой относительной влажности и температуре воздуха наибольшая у пектина (a , следовательно, наибольшая и энергия связи), несколько меньшая у крахмала и самая меньшая у сахарозы. Поэтому влага наиболее прочно связывается пектином, затем крахмалом, клетчаткой и сахарозой. Содержание этих компонентов в растительных материалах оказывает существенное влияние на продолжительность процесса сушки.

2 Кривая сушки и ее анализ

В процессе сушки влажных материалов происходят взаимосвязанные процессы тепло- и массообмена между материалом и сушильным агентом. Наружные процессы характеризуются внешним массообменом – испарением

влаги, т.е. движением пара от поверхности материала в окружающее воздушное пространство и внешним теплообменом между нагретым газом и поверхностью материала. При испарении влаги с поверхности нарушается равновесие. Внутренние части продукта имеют более высокую влажность и, соответственно, более низкую температуру по сравнению с поверхностными слоями. За счет разности влагосодержания поверхностных и внутренних слоев возникает градиент влагосодержания. Это приводит к процессам внутреннего тепло- и массообмена, при которых происходит перемещение влаги из внутренних, более влажных слоев, к поверхностным и оттуда уже происходит ее испарение. Благодаря наличию градиента влагосодержания происходит непрерывное уменьшение влажности во всем объеме высушиваемого продукта.

На перемещение влаги внутри продукта влияет также и термодиффузия, которая обусловлена перепадом температур. Под ее влиянием влага перемещается от участков с более высокой температурой к участкам с более низкой температурой. При низкотемпературной сушке термодиффузия не имеет существенного значения, но при высокотемпературной сушке она оказывает существенное влияние на процесс сушки. Так, например, при конвективной сушке явление термодиффузии препятствует перемещению влаги из внутренних слоев к поверхности, так как температура внутренних слоев (за счет более высокого влагосодержания) ниже. Поэтому в таких случаях рекомендуется применять осциллирующий режим сушки с поочередной подачей холодного и горячего воздуха. Это вызывает совпадение направления диффузии и термодиффузии влаги и процесс сушки ускоряется. При ускоренных методах сушки (при температурах выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$) испарение влаги происходит равномерно по всему объему продукта, и влага внутри перемещается в виде пара. Это приводит к появлению градиента давления, так как скорость превращения воды в пар выше, чем скорость выхода его из продукта. За счет этого ускоряется перемещение влаги.

Процессы внутреннего и внешнего тепло- и массообмена между собой взаимосвязаны и приводят к изменению массы продукта в процессе сушки. По

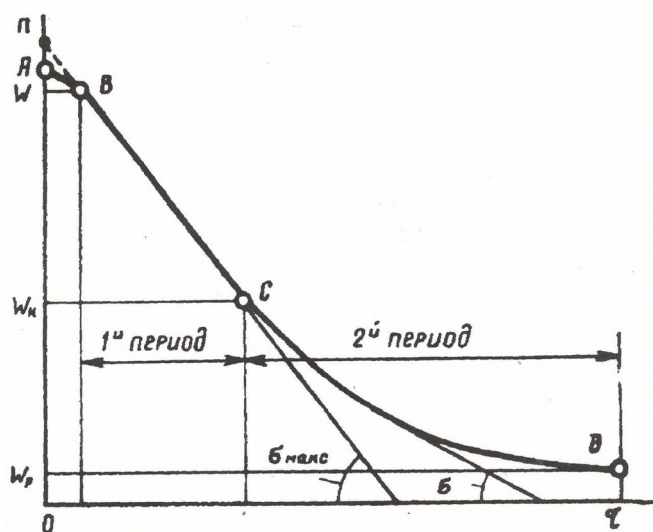


Рисунок 1.2 – Кривая сушки

изменению массы продукта в процессе сушки нельзя сравнивать работу различных сушильных установок. Для этого пользуются графическим изображением изменения влагосодержания по времени ($W-\tau$), которое называется **кривой сушки**. Кривая сушки представлена на рисунке 1.2.

Анализируя кривую сушки, можно выделить ряд участков. Участок **АВ** – **период подогрева продукта**. В этот период влагосодержание изменяется незначительно. Этот период можно выделить при

низкотемпературных режимах сушки продуктов в высоком слое. Участок **BC** – *период постоянной скорости сушки*. Он характеризуется постоянными скоростью снижения влагосодержания (за равные промежутки времени удаляется одинаковое количество влаги) и температурой материала. В этот период удаляется преимущественно свободная влага. Этот период продолжается до наступления *критического влагосодержания* (w_k). На кривой сушки этому моменту соответствует точка **C**. Критическое влагосодержание – граница между периодом постоянной (1-й период) и падающей (2-й период) скоростями сушки.

В периоде постоянной скорости сушки интенсивность процесса определяется только параметрами сушильного агента и не зависит от влагосодержания и физико-химических свойств продукта.

В периоде падающей скорости сушки (участок **CD** на кривой сушки) скорость сушки уменьшается по мере снижения влагосодержания продукта. Температура продукта увеличивается и к концу периода приближается к температуре сушильного агента. Процесс сушки продолжается до достижения равновесного влагосодержания, после этого удаления влаги прекращается. В этот период удаляется связанная влага, и постепенное снижение скорости сушки объясняется увеличением энергии связи влаги с материалом. В этот период процесс удаления влаги зависит от влагосодержания, характера связи влаги с материалом, физико-химических свойств материала и параметров сушильного агента.

По кривым сушки определяют скорость сушки в любой период времени. *Скорость сушки* определяется как тангенс угла наклона касательной, проведенной через данную точку кривой сушки, соответствующую определенному влагосодержанию материала.

$$\operatorname{tg}\sigma = \frac{dw}{d\tau} \quad (1.9)$$

Максимальная скорость в период постоянной скорости сушки определяется по формуле 1.10.

$$\operatorname{tg}\sigma_{\max.} = \left(\frac{dw}{d\tau}\right)_{\max.} = N \text{ (\%/ч или \%/мин)} \quad (1.10)$$

К концу процесса при равновесной влажности скорость сушки равна 0.

Процесс сушки можно охарактеризовать по методу приведенной скорости сушки. На основании этого метода можно определить продолжительность сушки. *Приведенная скорость сушки* – отношение скорости сушки при данном влагосодержании материала к максимальной скорости первого периода. Она определяется по уравнению 1.11.

$$\Psi = \frac{dw}{d\tau} : \left(\frac{dw}{d\tau}\right)_{\max.} = \frac{1}{N} * \frac{dw}{d\tau} \quad (1.11)$$

Значения приведенной скорости сушки изменяются от 0 до 1. Для периода постоянной скорости сушки при $w \geq w_k$; $\psi = 1$, а в конце сушки при достижении равновесного влагосодержания $w=w_k$; $\psi = 0$.

Метод приведенной скорости сушки позволяет исключить влияние параметров сушильного агента на интенсивность процесса сушки. Зависимость

метода приведенной скорости сушки только от физико-химических свойств материала и вида связи с материалом позволяет использовать уравнение продолжительности сушки в расчетах сушильных установок любой производительности. На основании уравнения 1.11 путем интегрирования от начального влагосодержания до критического определяют продолжительность процесса сушки.

Продолжительность сушки τ (мин) определяется по уравнению 1.12.

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(W_1 - W_k) + A \int_{W_2}^{W_k} \frac{dw}{(W - W_p)^m} + \beta(W_k - W_2) \right] \quad (1.12)$$

Показатель степени m является постоянной величиной для данного материала, не зависит от формы и размера частиц, влагосодержания, способа и параметров процесса сушки. Он характеризует вид связи влаги с материалом, физико-химические свойства материала. Поэтому при испарении свободной влаги в периоде постоянной скорости сушки $m=0$. Установлены 4 значения показателя m для пищевых материалов:

$m = 0,5$ - для хурмы, клубники, укропа, томатов, перца.

$m = 1$ - для картофеля, моркови, свеклы, петрушки, лука, сельдерея, капусты, зеленого горошка, абрикосов, яблок, груш, винограда.

$m = 2$ - для всех видов круп после гидротермической обработки и гороха.

При известных значениях показателя степени m уравнение 1.12 имеет следующий вид.

При $m = 0,5$:

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(W_1 - W_k) + 2A(\sqrt{W_k - W_p} - \sqrt{W_2 - W_p}) + \beta(W_k - W_2) \right] \quad (1.13)$$

При $m=1$:

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(W_1 - W_k) + A * 2,31g \frac{W_k - W_p}{W_2 - W_p} + \beta(W_k - W_2) \right] \quad (1.14)$$

При $m=2$:

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(W_1 - W_k) + A * \frac{(W_k - W_2)}{(W_k - W_p)(W_2 - W_p)} + \beta(W_k - W_2) \right] \quad (1.15)$$

где: W_1 , W_k , W_2 , W_p - влагосодержание материала начальное, критическое, конечное и равновесное, %;

A и β - массообменные коэффициенты, определяющие перемещение влаги внутри материала. Величины этих коэффициентов зависят от размера и формы частиц (т.е. длины пути перемещения влаги внутри частицы), а также от фазового состояния перемещаемой влаги (т.е. от температуры и потенциала сушильного агента). Величина коэффициента A с повышением температуры сушки уменьшается. Величина коэффициента β для одного и того же материала может иметь либо положительное, либо отрицательное значение в зависимости от фазового состояния перемещаемой влаги.

Коэффициенты A и β можно рассчитать по уравнениями 1.16 и 1.17.

$$A = c - dE_{cp}. \quad (1.16)$$

$$\beta = eE_{cp} - f \quad (1.17)$$

где: $E_{cp.}$ – среднеинтегральное значение потенциала сушки воздуха, определяется по формуле 1.18.

$$E_{cp.} = (t^c - t^m)_{cp.} \quad (1.18)$$

где: t^c и t^m – температура воздуха, измеренная сухим и мокрым термометром, °С.

c, d, e, f - постоянные коэффициенты, зависящие от вида материала, формы и размера частиц. Значения этих коэффициентов приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Значения коэффициентов c, d, e, f

Наименование материала	Размер частиц, мм	Значения коэффициентов			
		c	d	e	f
Абрикосы	15x15x15	445	1,35	0,0293	2,40
Айва	15x15x15	520	5,20	0,0282	2,00
Баклажаны	12x12x12	5000	38,50	0,0430	4,73
Груши	15x15x15	490	3,77	0,0227	1,75
Зеленый горошек	-	920	7,85	-	-
Кабачки	8x8x8	2750	27,8	-	-
Кабачки	12x12x12	2340	15,6	-	-
Кабачки	15x15x15	2550	17,6	-	-
Картофель	8x8x8	700	4,83	0,0191	2,20
Лук	D=3	43	0,265	0,0012	-0,82
Морковь	10x10x10	75	0,528	0,00112	-0,842
Пастернак	12x12x12	940	6,6	-	-
Хурма	10x10x10	421	4,1	0,306	30,50
Хурма	20x20x20	305	2,28	0,127	16,55
Цикорий	8x8x8	890	9,9	-	-
Цикорий	10x10x10	1100	10,0	-	-
Цикорий	15x15x15	1290	10,8	-	-
Яблоки	15x15x15	650	5,0	0,0575	-2,5
Крупа гречневая	-	1500	11,5	-0,042	1,4
Крупа перловая	-	1530	10,65	-	-
Крупа рисовая	-	1170	7,4	-0,002	0,85
Крупа пшеничная	-	1710	12,7	-0,0023	1,6
Крупа пшеничная	-	1400	9,0	-0,004	1,6
Горох	-	2530	23,0	0,0303	2,9

Скорость постоянного периода сушки определяется либо по кривой сушки (формула 1.9), либо по уравнению 1.19.

$$N = a + bE_{cp.} \nu \rho (F/M_c) \quad (1.19)$$

где: a и b – постоянные коэффициенты, определяемые видом материала, формой и размером частиц (их значения приведены в таблице 1.5);

$\nu \rho$ – массовая скорость воздуха, кг/(м²*с). При сушке в неподвижном слое следует массовую скорость подставить в виде выражения: $\sqrt{\nu \rho}$;

F/M_c – величина, обратная удельной нагрузке материала, м²/кг.

Критическое влагосодержание определяется по уравнению 1.20:

$$W_k = k - lE_{cp.} \quad (1.20)$$

где: k и l – коэффициенты, зависящие от вида материала, формы и размера частиц (их значения приведены в таблице 1.6).

Если сушка происходит в кипящем слое, то значение критического влагосодержания не зависит от величины массовой скорости воздуха и удельной нагрузки материала.

Значения равновесного влагосодержания W_p следует принимать в зависимости от температуры сушильного агента.

При температуре 100 °С и выше равновесное влагосодержание равно 0.

При температуре 90 °С равновесное влагосодержание равно 1.

При температуре 80 °С равновесное влагосодержание равно 3.

При температуре 60-70 °С равновесное влагосодержание равно 5.

Полученные зависимости позволяют быстро и достаточно точно определить продолжительность сушки пищевых продуктов.

Таблица 1.5 – Значения коэффициентов a и b

Наименование материала	Размер частиц, мм	Значения коэффициентов	
		a	b
Абрикосы	15x15x15	4,6	1,27
Айва	15x15x15	8,8	2,00
Баклажаны	12x12x12	40,0	1,44
Груши	15x15x15	0	1,42
Зеленый горошек	-	7,3	0,73
Кабачки	8x8x8	100,0	0,94
Капуста	D=3	20,0	15,40
Картофель	8x8x8	5,4	0,54
Картофель	12x12x12	2,0	0,905
Картофель	15x15x15	11,0	0,36
Лук	D=3	22,0	0,90
Морковь	10x10x10	12,4	0,454
Свекла	10x10x10	0	0,799
Хурма	10x10x10	6,7	0,306
Хурма	20x20x20	8,2	0,174
Цикорий	8x8x8	4,6	0,836
Цикорий	10x10x10	9,5	0,35
Цикорий	15x15x15	0	0,58
Цикорий	20x20x20	0	0,497
Крупа гречневая	-	0	0,5
Крупа перловая	-	0	0,308
Крупа рисовая	-	0	0,46
Крупа пшеничная	-	0	0,69
Крупа пшеничная	-	0	0,76
Крупа кукурузная	-	5	1,265
Горох	-	0	0,192

Таблица 1.6 – Значения коэффициентов k и l

Наименование материала	Размер частиц, мм	Значения коэффициентов	
		k	l
Абрикосы	15x15x15	795	6,25
Груши	15x15x15	360	0,78
Зеленый горошек	-	300	1,16
Кабачки	8x8x8	1800	10,0
Капуста	D=3	960	7,6
Картофель	8x8x8	250	1,1
Картофель	10x10x10	292	1,08
Лук	D=3	542	2,7
Морковь	12x12x12	630	4,1
Свекла	15x15x15	850	6,5
Хурма	10x10x10	795	6,25
Хурма	20x20x20	730	5,0
Цикорий	8x8x8	337	2,55
Цикорий	10x10x10	255	1,33
Цикорий	15x15x15	310	1,75
Яблоки	15x15x15	377	1,23
Крупа гречневая	-	125	0,9
Крупа перловая	-	172	1,58
Крупа рисовая	-	36	0,17
Крупа пшеничная	-	48	0,3
Крупа пшеничная	-	40	0,2
Крупа кукурузная	-	155	0,92

3 Факторы, влияющие на процесс сушки

Основные факторы, влияющие на процесс сушки это: температура сушильного агента, скорость воздушного потока, относительная влажность воздуха, давление, степень измельчения материала, толщина слоя.

Температура сушильного агента. В начале сушки увеличение температуры сушильного агента приводит к ускорению процесса сушки. Но одновременно увеличиваются тепловые потери, которые наиболее существенны в конце сушки, когда материал имеет низкую влажность. Максимально допустимые температуры зависят от вида материала и способа сушки.

При сушке материала в неподвижном слое нижний слой высушиваемого материала соприкасается с сушильным агентом, который нагрет до максимальной температуры и с сушильной сеткой, это приводит к местным перегревам (максимальная температура не более 70-75°C).

При сушке в «кипящем слое» происходит непрерывное движение и перемешивание материала, местных перегревов не происходит и максимально

допустимые температуры сушильного агента и материала могут быть повышены (максимальная температура может достигать 140-180 °С).

Температура при распылительной сушке определяется направлением движения сушильного агента и материала. В начальный период сушка интенсивнее протекает при прямотоке (движение высушиваемого материала и сушильного агента направлены в одну сторону). В конце сушки – более интенсивна сушка протекает при противотоке (движение высушиваемого материала и сушильного агента направлены в разные стороны). Температура высушиваемого материала в конце процесса сушки при прямотоке приближается к температуре уходящего воздуха, а при противотоке – к температуре поступающего воздуха. Поэтому конечная температура материала значительно выше при противотоке и может оказаться выше допустимой. Чтобы этого избежать, необходимо при сушке термолабильных материалов применять противоточное движение воздуха и высушиваемого материала. При прямоточном движении воздуха для сушки используется воздух с температурой 180-200 °С, а при противоточном движении – эта температура не должна превышать 140 °С. Более экономичным является прямоточное движение воздуха и высушиваемого материала.

Скорость воздушного потока – оказывает влияние на скорость сушки только на участке постоянной скорости (при постоянной температуре и относительной влажности). Чем выше скорость воздушного потока, тем выше скорость сушки. Это влияние заметно до скорости воздушного потока 5 м/с. Дальнейшее увеличение скорости воздушного потока ограничивается тем, что струя воздуха «срывает» с сушильной поверхности мелкие кусочки высушиваемого материала. Это свойство воздушного потока используется при сушке в «кипящем слое», когда скорость воздушного потока составляет 5-15 м/с. В конце сушки скорость воздушного потока не оказывает существенного влияния на скорость сушки. На данном участке скорость не более 1 м/с.

Относительная влажность воздуха. При постоянной температуре и скорости воздушного потока снижение скорости сушки на первом этапе прямо пропорционально увеличению относительной влажности воздуха. Затем эта зависимость уменьшается и снова возрастает на конечном этапе сушки. В этот момент зависимость процесса сушки от относительной влажности воздуха определяется значением равновесного влагосодержания, которое соответствует остаточной влажности высушиваемого материала.

Атмосферное давление. Понижение давления ускоряет процесс сушки, но только на первом этапе.

Степень измельчения материала – значительно сокращает продолжительность сушки. Этот фактор используется в распылительных сушилках, где хорошо измельченный материал (размеры частиц не превышают нескольких микрон) высушивается за несколько секунд.

Толщина слоя или удельная нагрузка. Увеличение толщины слоя снижает скорость сушки, в основном, на первом этапе. По мере высыхания толщина слоя уменьшается, и скорость сушки повышается. Это позволяет устанавливать не ленточных сушилках более низкую скорость движения

нижних лент (12 см/мин) по сравнению с верхними (20 см/мин). Для равномерной сушки загрузка материала на ленте должна быть равномерная. В ленточных сушилках это обеспечивается наличием специального оборудования (ворошителей). Удельная нагрузка влияет и на производительность сушильного оборудования. С увеличением толщины слоя производительность будет возрастать, но до определенного предела удельной нагрузки материала, затем это приводит к снижению производительности сушильного оборудования. Кроме того, увеличение толщины слоя связано с увеличением расхода электроэнергии на вентилятор, подающий воздух на сушку. Поэтому высота слоя устанавливается индивидуально для каждого высушиваемого материала в зависимости от способа сушки. Например для плодоовощного сырья, в сушилках с неподвижным слоем оптимальная удельная нагрузка 6,5-18,5 кг/м², в «кипящем слое» – 80-120 кг/м².

4 Изменение продуктов в процессе сушки

В процессе сушки с продуктами происходят значительные изменения. Они зависят, в первую очередь, от выбранного способа и режима сушки. Основные изменения это: усадка, изменение окраски, затвердевание, нарушение восстанавливающей способности, потеря летучих веществ.

Усадка материала при сушке. В процессе сушки большинство материалов уменьшается в размерах. Это естественный процесс при сушке. Усадка – уменьшение объема и размеров материала в процессе сушки. Овощи, плоды и крупы относятся к числу капиллярно-пористых материалов, поэтому при сушке дают значительную усадку, уменьшаясь в объеме в 3-4 раза. Усадка происходит равномерно в течение всего процесса сушки.

Объемная усадка пищевых растительных материалов имеет линейную зависимость от влагосодержания материала и определяется по формуле 1.21.

$$V = V_c \left(1 + \beta_v \frac{w}{100}\right) \quad (1.21)$$

где: V – объем частицы в любой момент сушки, см³;

V_c – объем частицы абсолютно сухого материала, см³;

β_v – коэффициент объемной усадки (для картофеля, нарезанного кубиками размером 8x8x8 мм – 0,625; для кукурузу – 0,25; для круп вареных: гречневой – 0,919; пшеничной – 0,948; перловой – 0,45; пшенной – 0,17; гороха – 0,15).

При равномерной сушке и небольших перепадах влаги в материале усадка частиц происходит с сохранением формы. Неравномерная сушка приводит к искажению формы частиц. При больших перепадах влаги в материале образуются разрывы и трещины.

При сушке пищевых растительных материалов в «кипящем слое» с температурой воздуха выше 105 °С частицы разнообразных форм и размеров сохраняют свои первоначальные форму и объем. Этому способствует равномерное омывание частиц потоком нагретого воздуха со всех сторон. Влага перемещается внутри частиц только в виде пара, внутреннее его давление уравнивает силы, которые вызывают усадку. Сушка в «кипящем слое» при

температуре ниже 100 °С приводит к равномерной усадке. Это связано с тем, что влага внутри материала перемещается как в виде жидкости, так и в виде пара, а его внутреннее давление меньше сил усадки.

Перегрев (подгорание) и побурение. Происходящие при сушке необратимые нежелательные изменения называют *побурением, окрашиванием, обугливанием или просто подгоранием*.

Различают несколько степеней перегрева. Самая легкая – *изменение цвета*. Это первая ступень, происходит незначительное изменение окраски продукта по сравнению с исходной (до сушки). Эта степень перегрева не влияет на изменение вкуса и аромата.

Побурение в процессе сушки вызывается реакцией меланоидинообразования между аминокислотами и восстанавливающими сахарами, карамелизацией за счет термического разложения сахаров, а также ферментативными реакциями, связанными с процессом окисления полифенольных соединений. Самый распространенный способ ограничения реакций побурения – сульфитация продуктов перед сушкой. В результате этого повышается критическая температура сушки. Это позволяет при противоточной сушке повысить температуру подаваемого сушильного агента и, тем самым, увеличить производительность сушильных установок. Для ограничения реакций побурения используются также обработка продуктов перед сушкой в растворах аскорбиновой или лимонной кислот в концентрации 0,1 %.

Более сильный перегрев влияет на вкусовые и восстанавливающие свойства, на пищевую ценность сушеных продуктов. *Подгорание* характеризуется максимально допустимой критической температурой. При нагревании выше этой температуры продукт подгорает. Критическая температура у одинаковых продуктов зависит от влажности. Среди овощей наиболее чувствителен к подгоранию лук – он имеет самую низкую критическую температуру. При сушке измельченного лука влажности 10-12 % соответствует критическая температура 65-70 °С; влажности 8-10 % - критическая температура 60-65 °С; влажности 6-8 % - критическая температура 55-60 °С. На конечном этапе сушки критическая температура примерно равна температуре высушиваемого продукта. Критическую температуру подгорания можно повысить на 5-10 °С, если продукт перед сушкой подвергнуть сульфитации.

На процессы подгорания продукта влияет не только температура, но и продолжительность нагрева. Этим объясняется тот факт, что при распылительной сушке продуктов, которая протекает очень быстро, при температуре уходящего сушильного агента около 100 °С окраска порошка с остаточной влажностью 2-4 % практически не изменяется.

Цвет продуктов при сушке может измениться и не только в результате подгорания. Это может быть за счет реакций окисления, если высушивают продукты, которые долго хранились в очищенном виде.

Затвердевание. При сушке растительных материалов может наблюдаться такое явление, что на определенном этапе процесс сушки практически останавливается. Это происходит за счет того, что на поверхности продукта

образуется практически непроницаемая для влаги твердая корочка. За счет нее влага не может испаряться с поверхности продукта. Продукт внутри остается влажным. Чтобы этого избежать, фрукты, высушиваемые в целом виде или в виде крупных кусков, в начальный период сушки при высокой относительной влажности высушивают при низкой температуре сушильного агента. Например, для слив применяют воздух с начальной температурой 50-55 °С и относительной влажностью 60-65 %. Эти условия препятствуют образованию на поверхности слив твердой корочки. Если продукты нарезаны на мелкие кусочки, то поверхностного затвердевания не происходит.

Нарушение регидратационной (восстанавливающей) способности.

Обычно сушеные продукты употребляются в регидратированном (увлажненном) состоянии. Продолжительность и степень регидратации у продуктов, высушенных традиционными способами, чаще всего оказываются неудовлетворительными. Самыми лучшими регидратационными свойствами обладают продукты, высушенные методом сублимационной сушки. Такие продукты во время регидратации полностью восстанавливают исходную влажность и первоначальные физические свойства. Процесс их восстановления протекает очень быстро.

Снижение восстанавливающей способности вызывается необратимым перегревом продуктов. Он может происходить и без видимого изменения окраски (побурения). Это происходит за счет того, что после испарения свободной и механически связанной влаги начинает удаляться физико-химическая влага. В результате этого основные компоненты высушиваемого материала претерпевают различные изменения. Среди них наиболее значительные это: затвердевание амилопектина, пектина и белков. В первую очередь, коллоидную необратимость сушеных продуктов вызывает тепловая коагуляция белков. Она может быть как частичной, так и полной.

Потеря летучих веществ. Испаряясь из материала при сушке, влага вместе с собой увлекает и летучие компоненты продуктов. Вследствие этого сушеные продукты теряют вкус и аромат. Состав уходящих с влагой летучих веществ зависит от изменения температуры продукта в процессе сушки, а также от давления паров летучих компонентов при данной температуре. Большое значение имеет также растворимость летучих компонентов в воде и других веществах высушиваемого материала. При некоторых современных методах сушки (например, при производстве сухих порошков) к сушеным продуктам добавляют ароматические концентраты. Их получают путем конденсации паров исходного продукта. Но такой способ является достаточно сложным и дорогостоящим.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое равновесное влагосодержание, какую роль оно играет при сушке?
- 2 Чем отличаются изотермы сорбции и десорбции, с какой целью их строят?

- 3 Чем объясняется площадь гистерезиса на изотермах сорбции и десорбции?
- 4 Что такое гигроскопическое влагосодержание, какова технологическая роль этого показателя?
- 5 Что такое кривая сушки, какие участки можно на ней выделить?
- 6 Что такое скорость сушки, приведенная скорость сушки, как они определяются?
- 7 От каких показателей зависит определение продолжительности сушки?
- 8 Как влияет температура сушильного агента на процесс сушки?
- 9 Какую роль играет относительная влажность воздуха при сушке?
- 10 Как влияет толщина слоя высушиваемого материала на процесс сушки и производительность сушильных установок?
- 11 Какие изменения происходят с продуктами в процессе сушки?
- 12 Что такое усадка материала и чем она обусловлена при сушке?
- 13 За счет чего происходит изменение цвета продуктов при сушке?
- 14 Чем обусловлено затвердевание продуктов при сушке и как этого избежать?
- 15 Что такое регидратационная способность, как можно ее повысить?
- 16 За счет чего происходит потеря летучих компонентов при сушке?

1.3 СПОСОБЫ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

1 Классификация способов сушки

2 Конвективный способ

2.1 Сушка в плотном слое

2.2 Распылительная сушка

2.3 Сушка во взвешенном слое

2.4 Сушка во вспененном состоянии

3 Кондуктивный способ сушки

4 Сушка термоизлучением

5 Сушка токами высокой частоты

6 Комбинированные способы сушки

7 Вакуумная сушка

8 Сублимационная сушка

1 Классификация способов сушки

Сушка – это не только сложный процесс тепло- и массообмена, но также и самый сложный технологический процесс. Высушенный пищевой продукт должен иметь высокие показатели качества, как органолептические, так и физико-химические. Оптимальный режим сушки должен осуществляться при минимальном затратах тепла и энергии и заключаться в максимальном сохранении химико-технологических показателей качества сырья, используемого для сушки.

Исследования последних лет направлены на совершенствование способов сушки, которые бы обеспечивали максимальную сохранность пищевых и вкусовых достоинств продукта, а также высокую эффективность процесса.

Для современных способов сушки характерна интенсификация процессов тепло- и массообмена, которая достигается различными путями: увеличением поверхности контакта между высушиваемым продуктом и сушильным агентом; снижение относительной влажности сушильного агента; применение комбинированного подвода тепла; повышение скорости перемещения высушиваемого материала и сушильного агента; сочетание обезвоживания с различными технологическими процессами: замораживанием, взрыванием, диспергированием, вспениванием и др.

Существует несколько классификаций способов сушки по различным признакам.

По способу воздействия сушильного агента:

- *естественная;*
- *искусственная.*

Естественная сушка – старый способ, используется для сушки плодов, ягод, грибов в регионах с подходящими климатическими условиями. Продукт высушивают на открытом воздухе в тонком слое до равновесной влажности.

Искусственная сушка – проводится в сушильных установках, которые располагают в закрытых помещениях и снабжают необходимыми источниками энергии.

По давлению воздуха в сушильной камере :

- *атмосферная;*
- *вакуумная.*

Атмосферная – сушильным агентом является атмосферный воздух с отклонением давления в сушильной камере не выше 49 МПа.

Вакуумная – сушка производится под вакуумом, который создается и поддерживается вакуум-насосом.

По способу подвода тепла к влажному материалу сушилки классифицируются на:

- *конвективные* – тепловая энергия передается конвекцией;
- *кондуктивные* – тепловая энергия передается с помощью теплопроводности;
- *терморрадиационные* - тепловая энергия передается с помощью термоизлучения;
- *высокочастотные* - тепловая энергия преобразуется из электрической внутри высушиваемого материала;
- *комбинированные* – передача тепла осуществляется с помощью комбинаций вышеупомянутых способов.

В зависимости от направления движения высушиваемого материала и сушильного агента:

- *прямоточные* – направление движения высушиваемого материала и сушильного агента совпадает;
- *противоточные* - направление движения высушиваемого материала и сушильного агента противоположное;

- *перекресточные* - направление движения высушиваемого материала и перпендикулярно направлению сушильного агента.

По виду сушильного агента:

- аппараты, использующие нагретый воздух;
- установки, использующие дымовые газы;
- установки, использующие смесь воздуха с дымовыми газами;
- установки, использующие перегретый пар.

По циркуляции сушильного агента:

- установки с естественной циркуляцией;
- установки с принудительной циркуляцией (при помощи центробежных и осевых вентиляторов).

По способу нагрева сушильного агента:

- установки с паровыми калориферами;
- установки с огневыми калориферами;
- установки с топками на жидком топливе;
- установки с топками на газовом топливе.

По кратности использования сушильного агента:

- с однократным использованием нагретого воздуха;
- с многократным использованием нагретого воздуха.

По виду объекта сушки:

- для твердых материалов (крупных, мелких, пылевидных);
- для жидких материалов;
- для пастообразных продуктов.

По режиму работы:

- периодического действия;
- непрерывного действия.

По конструктивным признакам:

- тоннельные;
- камерные;
- шахтные;
- ленточные;
- барабанные;
- вальцевые и др.

Выбор способа сушки зависит от биохимических и структурно-механических свойств сырья, состояния его при обезвоживании (целые плоды, нарезанные кусочками, жидкие продукты), а также свойств конечного продукта и экономичности процесса.

2 Конвективный способ

Этот способ самый распространенный. Энергия передается высушиваемому объекту с помощью конвекции. В качестве сушильного агента используется нагретый воздух, топочные газы или перегретый пар.

Характерной особенностью конвективной сушки является то, что перенос влаги внутри продукта происходит за счет влаго- и термовлагопроводности как в виде жидкости, так и в виде пара. Сушильный агент является теплоносителем и влагопоглотителем.

Преимуществом этого метода является простота, возможность регулирования температурой высушиваемого материала.

Недостатки. Градиент температуры направлен в сторону, противоположную градиенту влагосодержания, это тормозит удаление влаги из материала. Небольшие коэффициенты теплоотдачи от сушильного агента к поверхности материала (11,6-23,2 Вт/(м²*К).

Важную роль при конвективной сушке играют параметры сушильного агента (температура, относительная влажность, скорость движения), толщина слоя и его состояние (плотный, разрыхленный, взвешенный, диспергированный), а также удельная нагрузка. Поэтому интенсифицировать конвективную сушку можно, регулируя данные параметры.

Температура – с повышением температуры сушильного агента интенсивность испарения влаги увеличивается за счет увеличения теплообмена между высушиваемым материалом и сушильным агентом, а продолжительность сушки сокращается. Однако температура в конце сушки не должна быть выше критической для высушиваемого материала. Для плодово-ягодного сырья она колеблется в пределах 55-65 °С.

Относительная влажность сушильного агента – с уменьшением относительной влажности процесс сушки ускоряется. Но сушка с низкой относительной влажностью связана с излишним расходом тепла и, следовательно, удорожанием процесса. Кроме того, низкая относительная влажность сушильного агента вначале сушки способствует быстрому перемещению влаги и образованию корочки на поверхности, что замедляет сушку. Для плодового и овощного сырья относительная влажность отработавшего воздуха должна быть в пределах 35-45 %.

Скорость сушильного агента – зависит от его количества, поступающего в установку, сечения камеры, направления движения. В тоннельных сушилках скорость движения сушильного агента составляет 2,8-3,5 м/с, а в ленточных – 0,2-0,5 м/с. При движении сушильного агента перпендикулярно высушиваемому материалу теплообмен увеличивается примерно в 2 раза по сравнению с параллельным. Поэтому для сушки в неподвижном слое применение ленточных сушилок более эффективно, чем тоннельных.

Толщина слоя - зависит от вида сырья, формы, коллоидно-химических свойств, начальной и конечной влажности. Сушка плодов и овощей в тонком слое в начале процесса и более толстом в конце создает благоприятные условия для получения продукта хорошего качества и эффективного использования сушильной установки. Этот принцип используется в ленточных сушилках.

Состояние слоя – определяет активную поверхность контакта с сушильным агентом.

Использование нагретого воздуха в качестве сушильного агента, который является одновременно теплопередатчиком, влагопоглотителем и влагоудалителем, обуславливает сравнительную простоту конструкций конвективных сушилок. При других способах сушки находящийся в контакте с продуктом воздух используется лишь для удаления испарившейся влаги.

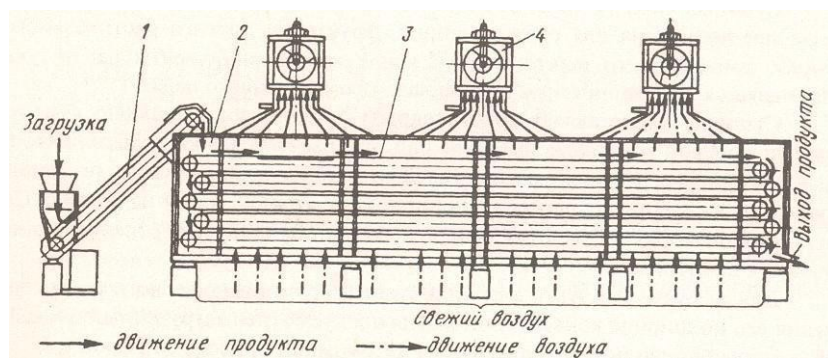
Технические способы осуществления конвективной сушки самые разнообразные: в плотном слое, во взвешенном, в распыленном состоянии и т.д.

2.1 Сушка в плотном слое

Процесс сушки в неподвижном и малоподвижном слое осуществляется в камерных, ленточных, тоннельных и шахтных сушильных установках.

Камерная сушилка - основным узлом является сушильная прямоугольная камера, внутри которой помещается высушиваемый продукт. Это сушилка периодического действия. Сушка производится нагретым воздухом или смесью топочных газов с воздухом. Используется для сушки сухарей, кукурузы в початках, зерна.

Ленточные (конвейерные) сушилки – используются широко на овощесушильных предприятиях для сушки овощей, фруктов, нарезанных на мелкие куски, проваренных круп. Сушка осуществляется воздухом, нагретым в калориферах. Особенностью их является то, что продукт высушивается в плотном слое высотой 7,5-15 см. Эти сушилки непрерывного действия. Представляют собой закрытую теплоизолированную камеру, внутри которой расположены один над другим 4 или 5 бесконечных сетчатых ленточных конвейеров из нержавеющей стали. Сушилка марки Г4-КСК-90 (пятиленточная) приведена на рисунке 1.3.



Условные обозначения: 1–транспортер; 2–сушильная камера; 3–транспортер сушильной камеры; 4–вентилятор

Рисунок 1.3 – Ленточная сушилка

Каждый ленточный конвейер смещен относительно другого по длине сушильной камеры для пересыпания продукта с одной ленты на другую. Ленты движутся противоположно друг другу. Скорость движения лент может меняться. Ширина ленты до 2 м, длина до 10 м. Для загрузки продукта в сушильную камеру предусмотрен транспортер (1) со скребками. Для перемещения продукта с целью равномерной сушки и предотвращения слипания в начале первой, а также в середине первой, второй и третьей ленты установлены ворошители. Для очистки лент от налипшего продукта под первой и второй лентами (в конце) установлены щетки. Поверхности барабанов очищаются от налипшего продукта скребками, которые установлены у натяжных барабанов первого, второго и третьего ленточного конвейеров.

Каждый ленточный конвейер смещен относительно другого по длине сушильной камеры для пересыпания продукта с одной ленты на другую. Ленты движутся противоположно друг другу. Скорость движения лент может меняться. Ширина ленты до 2 м, длина до 10 м. Для загрузки продукта в

Осыпающиеся куски продукта попадают в установленные под скребками лотки. Из лотков они убираются вручную 1 раз в смену.

Между барабанами ленточных конвейеров установлены калориферы. На каждом ряде калориферов в месте подвода пара установлены вентили, а в местах отвода – конденсатоотводчики. Это позволяет регулировать тепловой режим в каждой зоне. Сушильный агент подается снизу, проходит через все зоны сушилки и отсасывается вентилятором (4).

Высушиваемый продукт загружается в сушильную камеру (2) на верхнюю ленту (3). Пройдя до конца ленты, он пересыпается на следующую, движется в противоположном направлении и выгружается с нижнего транспортера. Температура сушильного агента на входе в сушилку 90-120 °С, на выходе – 55-80 °С.

Ленточные конвейерные сушилки обеспечивают непрерывность процесса. Но ограниченная скорость и неравномерное распределение сушильного агента приводят к неравномерному распределению теплоты и влаги и местным перегревам.

Тоннельные сушильные установки используются для сушки плодов, ягод, грибов, а также для сушки жестяных консервных банок после мойки. Представляют собой сквозную удлиненную камеру, внутри которой высушиваемый продукт перемещается в вагонетках. Каждая вагонетка имеет 20-30 полок, на которых устанавливаются сетчатые поддоны с высушиваемым материалом. На каждый поддон помещается от 15 до 25 кг продукта.

По режиму работы относятся к сушилкам непрерывного действия. Длина этих сушилок от 10 до 100 м, ширина – от 2 до 10 м. При эксплуатации необходимо соблюдать расстояние между материалами, стенами и потолком, а также между вагонетками 70-80 мм. Циркуляция сушильного агента осуществляется как за счет естественной конвекции, так и принудительной, последние сушилки более производительны и экономичнее. В этих сушилках используют реверсирование (изменение направления подачи сушильного агента). Это позволяет увеличить равномерность процесса сушки. Сушильным агентом является смесь топочных газов и воздуха. В сушилке предусмотрена рециркуляция части отработанного воздуха, это повышает экономичность. Начальная температура сушки 45-50 °С, конечная – 75-80 °С. Использование вначале процесса сушки мягких условий для удаления влаги с постепенным повышением температуры благоприятно для фруктов, которые трудно поддаются сушке (виноград, абрикосы).

Применение в них смеси топочных газов с воздухом хотя и экономично по затратам теплоты, но не исключает возможности образования при сушке канцерогенных веществ.

Шахтные сушилки предназначены для сушки сыпучих продуктов. Представляют собой вертикальные шахты прямоугольного сечения размером не менее 80 мм. Стенки чаще всего сетчатые или жалюзийные. Сушилки могут быть прямоточные или рециркуляционные. В прямоточных сушилках продукт проходит через сушильную камеру один раз, в рециркуляционных – несколько раз, число рециркуляций зависит от начальной влажности продукта.

Эти сушилки обеспечивают непрерывность процесса, но скорость сушки в них в 2-3 раза ниже по сравнению с ленточными конвейерными сушилками.

При обезвоживании продуктов в плотном слое не вся поверхность высушиваемого материала участвует в теплообмене. Поэтому процесс протекает медленно, продолжительность сушки высокая, возможны перегревы продукта на отдельных участках. Сушилки громоздки и имеют невысокую производительность. Готовый продукт плохо набухает, восстанавливается при длительном кипячении (20-25 мин).

Значительное ускорение процессов тепло- и массообмена достигается при сушке продуктов в перемешиваемом слое.

2.2 Распылительная сушка

Конвективная сушка жидких продуктов в тонкодиспергированном (распыленном) состоянии – один из современных высокоинтенсивных способов. В пищевой промышленности эта сушка используется для обезвоживания овощных и фруктовых паст, пюре, соков.

При обезвоживании распылением жидкие продукты диспергируют на капли малых размеров (5-500 мкм). Это увеличивает поверхность испарения (площадь поверхности 1 кг раствора составляет 600 м²) и продолжительность сушки измеряется секундами (от 5 до 30 с). Очень малый размер частиц устраняет тормозящее действие термовлагопроводности. При этом скорость внутренней диффузии практически не влияет на скорость сушки, в результате чего с огромной поверхности диспергированных частиц удаляется, в основном, поверхностная влага. Это позволяет применять при сушке термолабильных продуктов повышенные температуры сушильного агента (до 180-200 °С).

Максимальный размер капель ($D_{\max,м}$) определяется по формуле 1.22:

$$D_{\max} = k * \frac{8 * \sigma * g}{\rho_v * v^2} \quad (1.22)$$

где: k – коэффициент, зависящий от свойств распыляемого вещества;

σ – поверхностное натяжение, Н/м;

g – ускорение силы тяжести, м²/с;

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³;

v – скорость выхода струи, м/с

Скорость движения воздуха в таких установках составляет 0,2-0,4 м/с. Размеры сушильной камеры определяются производительностью установки и факелом распыления и составляют в диаметре 2,6-12,5 м, а высота от 3 до 25 м и более. Чаще всего сушильная камера имеет форму цилиндра с плоским или коническим основанием, реже – форму прямоугольника. Для удаления высушенного продукта на полу камеры (если форма цилиндрическая) или на стенках (при цилиндроконической форме) установлены скребки, которые вращаются с частотой 50 мин⁻¹ и препятствуют прилипанию продукта к стенкам сушилки. Распылительные устройства в сушилках могут быть в виде форсунок или центробежных дисков.

Преимуществом форсуночного распыления является небольшой расход электроэнергии (на 1 т раствора 2-4 кВт/ч); бесшумность работы; простота

конструкции. *К недостаткам* можно отнести засорение выходных отверстий из-за малого сечения; при увеличении производительности ухудшается качество распыления, поэтому в установках большой производительности устанавливают много форсунок (до 35 шт.).

Дисковой распыление наиболее распространено, так как с помощью быстровращающихся дисков (частота вращения 7500-12000 мин⁻¹) можно распылять продукты с высоким содержанием сухих веществ (до 50 % и выше). Это возможно потому, что в них нет отверстий для прохода раствора, они не забиваются и обеспечивают однородное распыление. Один диск обеспечивает работу одной сушильной установки любой производительности. *К недостаткам* дискового распыления можно отнести высокая стоимость устройства; необходимость делать сушильную камеру большего диаметра из-за широкого факела распыления.

Движение распыленных частиц и воздуха в камере может быть прямоточным, противоточным и смешанным. Прямоточное используется при сушке термолабильных продуктов, так как это дает возможность использовать более высокие температуры без опасности перегрева продукта.

Размеры сушильной камеры можно определить, исходя из ее объема, который рассчитывается по уравнению 1.23:

$$V = \frac{W}{\tau * A_w} \quad (1.23)$$

где: W – количество испаренной влаги, кг/с (определяется на основании уравнения материального баланса процесса сушки);

τ – продолжительность сушки, с;

A_w – коэффициент напряжения (для форсуночных распылительных установок он равен 2,2-2,4 кг/(м³*ч); для дисковых – 3,1-3,5 кг/(м³*ч).

По объему камеры определяют диаметр (d) и высоту (h), соотношение между ними зависит от способа распыления: для форсуночных сушильных установок $d:h = 1: (1,5-2,5)$; для дисковых распылительных сушилок $d:h = 1: (0,8-1,0)$.

В зависимости от формы и размеров сушильной камеры количество осевшего и уносимого после сушки продукта различно: в цилиндрических камерах остается 65-70 % продукта, а 30-35 % уносится с воздухом; в камерах цилиндроконической формы оседает 30-35 % сухого продукта и 65-70 % уносится с воздухом. Поэтому за сушильной камерой монтируют устройства для выделения сухого продукта из отходящего воздуха (рукавные фильтры, циклоны, мокрые пылеуловители - скрубберы и т.д.).

Из-за высокой скорости испарения влаги температура высушиваемого продукта остается невысокой. Продукты получают высокого качества с хорошей растворимостью. При этом способе сушки можно регулировать величину частиц, объемную массу, конечную влажность и температуру порошка. По качеству получаемые продукты сравнимы с продуктами сублимационной сушки, но стоимость их на 25-30 % ниже.

К недостаткам распылительной сушки можно отнести большие габариты сушильных установок, недостаточное использование объема

сушильной камеры, повышенные расходы теплоты (на 1 кг испаренной влаги затрачивается 2,5-4,0 кг пара).

2.3 Сушка во взвешенном слое

Способ применяется для сушки круп, плодов и овощей, нарезанных кубиками с размерами грани от 8 до 20 мм.

При сушке во взвешенном слое нагретый воздух движется сквозь слой материала, теплообмен увеличивается в 2 раза. Дальнейшее ускорение сушки происходит за счет перехода материала из неподвижного слоя во взвешенный. Взвешенный слой подразделяется *на кипящий и фонтанирующий*.

Кипящий слой характеризуется непрерывным и беспорядочным движением и перемешиванием частиц в определенном объеме по высоте, высоко развитой поверхностью соприкосновения материала с нагретым воздухом, так как при этом способе сушки каждая частица равномерно омывается со всех сторон потоком нагретого воздуха. Это приводит к равномерному нагреву материала и мгновенному удалению пограничного слоя испаряющейся влаги. Это позволяет применять повышенные температуры сушильного агента (110-180 °С в зависимости от вида материала). В результате значительно сокращается процесс сушки, уменьшается воздействие теплоты на продукт, увеличивается удельная нагрузка материала, лучше сохраняются свойства продукта (по сравнению с низкотемпературной сушкой в неподвижном слое).

Переход частиц из неподвижного слоя в кипящий происходит при достижении критической скорости воздуха, который пронизывает слой высушиваемого материала. При увеличении скорости движения воздуха происходит разрыхление материала, увеличение его объема и переход частиц во взвешенное состояние.

Высота взвешенного слоя определяется для конкретной скорости движения воздуха. Это объясняется *порозностью слоя* и скоростью воздуха между частицами высушиваемого материала.

Порозность слоя – отношение объема воздуха между частицами к общему объему слоя, определяется по уравнению 1.24.

$$m = (V - V_0)/V \quad (1.24)$$

где: V – насыпной объем слоя, м³;

V_0 – суммарный объем частиц, м³.

Для «кипящего» слоя интервал порозности находится в пределах от 0,55 до 0,83. Увеличение скорости воздуха приводит к увеличению высоты кипящего слоя и увеличению порозности слоя.

Нижний предел кипящего слоя – неподвижный слой материала, верхний – скорость витания, при которой происходит совместное движение материала и воздуха. Критическая скорость должна быть меньше скорости витания, иначе высушиваемый материал будет уноситься с потоком воздуха. Критическая скорость не зависит от величины удельной нагрузки материала.

Скорость витания частиц различных пищевых продуктов ($v_{\text{вит.}}$, м/с) определяется по формуле 1.25:

$$v_{\text{вит.}} = 1,2 + 5,4 * K_{\phi} * \sqrt{d_3 * \rho_m / \rho_v} \quad (1.25)$$

где: K_{ϕ} – динамический коэффициент формы, равный отношению скорости витания частицы данной формы к скорости витания равного по объему шара;

d_3 – диаметр частицы, м;

ρ_m – плотность материала, кг/м³;

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³

При дальнейшем увеличении скорость движения воздуха начинается фонтанирование. Гидравлическое сопротивление слоя меньше по сравнению с кипящим, оно составляет всего 12-30 % и не зависит от вида материала, формы и размера частиц, является величиной постоянной для данной конструкции камеры.

Скорость воздуха оказывает влияние на продолжительность сушки материала в «кипящем» слой только в период постоянной скорости. В период падающей скорости уменьшение влажности не зависит от скорости воздуха, так как она не ускоряет перемещение влаги внутри материала. Поэтому сушку пищевых продуктов проводят при минимальной скорости, которая обеспечивает устойчивое движение и перемешивание частиц разных размеров для того или иного материала (т.е. развитая стадия кипящего или фонтанирующего слоя).

Удельная нагрузка материала влияет на продолжительность сушки также только в период постоянной скорости сушки. При увеличении удельной нагрузки в 4 раза происходит снижение скорости сушки в этот период за счет снижения потенциала сушильного агента в 1,2 раза. Удаление связанной влаги (остаточной), которое происходит в период падающей скорости сушки, не зависит от удельной нагрузки материала. Оптимальные удельные нагрузки при сушке в «кипящем» слое составляют, в кг/м²: для овощей и круп 100-120; для плодов – 60-80.

Применение высоких температур при сушке приводит к интенсификации удаления остаточной влаги за счет перемещения ее внутри материала в виде пара, испарением влаги внутри частиц. Поэтому продукты можно высушивать до остаточного влагосодержания 1-2 % за небольшой промежуток времени. Глубокая сушка приводит к увеличению продолжительности хранения готового продукта.

Частицы материала в процессе сушки при высоких температурах не дают усадки, сохраняют первоначальную форму и объем. Мелкопористое строение растительных тканей снижают парциальное давление над поверхностью высушиваемых частиц и уменьшают температуру кипения. Происходит интенсивное образование пара внутри частиц, зоной испарения становится весь объем, и усадки продукта не происходит. Но это возможно лишь при развитой поверхности кипящего слоя при равномерном нагреве частиц со всех сторон. Полученные при сушке частицы имеют пористое строение, имеют высокий коэффициент набухаемости (увеличение объема частицы при поглощении воды) и небольшую продолжительность разваривания.

При сушке круп в кипящем слое практически не меняется содержание крахмала, белков и сахаров. Это способствует сохранению высокой пищевой ценности продуктов.

Продолжительность сушки в зависимости от температуры сушильного агента приведена в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Продолжительность сушки продуктов в кипящем слое

Вид высушиваемого продукта	Остаточная влажность, %	Температура сушильного агента на входе, °С					
		100	110	120	130	140	150
		Продолжительность сушки в мин					
Картофель (8x8x8 мм)	15	135	96	70	42	31	30
Картофель (8x8x8 мм)	8	166	106	75	44	32	31
Зеленый горошек	14	80	42	34	21	18	14
Морковь (10x10x10 мм)	10	70	55	50	42	36	32
Морковь (10x10x10 мм)	4	79	65	54	45	40	35
Лук (кольца d= 3 мм)	10	24	21	18	17	14	11
Лук (кольца d= 3 мм)	4	34	25	22	20	16	13
Капуста (d= 3 мм)	10	44	25	21	19	17	-
Капуста (d= 3 мм)	6	48	27	23	21	18	-
Хурма (20x20x20 мм)	20	120	100	90	72	64	-
Гречневая крупа	10	36	34	24	18	16	13
Гречневая крупа	5	71	63	42	31	26	18

Оптимальными температурами для сушки пищевых растительных материалов являются следующие, °С: для картофеля (в зависимости от сорта) – 110-150; зеленого горошка -130-140; моркови и свеклы – 110-160 °С; лука и капусты – 110-120; яблок и айвы – 110-120; абрикосов и груш – 90-100; хурмы – 160-180.

2.4 Сушка во вспененном состоянии

Этот способ используется для сушки пюре, паст, пульпы концентрированных соков. *Сущность способа* состоит в том, что пюреобразный или концентрированный жидкий продукт взбивается в стойкую пену в присутствии пеностабилизирующих веществ и высушивается до низкой остаточной влажности (2-4 %).

Вспенивание придает продукту более жесткую структуру и увеличивается поверхность для диффузии влаги. С точки зрения теплопередачи способ недостаточно эффективен, так как пена имеет низкую теплопроводность. Тем не менее способ не требует высокой температуры и продолжительность его составляет от 3 до 20 мин.

Стойкую пену получают при взбивании с эмульгатором, который добавляют в количестве 1-2 % к массе продукта. В качестве эмульгаторов используют: моностеарат глицерина, метилцеллюлозу, яичный альбумин, желатин, сухое молоко, растворимый крахмал, альгинаты и др.

Сушат пену разными способами: равномерно распределяют тонким слоем на транспортной ленте из нержавеющей стали и сушат встречным потоком воздуха; выдавливают из специальных устройств – экструдеров на ленту в условиях вакуума. При прохождении сушильного агента через пену в ней образуются кратеры, и пена быстро высыхает. Высушенный продукт измельчают и просеивают.

Преимущества способа: обеспечивает быстрое получение полностью восстанавливаемого продукта с максимальным сохранением вкусовых и пищевых достоинств сырья. По качеству способ может конкурировать с сублимационной сушкой, но он значительно дешевле.

3 Кондуктивный способ сушки

Этот способ сушки широко применяется для обезвоживания фруктовых и овощных пюреобразных продуктов, в том числе и картофельного пюре.

Кондуктивный (контактный) способ основан на передаче теплоты материалу при соприкосновении с горячей поверхностью. Воздух при этом способе служит только для удаления водяного пара из сушилки и является влагопоглотителем. Коэффициент теплоотдачи при этом способе в десятки раз выше, чем при конвективной сушке.

Температура в разных слоях материала различна: наибольшая – у слоя, который контактирует с греющей поверхностью, наименьшая – у наружного слоя. Влагосодержание в процессе сушки данным способом постепенно увеличивается от слоев, соприкасающихся с нагретой поверхностью, к наружным слоям. Горячая поверхность чаще всего обогревается водяным паром, температура которого выше 100 °С, поэтому слои материала, контактирующие с горячей поверхностью, могут достичь этой температуры и происходят местные перегревы. Из-за этого степень растворимости сухих продуктов, полученных по данному способу, составляет 80-85 %. Обязательное условие при данном способе сушки – хороший контакт материала с греющей поверхностью.

Сушка происходит в вальцовых сушильных установках. Продолжительность сушки определяется одним поворотом вальцов.

Продолжительность сушки определяется по формуле 1.26:

$$\tau = \frac{30 \cdot l}{\pi \cdot n \cdot R} \quad (1.26)$$

где: l – длина пути, пройденного высушиваемой частицей вдоль вальца, м;

n – частота вращения вальца (1 об/мин = 1 мин⁻¹ = 0,10472 рад/с);

R – радиус вальца, м.

Продукт высушивается в виде тонкого слоя. Толщина пленки высушиваемого материала при условии, что ширина пленки равна длине вальца, определяется по формуле 1.27:

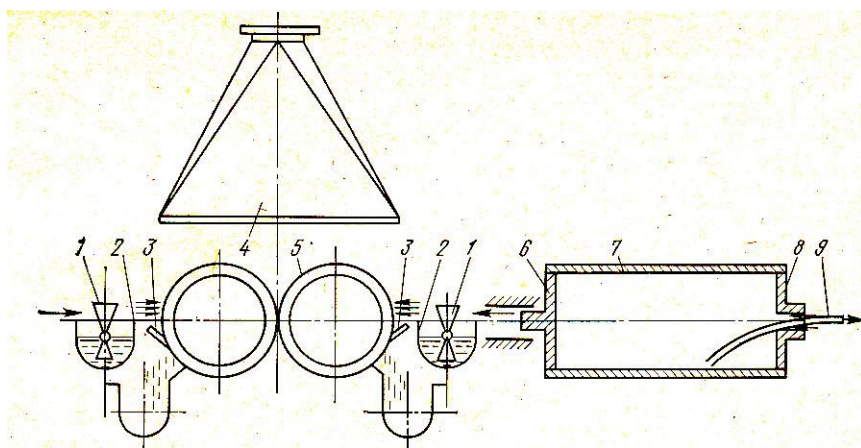
$$\delta = \frac{M_1}{120 * \rho_m * n * l * L} \quad (1.27)$$

где: M_1 – количество материала, поступающего на сушку, кг/ч;

ρ_m – плотность высушиваемого материала, кг/м³;

L – длина вальца, м.

Схема двухвальцово-сушильной установки приведена на рисунке 1.4.



Условные обозначения: 1–диски; 2–желоба; 3–ножи; 4–вытяжной зонт; 5–сушильные вальцы; 6–8 – цапфы; 9 – сифонная трубка

Рисунок 1.4 – Двухвальцовая сушилка

Эти сушилки непрерывнодействующие. Производительность их составляет 250-500 кг испаренной влаги в час. Имеют два полых цилиндрических вальца (5). Наружная поверхность валцов шлифуется и полируется. С торца вальцы закрыты съемными крышками и цапфами. Одни цапфы (6) сплошные для привода, другие (8) полые, через них вводится пар и

отводится конденсат (по сифонной трубке 9, которая соединяется с конденсатоотводчиком). Давление пара в вальцах 0,3-0,5 МПа. Зазор между вальцами регулируется от 0 до 6 мм (в рабочем положении зазор равен 1-2 мм). Над вальцами расположен вытяжной зонт (4) для удаления испаренной влаги. Вальцы вращаются с одинаковой частотой (4-24 мин⁻¹) навстречу друг другу. Продукт для сушки поступает либо в специальные желоба (2), которые расположены снаружи посередине обоих вальцов, это позволяет увеличить полезную площадь их поверхности до 85-87 %. В желобах на горизонтальных валах закреплены диски (1). При вращении валов они погружаются в продукт и покрываются его слоем. Для снятия сухого продукта устанавливаются ножи (3). Продукт высушивается в виде тонкой пленки за один оборот вальцов. Продолжительность сушки (одного оборота) составляет от 2,5 до 15 с.

Преимущества способа: интенсивность сушки (из-за высокого коэффициента теплопередачи между греющей поверхностью и материалом), благодаря этому продукт быстро обезвоживается; невысокие затраты энергии; простота; невысокая стоимость оборудования.

Недостатки способа: продукт подвергается механическому воздействию – его срезают ножами, затем размалывают в порошок, поэтому качество ниже, чем при распылительной сушке. При соприкосновении

продукта с нагретыми вальцами происходит необратимая тепловая коагуляция белков; термическое разложение сахаров и изменение цвета.

4 Сушка термоизлучением

Сушка термоизлучением – использование инфракрасных лучей (ИКЛ).

ИКЛ – невидимые тепловые лучи с длиной волны от 0,77 до 340 мкм.

Для сушки пищевых растительных материалов практическое применение нашли коротковолновые инфракрасные лучи с длиной волны около 1,6-2,2 мкм. При этом способе сушки к материалу подводится тепловой поток в 30-70 раз мощнее, чем при конвективной сушке. Скорость сушки увеличивается по сравнению с конвективной, но не пропорционально увеличению теплового потока. Это объясняется тем, что скорость сушки зависит не столько от скорости передачи тепла, сколько от скорости перемещения влаги внутри материала. Для сохранения высоких показателей качества высушенного продукта применение мощных потоков ИКЛ не рекомендуется.

Количество теплоты, переданной инфракрасными лучами (Q), зависит от приведенной степени черноты тела (ε), взаимного расположения поверхности излучения и поглощения (ψ) и от разности абсолютных температур источника излучателя (T_1) и поглощающего материала (T_2) и определяется по уравнению 1.28.

$$Q = \varepsilon_{1-2} * \psi * [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \quad (1.28)$$

$$\varepsilon_{1-2} = C_1 * C_2 / C_0^2 \quad (1.29)$$

где: C – коэффициент излучения серого тела, Вт/(м²*К);

C_0 - коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный 5,7 Вт/(м²*К);

C_1 и C_2 - коэффициенты излучения, соответственно источника ИКЛ и высушиваемого материала, Вт/(м²*К).

Для ускорения процесса сушки необходимо, чтобы инфракрасные лучи проникали в материал на достаточную глубину. Это зависит от пропускной способности материала и от длины волны ИКЛ: чем меньше длина волны, тем выше проникающая способность инфракрасных лучей. Проницаемость пищевых растительных материалов увеличивается с уменьшением толщины слоя и с понижением влажности материала. Например, проницаемость ИКЛ в сырой картофель составляет 6 мм, в сухой – 15-18 мм.

При сушке материалов с малой проницаемостью может произойти быстрое высушивание поверхностного слоя и высокие градиенты температуры и влажности внутри материала приведут к растрескиванию. При сушке ИКЛ в материале возникают перепады температур, под действием которых влага перемещается по направлению теплового потока внутрь материала.

Для растительных материалов рекомендуется прерывистое облучение. В период прекращения подачи ИКЛ из-за интенсивного испарения температура поверхности резко снижается, температурный градиент меняет свое направление (т.к. температура внутри выше, чем на поверхности) и влага перемещается из центральных слоев к поверхностным, где и испаряется. Параметры сушки ИКЛ приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Параметры сушки ИКЛ

Вид овощей	Удельная нагрузка, кг/м ²	Продолжительность сушки, ч	Расход энергии		
			кВт*ч/м ²	кВт*ч сырья	кг
Зеленый горошек	8	2,16	7,8	0,97	
Морковь	10	3	10,8	1,08	
Капуста	7	1,5	5,4	0,77	
Картофель толщиной:					
5 мм	10	2	10	1,0	
10 мм	20	3	15	0,75	
20 мм	40	6	30	0,75	

По характеру ИКЛ различают терморadiационные сушилки с электрическим и газовым обогревом. Сушилки с электрическим обогревом компактны, но высокий расход электроэнергии и неравномерность сушки ограничивает их применение. Сушилки с газовым обогревом более экономичны и обеспечивают более равномерную сушку.

5 Сушка токами высокой частоты

При высокочастотной сушке подвод тепла осуществляется с помощью поля электрического тока высокой (10-25 мГц) и сверхвысокой (2000-2500 мГц) частоты. Влажные материалы растительного происхождения являются диэлектриками, обладают свойствами полупроводников. В их состав входят ионы электролитов, электроны, молекулы полярных и неполярных диэлектриков, обладающие дипольными моментами. В электромагнитном поле диполи располагаются осью вдоль поля. Попадая в переменное электромагнитное поле, они совершают колебательные движения, стремясь следовать за полями.

При сушке материал помещается между обкладками конденсатора, к которым подается ток высокой или сверхвысокой частоты. Обкладки имеют противоположные заряды, поэтому ионы и электроны перемещаются внутри материала к той или иной обкладке. При смене заряда на обкладках они перемещаются в противоположных направлениях, в результате возникает трение с выделением теплоты. Диполи в переменном электрическом поле будут колебаться то в одну, то в другую сторону, в результате также возникает трение с выделением тепла. Энергия электромагнитных волн, затрачиваемая на преодоление этих трений, будет превращаться в тепло.

В электрическом поле высокой и сверхвысокой частоты нагрев частиц растительного материала происходит за доли секунды. Под действием переменного электрического поля высокой частоты происходит регулируемый нагрев материала. Из-за испарения влаги, тепло- и массообмена с окружающей средой поверхностные слои обезвоживаются и теряют тепло. Поэтому температура и влажность материала внутри выше, чем снаружи. Возникают градиенты температуры и влагосодержания, за счет которых влага изнутри

перемещается к поверхности. При этом, в отличие от конвективной сушки, направление обоих ингредиентов совпадает, что интенсифицирует процесс сушки.

При этом способе сушки испарение происходит по всему объему. Изменяя напряженность поля, можно регулировать температуру материала при сушке.

Количество теплоты, выделяемой из 1 м³ материала (Q), определяется по формуле 1.30:

$$Q = 0,556 * E^2 * \nu * \varepsilon * \operatorname{tg} \delta * 10^{-3} \quad (1.30)$$

где: E – напряженность электрического поля, В/м;

ν - частота поля, Гц;

ε - относительная диэлектрическая проницаемость материала;

δ - угол диэлектрических потерь (он дополняет од 90⁰ угол сдвига фаз между током и напряжением в конденсаторе, между обкладками которого помещен материал).

Диэлектрическая проницаемость определяет способность перехода энергии электромагнитных волн в теплоту, способность материала реагировать на внешнее электромагнитное поле и зависит от физико-химических свойств, температуры и влагосодержания материала, от частоты и напряженности электрического поля. Изменение диэлектрической проницаемости приводит к изменению режима работы сушильных установок. Диэлектрическая проницаемость сухих материалов значительно меньше, чем воды. Чем меньше значение диэлектрической проницаемости, тем на большую глубину материала проникают электромагнитные колебания тока сверхвысокой частоты.

Преимущества способа: возможность регулирования и поддержания температуры внутри материала.

Недостатки способа: высокие затраты электроэнергии, сложное оборудование и обслуживание. Сушка дороже конвективной в 3-4 раза.

Токи высокой частоты используются в настоящее время для интенсификации сублимационной сушки.

6 Комбинированные способы сушки

Комбинированные способы сушки применяются с целью повышения экономичности процесса и снижения расхода электроэнергии. К таким способам относятся различные комбинации известных способов сушки: конвективно-высокочастотная, радиационно-высокочастотная, радиационно-конвективная, радиационно-контактная и др.

Конвективно-высокочастотная сушка- чередование конвективной сушки и сушки токами высокой и сверхвысокой частоты. Высокочастотную установку включают либо в периоде уменьшающейся скорости сушки для удаления связанной влаги, либо периодически для создания положительно направленного температурного градиента внутри материала. Удаление свободной влаги происходит за счет подвода тепла от нагретого газа. При том сокращается продолжительность процесса.

Радиационно-высокочастотная сушка – применяют либо нагрев пластин высокочастотного конденсатора, которые одновременно являются излучателями, либо чередуют нагрев электродов и излучающих панелей. Тепло распределяется внутри высушиваемого материала более равномерно – это приводит к повышению качества готового продукта.

Радиационно-конвективная сушка – заключается в сочетании нагрева ИК-лучами с подводом теплого воздуха. Сушка производится в виброкипящем слое. Воздух подается со скоростью 2-2,5 м/с и температурой 105 °С. Продукт обогревается равномерно и более интенсивно, чем при конвективном способе. Дополнительный подвод тепла за счет радиации ускоряет обезвоживание. Более эффективным является прерывистый режим облучения, так как при отключении генератора ИК-лучей происходит выравнивание температур в объеме продукта, температурный градиент меняет свой знак и влага направляется от центра к поверхности. Происходит ускорение процесса обезвоживания и корочка на поверхности не образуется. Длительность сушки составляет около 80 мин (110 мин при непрерывном ИК-облучении).

7 Вакуумная сушка

Вакуумная сушка основана на явлении понижения температуры кипения воды при уменьшении давления.

Сушку под вакуумом применяют для повышения качества готового продукта, так как процесс сушки происходит при более низкой температуре, чем в атмосферных условиях. При вакуумной сушке скорость испарения влаги повышается, так как она прямо пропорциональна разности давлений водяного пара у поверхности материала и в окружающем пространстве. Повышается также и экономичность процесса из-за отсутствия потерь тепла с уходящим воздухом. Тепло для испарения влаги при вакуумной сушке передается чаще всего контактным способом, реже – ИК-лучами. Механизм переноса тепла и влаги аналогичен переносу при контактной сушке.

Традиционная вакуумная сушка предусматривает наличие такого вакуума, при котором точка кипения воды находится выше 0°С. Вода, испаряясь, переходит из жидкого состояния в газообразное и продукты при такой сушке деформируются также, как и при атмосферной. Вакуумные сушилки могут быть периодического или непрерывного действия. Периодические: распылительные, камерные. Непрерывные: ленточные, тоннельные. Температура сушки составляет 36-60 °С. Продолжительность сушки до остаточной влажности 2,5-3,5 % - 4-16 ч.

Способ применяется при сушке пастообразных овощных и фруктовых материалов или измельченных фруктов.

8 Сублимационная сушка

Сублимационная сушка – сушка пищевых продуктов, характеризующаяся фазовым переходом льда в пар в условиях глубокого вакуума.

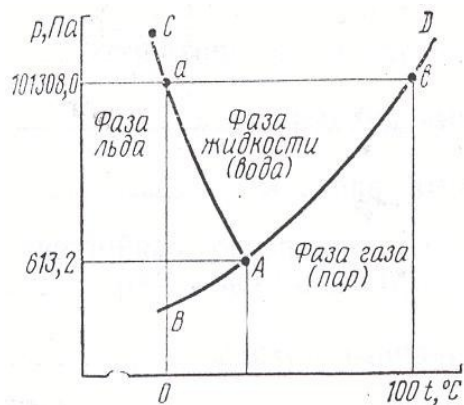


Рисунок 1.5 – диаграмма фазового состояния чистой воды

На диаграмме фазового состояния чистой воды (рисунок 1.5) при определенных условиях можно наблюдать существование одновременно трех фаз. Это состояние называется **тройной точкой**. Для воды тройная точка характеризуется следующими параметрами: давление пара 613 Па; температура 0,0098 °С. Пограничные кривые делят диаграмму на три области, в которых вода может находиться в виде жидкости, твердого тела или пара.

Сублимация – процесс сушки, характеризующийся фазовым переходом льда в пар при значениях давления и температуры, лежащих ниже тройной точки.

При этом способе сушки отсутствует контакт высушиваемого материала с кислородом воздуха. Основное количество влаги (75-90 %) удаляется при сублимации льда при температуре продукта ниже 0 °С и только остаточная влага удаляется при температуре 40-60 °С. Полного вымораживания влаги в продукте достичь не удастся. Небольшое ее количество не вымерзает даже при очень низких температурах.

Продукты такой сушки отличаются высоким качеством, хорошо сохраняют пищевые ингредиенты, обладают повышенной восстанавливающей способностью, имеют незначительную усадку, имеют пористое строение.

При сублимационной сушке происходит резкое увеличение удельного объема пара. Если при атмосферном давлении объем 1 кг пара составляет 1,72 м³, то при остаточном давлении 133 Па – 1000 м³, а при 13,3 Па – 10000 м³. Т.е. объем, занимаемый 1 кг вторичного пара в 1-10 млн. раз больше объема 1 кг льда.

Процесс сублимационной сушки подразделяется на три этапа.

Первый - замораживание продукта. Оно происходит в скороморозильных установках или сублиматоре. В процессе увеличения вакуума материал охлаждается и самозамораживается за счет затраты теплоты на интенсивное испарение. В этот период испаряется 10-15 % всей влаги без подвода тепла за счет выделения теплоты плавления льда при замерзании воды. Образование кристаллов происходит постепенно путем углубления зоны кристаллизации. Окончание замораживания определяется при достижении температуры внутри продукта от минус 5 до минус 20 °С. Продолжительность замораживания составляет 10-15 мин. Если продолжительность замораживания более высокая, то возможно образование крупных кристаллов льда, которые могут разрушить клетки ткани и привести к ухудшению качества готового продукта. Основное условие замораживания: максимальное количество влаги должно быть превращено в лед; размеры кристаллов должны быть минимальными и они должны быть равномерно распределены по всему объему для интенсивного

тепло- и массообмена при сублимационной сушке. Замораживают также и жидкие продукты во избежание вспенивания.

Вакуум-замораживание неприемлемо при сублимационной сушке фруктовых соков, пюре, ягод и фруктов, так как это приводит к значительным изменениям физико-химических и структурных свойств продукта.

Второй период сушки – сублимация – период постоянной скорости сушки. В этот период удаляется основная масса влаги (60 % и более). Чем больше влаги удаляется в этот период, тем лучше сохраняются свойства продукта. В этот период появляется температурный градиент по толщине продукта. По мере сублимации льда сначала повышается температура поверхностного слоя, затем последующих слоев. После испарения всего льда температура высушиваемого продукта повышается, становится выше 0⁰C и приближается к температуре окружающей среды. Продолжительность этого периода зависит от величины остаточного давления в сублиматоре, интенсивности подвода теплоты, температуры продукта, скорости удаления паровоздушной смеси. Интенсивность сушки в этот период равна интенсивности испарения.

Третий период сушки – удаление остаточной влаги – период убывающей скорости сушки. К началу этого периода заканчивается сублимация льда и температура продукта положительная. В этот период удаляется связанная влага, не замерзшая в продукте. Скорость сушки зависит от интенсивности подвода теплоты в углубленную зону испарения и удаление пара из зоны испарения через высохшие слои к поверхности материала. На интенсивность испарения влияют структура, пористость высушиваемого продукта, форма, размер частиц. Скорость сушки уменьшается, а температура продукта повышается. В этот период удаляется 10-20 % всей влаги.

В качестве теплоносителей применяют воду, трихлорэтилен, этиленгликоль и др. с температурой не выше 40-70 ⁰C. Температурный предел устойчивости к нагреву зависит от свойств объекта сушки. Для пищевых продуктов это 40-50 ⁰C. Для продуктов растительного происхождения рекомендуются более мягкие режимы досушивания при температурах 35-40 ⁰C. Конечная влажность 3-4 %, в некоторых случаях (если предусмотрено хранение в течение нескольких лет) конечная влажность должна быть понижена до 1,5-2,0 %.

Общая продолжительность сушки во многом определяется и толщиной слоя материала. Если материал разместить толстым слоем, то продолжительность сушки составляет до 10 ч.

В последние годы проводятся исследования по использованию интенсивного подвода тепла при помощи ИК-лучей с длиной волны 0,8-1,5 мкм и токов высокой частоты 10⁹-10¹⁰ Гц. При этом продолжительность сублимационной сушки сокращается в несколько раз.

В таблице 1.9 приводятся режимы сублимационной сушки различных овощей.

Таблица 1.9 – Параметры сублимационной сушки подготовленных овощей

Продукт	Температура сублимации, °С	Толщина слоя овощей, мм	Температура, °С		Продолжительность сушки, ч
			продукта	греющей поверхности	
Картофель	-12	4-6	45	22-49	6,7
Зелень петрушки	-14	5-6	43	13-48	8,3
Морковь	-16	5-6	43	22-50	7,7
Свекла	-17	4	46	13-49	12,2
Белые коренья	-14	5-7	43	22-50	7,7
Лук	-17	3-4	46	10-48	11,0
Капуста	-12	4	46	16-50	9,5

Сублимационная сушка широко используется в европейских странах, США, Китае для пищевых продуктов, лекарственных препаратов, ферментов, заквасок и др. В России сублимационная сушка, в основном, применяется в медицинской промышленности. Имеются единичные установки, используемые для сублимационной сушки пищевых продуктов. Они рассчитаны на одновременную загрузку сырья от 300 до 1000 кг. Особенность этих установок – радиационный подвод энергии к объекту сушки.

Преимущества способа: получают продукты высокого качества; легко поглощают при восстановлении влагу (могут восстанавливаться даже в холодной воде); сохраняют первоначальные объем, цвет, вкус, летучие компоненты; могут храниться длительное время в помещениях с нерегулируемой температурой.

Недостатки способа: продукты имеют низкое содержание влаги (2-4 %) и имеют сильно развитую поверхность, поэтому очень чувствительны к поглощению влаги и окислению кислородом воздуха липидов, витаминов, ароматических веществ; для упаковки используют специальные материалы, которые предохраняют продукты от воздействия влаги, кислорода и света; способ дорогой.

Контрольные вопросы

- 1 По каким основным признакам классифицируются установки для сушки?
- 2 В чем заключается сущность конвективного способа сушки?
- 3 Каковы преимущества и недостатки конвективного способа сушки?
- 4 Какие основные виды сушилок используются для сушки продуктов в плотном слое?
- 5 Каково устройство и принцип работы ленточной сушилки?
- 6 На чем основан процесс сушки распылением, чем объясняется быстрота сушки?

- 7 Каковы преимущества и недостатки распылительной сушки?
- 8 Чем обусловлен выбор формы и размера сушильной камеры?
- 9 Что такое кипящий и фонтанирующий слой?
- 10 Какие параметры определяют продолжительности сушки во взвешенном состоянии?
- 11 Почему при сушке во взвешенном состоянии можно использовать высокие температуры сушильного агента?
- 12 В чем заключается суть способа сушки во вспененном состоянии?
- 13 На чем основан кондуктивный способ сушки, его преимущества и недостатки?
- 14 Как происходит процесс сушки на вальцовых сушилках?
- 15 Что такое ИКЛ?
- 16 На чем основана сушка с использованием ИКЛ, как можно ускорить процесс сушки?
- 17 Какими параметрами характеризуется высокочастотная сушка?
- 18 Как происходит тепло- и массообмен в процессе высокочастотной сушки?
- 19 Что такое комбинированные способы сушки, с какой целью они используются?
- 20 На чем основан процесс вакуумной сушки?
- 21 Что такое сублимация?
- 22 Как происходит процесс сублимационной сушки?
- 23 За счет чего сохраняются биологическая и пищевая ценности продуктов при сублимационной сушке?

1.4 ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К СУШКЕ

1 Мойка сырья

2 Очистка

3 Измельчение сырья

4 Сульфитация

5 Бланширование сырья

1 Мойка сырья

Удаление с поверхности сырья земли, песка и других загрязнений достигается при мойке.

От 25 до 50 % загрязнений отмывается при погружении сырья в воду и замачивании и остальные 50 % - при орошении водой и встряхивании.

Вода, используемая для мойки должна быть мягкой или средней жесткости (3-6 °). Общая обсемененность воды (ОМЧ) должна быть не более 100 микроорганизмов в 1 см³; БГКП – не более 3; анаэробные микроорганизмы должны полностью отсутствовать.

В зависимости от твердости сырья и степени загрязнения используются различные моечные машины. Сильно загрязненное сырье моется в машинах с сильным механическим воздействием на сырье. В барабанных моечных машинах сырье хорошо отмывается, но механически повреждается до 6,5-8,0

%. В вибрационной моечной машине сырье механически не повреждается, но в глазках остается до 0,2 % загрязнений.

Контроль за мойкой осуществляется лабораторией путем отбора проб вымытого сырья и контрольной промывки его в лабораторных условиях с определением в промывных водах минеральных загрязнений. Более строгий контроль проводится по определению в продукте золы, не растворимой в соляной кислоте. Если количество золы не более 0,05 %, то качество мойки хорошее, от 0,05 до 0,1 % - удовлетворительное и более 0,1 % - неудовлетворительное.

2 Очистка

Очистка – самая трудоемкая операция. Наиболее трудоемка очистка толстой и грубой кожицы клубней, корнеьев, лука, чеснока, опушенных персиков, осенне-зимних сортов семечковых плодов.

Удаление наружных покровных толстых клеток с высохшей протоплазмой и внутренних несъедобных тканей плодов и овощей при очистке способствуют увеличению поверхности контакта с теплоносителем и ускорению процесса сушки.

Применяют различные способы очистки: механическая, термическая, химическая.

Механическая – самая распространенная. Сущность – истирание наружных тканей шероховатыми поверхностями (преимущественно абразивными) для удаления кожицы и глазков. Обуславливает изменение анатомического строения сырья, но не меняет химический состав и коллоидные свойства. Продолжительность очистки 1-3 мин. Количество отходов составляет 31-35 %. Отходы утилизируются, в основном, на корм скоту. На овощесушильных заводах применяется глубокая механическая очистка картофеля с удалением большого слоя мякоти с глазками. При этом в 2 раза снижаются затраты ручного труда на доочистку. Количество отходов составляет до 50 %. Такая очистка оправдана при использовании отходов для получения крахмала.

Термическая – тепловая обработка водой или паром в открытых аппаратах или при избыточном давлении. Варианты термической очистки: паровая, водопаровая, пароводотермическая. При такой обработке протопектин, связывающий кожицу и подкожный слой мякоти гидролизуется до растворимого пектина, влага в клетках под кожицей вскипает, образующиеся водяные пары разрывают кожицу, которая впоследствии легко отделяется в моечных машинах под действием вращающихся щеток или струй воды. Продолжительность очистки составляет 5-15 мин. Количество отходов снижается на 5-6 % по сравнению с механической очисткой. При термической очистке следует следить за толщиной проваренного слоя, она должна быть не более 1 мм, в противном случае излишнее разваривание увеличивает количество отходов. Отходы при такой очистке могут использоваться на корм скоту в жидком, сгущенном или сухом виде.

Химическая – обработка сырья нагретыми растворами щелочей. Под действием горячей щелочи происходит гидролиз протопектина, которым кожица прикреплена к поверхности плода, образуется растворимый пектин, молекула которого под действием щелочи омыляется с образованием солей пектиновых кислот и метилового спирта. В результате кожица легко отделяется от мякоти и легко смывается струями воды. Чаще всего используют растворы едкого натрия, реже – едкого калия или негашеной извести. Концентрация щелочи составляет от 2 до 10 %, продолжительность обработки от 3 до 15 мин. Необходимо полное удаление остатков щелочи с поверхности. Для этого используются ПАВ, нейтрализация щелочи 2 %-ным раствором лимонной кислоты. Количество отходов при таком способе очистки составляет 23-25 %. Существенным недостатком данного способа является то, что отходы нельзя использовать без специальной обработки для пищевых целей, щелочь может проникать в мякоть и ухудшать окраску и вкус.

3 Измельчение сырья

Измельчение может проводиться по-разному, в зависимости от того, нужно ли придать сырью определенную форму (резка) или же требуется раздробить его на мелкие кусочки или частицы, не заботясь о форме.

Для увеличения активной поверхности испарения влаги, ускорения процесса бланширования и сушки сырья овощи и плоды режут на брусочки высокой 3-8 мм шириной 6-9 мм и длиной 10-50 мм; широкие пластинки и кубики с гранями 5-10 мм; лук, яблоки и картофель шинкуют также на кружки толщиной 3-7 мм, капусту – на стружку шириной 3-5 мм.

В последние годы большим спросом пользуются сушеные продукты, нарезанные кубиками. Они имеют хороший внешний вид, высокую насыпную плотность (0,35 кг/дм³), более устойчивы к механическим воздействиям, но выход нестандартных кубиков при резке может достигать до 30 %.

Уменьшение толщины частиц сырья менее 2-3 мм увеличивает потери крошки при резке, а увеличение более чем на 5 мм замедляет процесс сушки. Содержание мелочи в нарезанном сырье должно быть не более 5-8 %.

Неравномерная резка по толщине и ширине, наличие слипшихся или не полностью разрезанных частиц недопустимы, так как нарушается режим термической обработки и ухудшается качество. Поверхность среза должна быть ровной и гладкой. В этом случае клетки сырья меньше разрушаются.

При резке картофеля происходит частичное разрушение клеточных стенок и освобождается часть крахмальных зерен из клеток. Свободный крахмал при последующих технологических операциях (бланшировании) клейстеризуется, это придает частицам картофеля клейкую структуру, ухудшает аэродинамические условия удаления влаги при сушке. Поэтому частицы картофеля после резки обязательно подвергают мойке для удаления высвобожденных крахмальных зерен.

Резка применяется при использовании конвективного способа сушки (в плотном слое, во взвешенном слое). Для резки применяются различные типы машин: шинковальные – для резки капусты, лука, яблок на кружки, кольца и

стружку; дисковые с прямыми плоскими ножами для резки корнеплодов на широкие пластины, столбики и яблоки на кружки; комбинированные овощерезки типа «Ритм» для резки на пластины, столбики и кубики.

Большое количество механических устройств применяется для измельчения сырья на бесформенные кусочки или на однородную пюреобразную массу (дробилки, протирочные машины). Такой способ измельчения используется при кондуктивном способе сушки, распылительной сушке. Чем тоньше измельчение, тем больше площадь поверхности испарения влаги и, следовательно, выше скорость сушки.

4 Сульфитация

Сульфитацию применяют для предупреждения потемнения материалов в процессе сушки и хранения. Сульфитация проводится обработкой 0,1-0,5 %-ными растворами сульфита (Na_2SO_3), бисульфита (NaHSO_3), пиросульфита ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) путем погружения в них сырья на 2-3 мин или орошения в течение 20 с: картофеля – после очистки и бланширования, капусты и моркови – после бланширования, яблок, груш и абрикосов – после резки. Обработка также может проводиться окуливание газообразным сернистым ангидридом (SO_2).

Растворы сернистой кислоты и ее солей являются сильными восстановителями, инактивируют окислительные ферменты и тем самым тормозят процессы ферментативного потемнения. Кроме того, в процессе сульфитации SO_2 присоединяется к свободным карбонильным группам редуцирующих сахаров, предохраняя их от реакций меланоидинообразования.

При сульфитации нарушается проницаемость клеточных оболочек. В сульфитированных продуктах лучше сохраняются цвет, содержание аскорбиновой кислоты, но значительно разрушается витамин B_1 , а у лука теряется острота вкуса и запаха из-за взаимодействия SO_2 с эфирными маслами.

Растворы сернистой кислоты и ее солей не имеют запаха, поэтому сульфитация проводится в цехе на оборудовании, которое устанавливается в основную технологическую линию.

При сушке большая часть сернистого ангидрида улетучивается и в готовых сушеных продуктах он практически отсутствует (остаток после сушки: в картофеле 0,04 %, капусте – 0,06 %, в остальных овощах – 0,01 %).

5 Бланширование сырья

Бланширование – одна из важнейших подготовительных операций перед сушкой. Теплопередающей средой является вода или пар. Воздействие тепла – основной фактор, который влияет на изменение структуры и химического состава сырья.

Лук, яблоки, грушу, айву, абрикосы не подвергают тепловой обработке, они поступают на сушку без существенного изменения структуры, химического состава и коллоидных свойств.

Тепловую обработку картофеля, моркови, свеклы, капусты, зеленого горошка применяют для ускорения процесса сушки, лучшей сохранности при сушке, а также для лучшей восстанавливаемости. При бланшировании

инактивируются окислительно-восстановительные и гидролитические ферменты. Это предохраняет сырье от потемнения, способствует сохранению вкуса, цвета, аромата, консистенции. Режим бланширования определяется реакцией на пероксидазу – наиболее термоустойчивый фермент. Для его инактивации температура в центре частицы должна быть 88 °С.

Режимы бланширования зависят также от температуры, вида среды, продолжительности процесса и размера частиц. Бланширование нарезанных овощей проводится при водой или паром при температуре 94-100 °С в течение 3-8 мин. Бланширование в воде приводит к значительным потерям сухих веществ по сравнению с бланшированием паром (потери сахара в 3 раза, витамина С в 1,5 раза).

В процессе тепловой обработке сырья перед сушкой растительная ткань претерпевает значительные изменения. Наибольшим изменениям подвержен крахмал картофеля и зеленого горошка. При нагревании до температуры 46 °С зерна крахмала за счет поглощения воды набухают, увеличиваются в объеме. При дальнейшем нагревании, когда температура в клетках достигнет 59 °С, происходит клейстеризация крахмала, она заканчивается при температуре 65 °С. При этом крахмальные зерна значительно увеличиваются в объеме, мембраны крахмальных зерен лопаются и крахмал заполняет все содержимое растительной клетки серой массой. Клейстеризованный крахмал определяет консистенцию бланшированных овощей.

При бланшировании изменяется конфигурация белковых молекул, происходит их денатурация при температуре выше 63 °С. Это приводит к усадке и уплотнению растительных тканей, к уменьшению их гидрофильности. Этим создаются лучшие условия для сушки, но ухудшается набухаемость и развариваемость сушеных продуктов.

При бланшировании, когда температура ткани достигает 60-65 °С, происходит гидролиз нерастворимого протопектина срединных пластинок и стенок клеток до растворимого пектина. В результате этого уменьшается прочность сцепления клеток, нарушается избирательная проницаемость клеточных мембран, состояние тургора исчезает, наступает явление плазмолиза, давление по обе стороны клеточной оболочки выравнивается, часть влаги переходит из клетки в межклеточное пространство, вытесняя оттуда воздух.

В растительных материалах с незначительным содержанием крахмала (морковь, свекла, капуста и др.) часть вытесненной влаги становится несвязанной, а в высококрахмалистых материалах (картофель, зеленый горошек, крупы и др.) эта влага поглощается крахмальными зернами.

Бланшированные частицы овощей теряют хрупкость, приобретают эластичность и упругость. Это объясняется заменой воздуха в межклеточном пространстве влагой, денатурацией белка цитоплазмы, образованием кальциевых мостиков между молекулами пектина, так как карбоксильные группы пектина, которые освободились в результате гидролиза протопектина, реагируют с ионами кальция.

Таблица 1.10 - Зависимость продолжительности сушки от способа подготовки материала

Материал	Температура сушки, °С	Подготовка перед сушкой	Продолжительность сушки (в мин) до остаточного влагосодержания, %			
			50	30	20	10
Картофель 10x10x10 мм	120	Без обработки	41	53,5	63	80
		Бланширование	50	66	77	96
	100	Без обработки	44	68	-	-
		Бланширование	67	91	-	-
	80	Без обработки	80	92	-	-
		Бланширование	78	95	-	-
Зеленый горошек	110	Без обработки	15	-	-	-
		Бланширование	19,5	-	-	-
	90	Без обработки	22,5	-	-	-
		Бланширование	27,5	-	-	-
Свекла 10x10x10 мм	120	Без обработки	24,5	31	36	43
		Бланширование	29	34	40	47
	80	Без обработки	46,5	59,5	-	-
		Бланширование	61	83	-	-
Капуста	140	Без обработки	14	15	16	-
		Бланширование	10,5	11,5	12	-
	80	Без обработки	38	40	48	-
		Бланширование	29	32	39	-
Морковь 10x10x10 мм	120	Без обработки	28	33,5	37	45
		Бланширование	27	32,5	37	42

Бланширование не только способствует ускорению процесса сушки, но часто в результате бланширования продолжительность сушки даже увеличивается (таблица 1.10). Замедление процесса сушки бланшированных картофеля и зеленого горошка объясняется клейстеризацией крахмала. Набухшие зерна поглощают свободную влагу, образуется адсорбционно-связанная влага и происходит замедление обезвоживания на всех этапах сушки.

При бланшировании свеклы сахарный сироп (среди сахаров свеклы преобладает сахароза) проникает в межклеточные пространства и закупоривает поры и тем самым затрудняет удаление влаги при последующей сушке. Поэтому бланширование картофеля, свеклы и других овощей проводится не столько для ускорения процесса сушки, сколько для улучшения сохранности и восстанавливаемости сушеных продуктов. Так, развариваемость бланшированного картофеля увеличивается практически в 2 раза.

Ускорение сушки бланшированных моркови и капусты объясняется уменьшением прочности сцепления клеток, потерей полупроницаемости клеточных оболочек, выделением влаги в межклеточное пространство.

Поэтому способы (в воде, паром, в растворах солей, кислот и т.д.) и режимы бланширования определяют видом растительных материалов, предусмотренных для сушки.

Контрольные вопросы

- 1 Какие требования предъявляются к воде, используемой для мойки сырья?
- 2 Как контролируется процесс мойки?
- 3 Какое влияние оказывает процесс удаления покровных тканей на сушку?
- 4 Какие способы очистки используются, их преимущества и недостатки?
- 5 Как влияет степень измельчения растительных тканей на протекание процесса сушки?
- 6 При использовании каких способов сушки необходимо измельчение тканей?
- 7 Что такое сульфитация, с какой целью ее используют?
- 8 Как контролируют остаточное содержание диоксида серы в сульфитированных продуктах?
- 9 С какой целью проводят бланширование сырья перед сушкой?
- 10 От чего зависят режимы бланширования сырья?
- 11 Как влияет бланширование на процесс сушки различных растительных материалов?

1.5 ПРОМЫШЛЕННАЯ СУШКА ОВОЩЕЙ

- 1 Сушка картофеля**
- 2 Сушка моркови**
- 3 Сушка свеклы**
- 4 Сушка белых кореньев**
- 5 Сушка зеленого горошка**
- 6 Сушка капусты**
- 7 Сушка лука и чеснока**
- 8 Сушка зелени и пряностей**
- 9 Смеси сушеных овощей для первых и вторых блюд**
- 10 Сушка грибов**

Овощесушильные заводы (цехи) классифицируются в зависимости от производительности и ассортимента выпускаемой продукции. Производительность овощесушильного завода (цеха) определяется по фактической производительности сушильных установок для картофеля, так как выработка сушеного картофеля составляет более 80 % от общего производства сушеных овощей.

По производительности различают четыре типа овощесушильных предприятий, т сушеного картофеля в год: 1 – 1200; 2 – 600; 3 – 300; 4 – 150.

Производственная мощность овощесушильного предприятия, вырабатывающего овощи и картофель различной влажности, рассчитывается с использованием соответствующих коэффициентов пересчета, которые приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Коэффициенты пересчета для овощесушильных заводов

Наименование сырья	Влажность, % не более	
	12 (для картофеля) и 14 (для овощей)	8
Картофель	1,000	0,710
Морковь столовая	0,570	0,300
Свекла столовая	0,643	0,480
Лук репчатый	0,643	0,370
Коренья белые	0,725	0,345
Капуста белокочанная	0,260	0,200
Зелень петрушки, сельдерея и укропа	0,400	0,100
Горошек зеленый	0,428	-
Чеснок	-	0,105

Переработка овощей производится в определенной последовательности: сначала зелень, зеленый горошек, капуста и лук, белые коренья и морковь, в середине сезона картофель, а в конце сезона – свекла.

1 Сушка картофеля

Картофель, используемый для промышленного производства продуктов питания должен иметь определенные вкусовые качества, консистенцию, содержание сухих веществ, крахмала, редуцирующих сахаров.

Для промышленной переработки важное значение имеют размер, форма и масса клубней. Средние клубни размером 5,0-6,5 см в наибольшем поперечном измерении имеют массу 80-120 г. Такой картофель наиболее пригоден для переработки. Переработка клубней менее 4 см нерентабельна, т.к. увеличивается количество отходов. При переработке крупных клубней (более 7 см) также увеличивается количество отходов из-за большого количества клубней неправильной формы.

Форма клубней не имеет существенного значения при очистке картофеля паровым или щелочным способом. Но при использовании механического способа очистки важно, чтобы картофель имел шаровую или округлую форму с гладкой поверхностью, количество глазков должно быть не более 5, причем залегать они должны неглубоко (не более 1 см). От этого зависит количество отходов.

Цвет мякоти – должен быть белым или светло-кремовым. Сорта с желтой, розовой или зеленоватой мякотью не пригодны, т.к. мякоть темнеет и из такого картофеля получают продукты неудовлетворительного качества.

Содержание сухих веществ – должно быть высоким (не менее 22 %).

Содержание крахмала – среднее. При высоком содержании крахмала происходит образование мучнистой консистенции при замораживании, а при обжаривании – происходит «выцветание» по краям ломтиков.

Содержание редуцирующих веществ – должно быть незначительным (не более 0,4 %). Редуцирующие сахара вызывают потемнение мякоти во время высокотемпературной сушки за счет реакции меланоидинообразования.

Ухудшается вкус, набухаемость, развариваемость. Содержание редуцирующих сахаров зависит от сорта и условий хранения картофеля до переработки. При температуре хранения ниже 4 °С количество редуцирующих сахаров повышается с 1,0 до 1,7 %. Поэтому для снижения количества сахаров хранящееся до переработки сырье при низких температурах выдерживают несколько дней при температуре 10-20 °С. При этом происходит ресинтез крахмала, нормализуется дыхание и уменьшается избыток редуцирующих сахаров.

Технологическая схема производства сушеного картофеля включает следующие операции: мойка до полного удаления загрязнений; калибровка на три размера: мелкие – проход через отверстия размером 6х6 см, средние – проход через отверстия 7х7 см и крупные – сход с калибрователя; сортировка сырья. Операции по подготовке сырья к сушке на одних заводах производят по схеме с механической очисткой, на других – с очисткой бланшированных клубней.

Схема с механической очисткой картофеля включает очистку; сульфитацию 1-2 мин в 0,1 %-ном растворе бисульфита натрия; доочистку; резку; промывку; бланширование 4-6 мин при температуре 95-98 °С; подачу на сушку.

Схема с бланшированием клубней включает бланширование целого картофеля, очистку, доочистку, охлаждение, резку, подачу на сушку.

Дальнейшие операции: сушка, инспекция с магнитным сепарированием, фасовка, упаковка не зависят от имеющейся схемы.

Сушка картофеля проводится на ленточных сушилках марки КСА (четырёхленточная) или СПК-4Г (пятиленточная). Режим работы сушилок регулируется таким образом, чтобы получить картофель с влажностью 11-12 % или 6-8 %. Картофель сушится столбиками (толщиной не более 3 мм, шириной не более 5 мм, длиной не более 10 мм), кубиками размером грани 8х8х8 мм или пластинками толщиной не более 4 мм, длиной и шириной 9-12 мм. Режим сушки картофеля приведен в таблице 1.12.

Для обеспечения заданных режимов работы необходима непрерывная равномерная загрузка подготовленного картофеля при одинаковой толщине слоя около 40 мм. Продолжительность загрузки составляет 15-35 мин. Ленты должны быть заполнены полностью, так как через свободные места будет проходить воздух и возможно подгорание, а через заполненную поверхность лент воздуха будет проходить меньше и сушка будет неравномерной.

При правильном режиме продукт на выходе равномерно высушен и не имеет недосушенных или пересушенных частиц. Если обнаруживаются недосушенные кусочки, то их отбирают и загружают на 4 и 5 ленты для досушивания. При несвоевременном досушивании влажные кусочки закисают, плесневеют и портятся. Выпуск сушеного продукта с содержанием влаги ниже стандартной на 1 % недопустим, так как снижается производительность сушилок и происходит перерасход сырья. Если продукт при полной загруженности лент и соблюдении режимов сушки выходит пересушенным, то проверяют толщину слоя продукта на первой ленте.

Таблица 1.12 – Режим сушки картофеля

Показатели	Влажность готового продукта, %					
	не более 12		не более 8		от 12 до 8	
	столбики	кубики	столбики	столбики		кубики
	КСА-80		СПК-4Г-90	СПК-4Г-90	КСА-80	КСА-80
Количество загружаемого продукта, кг/мин	10,5	10,0	15,4	10,5	6,0	2-3
Нагрузка на 1 ленту, кг/м ²	16,5	15,1	22,0	16,5	16,0	3-5
Скорость движения лент, м/мин						
первой	0,31	0,33	0,35	0,31	0,18	0,33
второй	0,24	0,20	0,30	0,18	0,13	0,20
третьей	0,16	0,18	0,31	0,13	0,12	0,18
четвертой	0,12	0,13	0,23	0,12	0,11	0,13
пятой	-	-	0,20	0,12	-	-
Температура воздуха над лентами, °С:						
первой	60	57	60	70	69	52
второй	65	70	70	75	66	55
третьей	60	65	80	60	58	50
четвертой	55	47	70	50	40	50
пятой	-	-	50	40	-	-
Относительная влажность отработанного воздуха, %	46	45	46	46	46	46
Продолжительность сушки, ч	3,5	3,5	3,0	5,0	5,0	3,5
Расход воздуха, м ³ /ч	28000	28000	33000	36000	28000	28000

При сушке картофеля разрушаются витамины (С – на 15 %; В₁ – на 23 %), уменьшается содержание сахаров и водорастворимых веществ, структура ткани уплотняется, консистенция становится твердой, стекловидной. Взаимодействие сахаров и аминокислот приводит к образованию меланоидинов. Для уменьшения интенсивности этого процесса регулируют режимы сушки.

Скорость меланоидинообразования зависит от содержания влаги в продукте. В очень сухих и твердых веществах сахара и аминокислоты взаимодействуют очень медленно.

Картофель, высушенный до низкого содержания влаги (6-7 %) в 3 раза дольше не изменяет своих качественных показателей при хранении, по сравнению с картофелем, высушенным до влажности 12 %, но продолжительность сушки при этом увеличивается на 90 мин. Это связано с

испарением большого количества адсорбционно-связанной влаги; уменьшением скорости сушки по мере снижения влажности; уплотнением кусочков, вследствие чего затрудняется диффузия влаги от центра к поверхности; проведением второго периода сушки при низких температурах для предотвращения потемнения картофеля.

Для увеличения устойчивости при хранении в условиях повышенной температуры (25-30 °С) необходимо, чтобы влажность готового продукта была минимальной (3-4 %). Сушить картофель до такой влажности нерентабельно, поэтому, чтобы обеспечивать досушивание во время хранения в упаковку закладывают влагопоглотители. Такой способ целесообразен для досушивания картофеля с влажностью не выше 8 %, в противном случае – увеличивается расход влагопоглотителя и герметичной упаковки. Поглотитель влаги должен быть без запаха, не токсичный, не разъедающий упаковку, хорошо поглощающий влагу. Наиболее целесообразно для этих целей использовать окись кальция. Используют его в количестве 10 % от массы сушеного картофеля и закладывают в герметичную тару с картофелем во влагопроницаемой упаковке. В течение 6 мес. хранения при температуре 20 °С влажность снижается с 6-8 до 3,5-4,0 %.

Картофель после сушки инспектируют, отбраковывают поджаренные и недосушенные частицы, сортируют, пропускают через сито-трясучку для удаления мелочи размером менее 5 мм, затем через магнитный улавливатель для удаления металлических примесей. Затем упаковывают россыпью или брикетируют.

Брикетирование проводится теплого картофеля, чтобы кусочки не затвердели. В противном случае подогревают в специальной камере до температуры 40-45 °С в течение 5-6 мин для придания продукту эластичности. Брикеты круглой или квадратной формы получают на гидравлических прессах. Брикеты инспектируют, охлаждают, упаковывают в парафинированную или пергаментную бумагу и упаковывают в ящики или фанерные барабаны.

Картофель россыпью для пищевых концентратной промышленности не брикетируют, фасуют в крафт-мешки или фанерные барабаны. Картофель влажностью менее 8 % также не брикетируют. Его упаковывают в жестяные банки или мешки из полимерных материалов.

Показатели качества сушеного картофеля. Картофель сушеный выпускается 1 и 2 сорта.

Форма нарезки – полностью сохранена (столбики, кубики или пластинки).

Цвет – желтоватый, разных оттенков. Допускается слегка розоватый, свойственный сорту свежего картофеля, а также белые пятна, вызванные глубоким бланшированием. Допускаются частицы с серыми пятнами, с остатками кожицы и глазков (не более 7 % для 1 сорта и не более 12 % для 2 сорта).

Консистенция – твердая, допускается хрупкость для картофеля пониженной влажности.

Вкус и запах – свойственны сушеному картофелю, без посторонних привкусов и запахов.

Содержание металлических примесей – не более 0,01 %.

Содержание сернистой кислоты (в пересчете на SO₂) – не более 0,04 %.

Развариваемость при хранении до 1 года – не более 25 мин.

Сушеный картофель имеет ограниченное применение, подготовка его к дальнейшему употреблению затруднена (требуется длительное замачивание и варка), картофель восстанавливается не полностью, теряются вкусовые качества. Поэтому в настоящее время разработана технология нарезанного **быстроразвариваемого картофеля**, который получают способом высокотемпературной сушки.

Технологическая схема включает следующие операции: мойка, калибровка. Для переработки используют клубни размером только 6-7 см. При очистке паровым способом калибровка не производится. Затем картофель сульфитируют 0,1 %-ным раствором бисульфита натрия, инспектируют, дочищают вручную, удаляют глазки, остатки кожицы и повторно сульфитируют. Затем режут на овощерезках на столбики шириной 3-5 мм и длиной 10 мм или кубики с размером граней 5-9 мм. Мелочь отсеивают на вибросите с диаметром ячеек 4 мм и промывают под душем для удаления крахмала. Нарезанный картофель бланшируют в паровых бланширователях 4-6 мин при температуре 95-98 °С, промывают холодной водой и направляют на сушку.

Сушка проводится в кипящем слое. Температура сушки 150-160 °С, продолжительность 10 мин. В кусочках продукта происходит явление «взрыва». Оно вызвано превращением жидкости в пар. В результате этого сушеный продукт приобретает пористую структуру, которая обеспечивает быструю восстанавливающую способность. Такой картофель имеет продолжительность разваривания не более 5 мин.

Расход картофеля: при глубокой механической очистке на получение 1 т сушеного картофеля и 1 т сырого крахмала влажностью 50 % расходуется 9,5 т сырого картофеля; при обычной механической очистке и тепловой обработке целых клубней с последующей их очисткой – 6,7 т при влажности сушеного картофеля 12 % и 7,5 т – при влажности не более 8 %.

Кроме нарезанного картофеля сушат также картофельное пюре. Из него получают такие продукты, как картофельные хлопья, гранулы и крупку.

Картофельные хлопья – лепестки толщиной 0,2-0,3 мм белого или светло-кремового цвета размером не более 10 мм.

Технологическая схема включает следующие этапы.

Подготовка картофеля включает очистку от механических примесей транспортно-моечной водой. Масса картофеля в 1 м³ смеси в гидротранспортере составляет 270 кг. Расход воды 6-7 м³/т. Скорость движения водокартофельной смеси в гидротранспортере не менее 0,75 м/с. Мойка осуществляется в 2 этапа: предварительная с противотоком воды и окончательная. Загрязненность картофеля после мойки не более 0,1 %. Расход воды в зависимости от степени загрязненности картофеля 2-5 м³/т. Очистка

проводится механическим или термическим способом. Механическая (обычная или глубокая) – при непрерывной подаче воды в машину, продолжительность 1-5 мин. Термическая – при давлении 0,4-0,6 МПа в течение 45-90 с или 0,6-1,0 МПа в течение 30-100 с с последующей очисткой в присутствии воды. Сульфитация проводится раствором бисульфита или пиросульфита натрия концентрацией 0,25-0,5 % для картофеля, очищенного паровым способом и 0,5-1,0 % для картофеля, очищенного механическим способом.

Резка картофеля - на пластины толщиной 10-20 мм. В процессе резки в машину подается вода. Мелочь отделяют на ситах диаметром 6-10 мм, а крахмал с поверхности смывается водой температурой 5-20 °С.

Сульфитация – в 0,1 %-ном растворе бисульфита натрия 1-2 мин.

Бланширование – для укрепления клеток и предупреждения их разрушения, проводится водой при температуре 75-95 °С в течение 10-20 мин или паром при температуре 95-100 °С в течение 8-15 мин с последующим охлаждением водой до температуры 15-30 °С в течение 20-40 мин.

Инспекция – проверка качества пластин и отбраковка некондиционных.

Варка – проводится до полной кулинарной готовности при температуре 95-100 °С в течение 20-35 мин.

Получение пюре – вареный картофель измельчают до пюреобразного состояния на картофелемялках.

Сушка – контактным способом на одновальцовых сушилках при давлении пара 0,4-0,7 МПа 10-30 с до влажности 8-12 %.

Измельчение – на хлопья размером до 50 мм, затем на частицы размером не более 10 мм.

Картофельные гранулы – цилиндрики диаметром 1-3 мм длиной от 5 до 20 мм белого или кремового цвета различных оттенков.

Технологическая схема включает следующие этапы.

Подготовка, резка, сульфитация картофеля – как при производстве пюре и виде хлопьев.

Варка – проводится однократным или двукратным способом. Однократная варка – паром при температуре 95-100 °С до полной кулинарной готовности в течение 20-35 мин. Двукратная варка включает водяное бланширование в течение 10 мин, водяное охлаждение и паровую обработку до полной кулинарной готовности.

Получение пюре и формование жгутов – вареные пластины измельчают в пюре и формуют в жгуты длиной 35-40 мм и диаметром 3 мм на грануляторах и 2 мм на роторной экструзионной установке.

Сушка жгутов – конвективным способом на ленточных сушилках до влажности 8 - 12 %. Удельная нагрузка для жгутов диаметром 3 мм составляет 10-24 кг/м² сушильной поверхности. Температура воздуха на первой ленте 65-85 °С, над второй – 70-90 °С, над третьей – 60-80 °С, над четвертой и пятой – 50-70 °С при скорости движения воздуха 0,5-1,0 м/с. Продолжительность сушки 1,5-2,5 ч. Удельная нагрузка для жгутов диаметром 2 мм составляет 15-25 кг/м² сушильной поверхности. Температура воздуха на первой ленте 83,5 °С, над второй – 82,5 °С, над третьей – 73 °С, над четвертой – 58,5 °С и пятой – 40 °С

при скорости движения воздуха 0,5-1,0 м/с. Продолжительность сушки 1,5-2,0 ч.

Измельчение – в гранулы длиной не более 20 мм. Чрезмерное дробление приводит к увеличению количества разрушенных клеток, это ухудшает консистенцию восстановленного пюре.

Картофельная крупка – мелкозернистый продукт влажностью не более 12 % и размером крупинок 1-2 мм, получаемый методом кондуктивной сушки с последующей досушкой в кипящем слое.

Технологическая схема включает следующие этапы.

Подготовка, резка, сульфитация картофеля – как при производстве пюре и виде хлопьев.

Варка – проводится однократным или двукратным способом как при получении пюре в виде гранул.

Получение пюре, внесение добавок – вареные пластины измельчают в пюре. Для улучшения консистенции, цвета восстанавливаемого пюре за счет связывания свободного крахмала вносят моноглицериды (МГД) в виде водной эмульсии 5 %-ной концентрации (2,5 кг МГД на 47,5 дм³ воды). МГД расплавляют в емкости с паровой рубашкой при температуре не выше 80 °С, затем добавляют воду с температурой 50-55 °С и перемешивают 1-2 мин до получения однородной массы. Объем массы увеличивается в 2 раза.

Сушка – контактным способом на одновальцовых сушилках при давлении пара 0,4-0,7 МПа 20-60 с до влажности 10-12 %.

Измельчение – на хлопья размером до 50 мм.

Диспергирование хлопьев – проводится для получения рассыпчатой массы путем увлажнения водой в течение 40-60 мин при одновременном охлаждении воздухом до влажности 40-42 %. При производстве пюре с добавками увлажнение проводится раствором, содержащим необходимые добавки, в соотношении 2:1 (200 кг хлопьев и 100 кг воды или раствора).

Фракционирование – проводится для отделения крупинок стандартного размера путем просеивания через просеиватели-грануляторы с отверстиями диаметром 2 мм. Сход с верхнего сита идет на повторное измельчение, со среднего – на фасовку, с нижнего – на производство супов, клецек.

Досушивание – в кипящем слое при температуре воздуха 90-110 °С, скорости движения 1,5 м/с в течение 15-25 мин до влажности 10-11 %.

Просеивание – на виброситах. Диаметр верхнего сита 1,4 мм, сход с него – отходы. Диаметр нижнего сита 0,8 мм, сход с него возвращается в технологический цикл, проход – на фасовку.

Расчет количества необходимых вносимых добавок производится по формуле 1.31:

$$X = \frac{M * C_k * P_d}{P_k * C_d} \quad (1.31)$$

где: X – масса добавки, подаваемой в единицу времени, кг/ч;

M – масса сваренного картофеля, кг;

C_к – массовая доля сухих веществ в сваренном картофеле, %;

P_д – массовая доля сухих веществ добавки в рецептуре продукта, %;

R_k – массовая доля сухих веществ картофеля в рецептуре продукта, %;

C_d – массовая доля сухих веществ в добавке, %.

Нормы расхода сырья на производство сухого картофельного пюре приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 - Нормы расхода сырья на производство сухого картофельного пюре

Компонент	Рецептура, %	Массовая доля сухих веществ, %		Отходы и потери, %	Расход сырья, кг/т	
		В компоненте	В готовом продукте		В натуре	В сухих веществах
Без добавок						
Картофель	100	22	92 88	47,5	7965,4 7619	1752,4 1676,18
С добавкой МГД						
Картофель	99,5	22	92 88	47,5	7925,5 7581	1743,6 1667,8
МГД	0,5	100	92 88	31,1	6,7 6,4	6,7 6,4
С МГД и комплексом добавок (сухое обезжиренное молоко, витамин С, метабисульфит натрия)						
Картофель	98,56	22	92 88	47,5	7850,7 7509,3	1727,15 1652,05
МГД	0,5	100	92 88	31,1	6,7 6,4	6,7 6,4
СОМ	0,8	93	92 88	13,9	9,2 8,8	8,6 8,2
Витамин С	0,08	99,7	92 88	13,9	0,86 0,82	0,86 0,82
Метабисульфит натрия	0,06	100	92 88	13,9	0,64 0,61	0,64 0,61
С комплексом добавок (сухое обезжиренное молоко, витамин С, метабисульфит натрия)						
Картофель	99,06	22	92 88	47,5	7890,4 7547,4	1735,9 1660,4
СОМ	0,8	93	92 88	13,9	9,2 8,8	8,6 8,2
Витамин С	0,08	99,7	92 88	13,9	0,86 0,82	0,86 0,82
Метабисульфит натрия	0,06	100	92 88	13,9	0,64 0,61	0,64 0,61

2 Сушка моркови

Наиболее пригодна для сушки морковь столовых сортов. Корнеплоды усеченно-конические или цилиндрические, среднетрубные от оранжево-красного до красного цвета, без заметной сердцевины и сосудисто-волоконистых пусков. Лучше для сушки подходит морковь цилиндрической формы, менее желательна конусной формы, так как при бланшировании и очистке дает много отходов. Корнеплоды должны быть целые, неувядшие, без заболеваний и трещин, без повреждений сельскохозяйственными вредителями, неуродливые по форме, длина оставшихся черешков не более 2 см. Допускается к переработке до 5 % треснувших, поломанных, уродливых по форме (но не разветвленных) корнеплодов.

Размер корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру – 2,5-6,0 см.

Технологическая схема производства сушеной моркови включает следующие операции: мойка при соотношении воды и продукта 3:1; калибровка при пароводотермическом способе очистки; на 3 размера (по наибольшему диаметру: мелкий 30-40 мм, средний 41-50 мм и крупный более 50 мм); очистка паровым способом 40-50 с при давлении пара 0,3 МПа, щелочным 4 %-ным раствором каустической соды при температуре 80-85 °С 3 мин; сульфитация в 0,2 %-ном растворе бисульфита натрия 3 мин; доочистка вручную; резка на столбики сечением 3x5 мм длиной не менее 5 мм, кубики с длиной грани 5-9 мм, пластинки толщиной не более 4 мм, длиной и шириной 9-12 мм; бланширование при температуре 95-98 °С 3-5 мин; сушка; сортировка; упаковка.

Сушат морковь на ленточных конвейерных сушилках до остаточной влажности 13-14 %; 10 %; 8 % и 6-7 %. Режимы сушки моркови приведены в таблице 1.14.

Сушку моркови до влажности 6-7 % проводят однократно. Сушка до влажности 8-10 % проводится при одинаковых параметрах, но разных нагрузках на первую ленту. Сушка проводится в 2 этапа. Сначала морковь высушивают до остаточной влажности 10 %, затем сутки выдерживают и досушивают до влажности 8 %.

При инспектировании сушеной моркови отбирают кусочки с черными пятнами, остатками кожицы и пропускают через магнитный улавливатель.

Сушеную морковь для получения пищевых концентратов и овощных смесей не брикетируют. Морковь влажности 13-14 % брикетируют без подогрева, а влажностью 8 % - с предварительным подогревом.

Сушеную морковь для длительного хранения или экспорта упаковывают в жестяные банки № 15 или мешки из полимерных материалов, которые укладывают в ящики из гофрированного картона. Для предприятий пищевых концентратной промышленности – упаковывают в крафт-мешки или фанерные барабаны.

Показатели качества. Морковь сушеная выпускается 1 и 2 сорта.

Форма – стружка толщиной не более 3 мм, шириной не более 5 мм и длиной не менее 5 мм; кубики с размером граней 5-9 мм; пластинки толщиной не более 4 мм, длиной и шириной не более 12 мм. Допускается стружка длиной

менее 5 мм в наибольшем измерении – 5 %, количество кусочков зеленоватых, с черными пятнами и остатками кожицы для 1 сорта 3 %, для 2 сорта – 12 %.

Таблица 1.14 – Режимы сушки моркови

Параметры сушки	Сушка моркови, нарезанной				
	столбиками 2,5-3 мм		кубиками 8x8x8 мм или 6x6x6 мм		
	до влажности, %				
	13-14	6-7	13-14	10	8
Удельная нагрузка, кг/м ²	14	8	16 21	16 21	4,5 6
Скорость движения ленты, м/мин:					
первой	0,38	0,31	0,38	0,22	0,22
второй	0,26	0,18	0,26	0,20	0,20
третьей	0,17	0,13	0,17	0,14	0,14
четвертой	0,16	0,13	0,16	0,10	0,10
пятой	-	0,13	-	-	-
Температура воздуха над лентами, °С:					
первой	65	70	55	55	55
второй	70	70	70-75	70-75	55
третьей	60	65	70	70	40
четвертой	55	60	55	55	45
пятой	-	47	-	-	-
Относительная влажность воздуха, %	35-40	35-40	40-45	40-45	35-38
Расход воздуха, м ³ /ч	28000	36000	28000	28000	28000
Продолжительность сушки, ч	3,5	5,0	3,0	4,4	4,4

Цвет – для 1 сорта – оранжевый, допускается желтоватая окраска сердцевины; для 2 сорта оранжево-желтый.

Консистенция – стружка и пластинки эластичные, для сушеной моркови пониженной влажности – хрупкие, кубики – твердые.

Посторонние привкусы и запахи – не допускаются.

Содержание металлических примесей – не более 0,01 %.

Содержание сернистой кислоты (в пересчете на SO₂) – не более 0,04 %.

Развариваемость при хранении до 1 года – не более 25 мин.

На производство 1 т сушеной моркови влажностью 13-14 % расходуется 9,5 т сырой, влажностью до 8 % - 10,5 т сырой с содержанием сухих веществ 13 %.

3 Сушка свеклы

Для сушки используется свекла, имеющая крупные или средние корнеплоды округлой, плоско-округлой или плоской формы со сладкой

мякотью однородного цвета, без заметной кольцеватости и грубых волокнистых нитей. Корнеплоды должны быть свежими, целыми, без повреждений сельскохозяйственными вредителями, с длиной оставшихся черешков не более 2 см. Мякоть должна быть сочная, темно-красного цвета. Размер корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру 5-14 см. Содержание корнеплодов с отклонениями по размерам, с механическими повреждениями глубиной более 3 мм, с зарубцевавшимися трещинами допускается не более 5 %.

Технологическая схема производства столовой сушеной свеклы состоит из следующих операций: мойка при соотношении воды и продукта 3:1; калибровка при очистке пароводотермическим способом на три размера по наибольшему поперечному диаметру (мелкий – проход через отверстия 8x8 см, средний – проход через отверстия 9,5x9,5 см и крупный – сход с калибрователя); шпарка 90 с при давлении 0,3 МПа; доочистка вручную; инспекция; резка на столбики толщиной 3x7 мм, кубики с размером граней 5-10 мм или пластинки толщиной не более 5 мм и шириной 9-12 мм; бланширование (для свеклы, очищенной паровым способом) паром при температуре 95-98 °С 10-15 мин; обработка 0,5 % раствором пектина (для свеклы, очищенной паровым способом) путем обильного опрыскивания; сушка; сортировка; упаковка.

Сушат свеклу, нарезанную в виде до остаточной влажности 13-14 %, 8 % или 6-7 % на ленточных конвейерных сушилках.

Режимы сушки свеклы приведены в таблице 1.15.

Чтобы свекла не прилипла к лентам, первую и вторую ленты смазывают растительным маслом из расчета 2 кг/т.

Параметры сушки зависят от формы нарезки и конечной влажности продукта. Сушку столбиков и кубиков размером граней 6x6x6 мм до влажности 8 и 6-7 % проводят в одну стадию, а кубиков размером 8x8x8 мм – в две стадии. Сначала высушивают до влажности 14 %, выдерживают в течение суток и после этого досушивают до влажности не выше 8 %.

Перед сортировкой сушеную свеклу пропускают через сита для отделения частиц менее 5 мм. Отбирают кусочки с черными пятнами, остатками кожицы и пропускают через магнитный улавливатель. На упаковку свеклу подают россыпью, если она предусмотрена для изготовления овощных смесей, пищевых концентратов или экспорта. Упаковку и брикетирование проводят также, как и сушеной моркови.

Показатели качества. Свекла сушеная выпускается 1 и 2 сорта.

Форма – стружка, кубики, пластинки. Допускается стружка длиной менее 5 мм в наибольшем измерении – 5 %, количество кусочков зеленоватых, с черными пятнами и остатками кожицы для 1 сорта 3 %, для 2 сорта – 7 %, количество кусочков с белыми прожилками для 1 сорта 5 %, для 2 сорта – 10 %.

Цвет – бордовый разных оттенков.

Консистенция – стружка и пластинки эластичные, для сушеной свеклы пониженной влажности – хрупкие, кубики – твердые.

Посторонние привкусы и запахи – не допускаются.

Таблица 1.15 – Режимы сушки свеклы

Параметры сушки	Сушка свеклы, нарезанной				
	столбиками 3x7 мм		Кубиками, мм		
			8x8x8 или 6x6x6	6x6x6	8x8x8
	до влажности, %				
	13-14	6-7	13-14	8	8-13
Удельная нагрузка, кг/м ²	12,5	11	17 22	11	4,5
Скорость движения ленты, м/мин:					
первой	0,38	0,13	0,19	0,13	0,19
второй	0,26	0,09	0,13	0,09	0,13
третьей	0,15	0,07	0,10	0,07	0,10
четвертой	0,12	0,05	0,08	0,05	0,08
Температура воздуха на лентах, °С:					
первой	70	75	70	75	55-60
второй	75	70	75	70	55-60
третьей	65	55	65	55	50
четвертой	60	40	55-60	40	45-50
Относительная влаж- ность воздуха, %	40	35-40	40-45	35-38	35-38
Расход воздуха, м ³ /ч	28000	5000	5000	5000	5000
Продолжительность сушки, ч	3,5	4,2	3,0	4,2	3,0

Содержание металлических примесей – не более 0,01 %.

Развариваемость при хранении до 1 года – не более 25 мин.

На производство 1 т сушеной свеклы влажностью 13-14 % расходуется 8 т сырой, влажностью до 8 % - 9 т сырой с содержанием сухих веществ 15 %.

4 Сушка белых кореньев

Сушат корни петрушки, пастернака, сельдерея. Окраска корней петрушки серовато-белая, внутри - белая, со светло-желтой каймой. Корни сельдерея имеют серовато-белую окраску на поверхности, белую мякоть и сильно развитую сердцевину. Пастернак имеет толстый мясистый корень. В зависимости от сорта корни бывают длинными или короткими. Наибольшее распространены сорта пастернака с короткими корнями.

Технологическая схема производства сушеных белых кореньев состоит из следующих операций: мойка при соотношении воды и продукта 3:1; инспекция; очистка механическим или химическим способом (температура щелочного раствора 80-85 °С, концентрация раствора каустической соды для петрушки 3 %, пастернака 5 % и сельдерея 6 %, время обработки 5 мин; доочистка вручную; резка на столбики сечением 3x6 мм и длиной не менее 5

мм, кубики с размером грани 5-9 мм и пластинки толщиной не более 4 мм, длиной и шириной 9-12 мм; сульфитация раствором бисульфита натрия в концентрации 0,2 % и лимонной кислоты концентрацией 0,15 %; сушка; сортировка; упаковка.

Раствор для сульфитации следует часто менять, иначе кусочки темнеют. Это происходит за счет того, что раствор насыщается клетчаткой. Она адсорбирует диоксид серы, пристает к поверхности материала и окрашивает его в серый цвет. После сульфитации белые корни сразу же направляют на сушку. Белые корни очень чувствительны к окислению, поэтому начальная температура сушки по возможности должна быть максимально высокой. Сушку проводят в ленточных конвейерных сушилках до остаточной влажности не более 8 и 14 %.

Режим сушки белых корней приведен в таблице 1.16

Таблица 1.16 – Режим сушки белых корней

Показатели	Влажность готового продукта, %					
	14				8	
	столбики		кубики		кубики	
	КСА-80	ПКС-20	КСА-80	ПКС-20	КСА-80	ПКС-20
Количество загружаемого продукта, кг/мин	10,6	3,0	6,4	2,0	4,2	1,3
Нагрузка на 1 ленту, кг/м ²	14,0	14,0	12,3	12,3	8,0	8,0
Скорость движения лент, м/мин						
первой	0,38	0,17	0,26	0,13	0,26	0,13
второй	0,26	0,11	0,19	0,095	0,19	0,095
третьей	0,15	0,08	0,15	0,075	0,15	0,075
четвертой	0,12	0,07	0,11	0,055	0,11	0,055
Температура воздуха над лентами, °С:						
первой	48	48	50	50	50	50
второй	52	52	55	55	55	55
третьей	00	50	50	50	50	50
четвертой	45	45	40	40	40	50
Относительная влажность отработанного воздуха, %	35-40	35-40	35-40	35-40	35-40	35-40
Продолжительность сушки, ч	3,5	3,5	4,13	4,13	4,13	4,14
Расход воздуха, м ³ /ч	28000	5000	28000	5000	28000	5000

После сушки инспектируют, отбирают поджаренные кусочки, с черными пятнами и пропускают через магнитные улавливатели.

Сушеные белые корни упаковывают россыпью или в брикетах. Эти операции аналогичны рассмотренным ранее для картофеля, моркови и свеклы.

Показатели качества.

Цвет – белый, с желтоватым оттенком, допускается буроватый оттенок.

Консистенция – эластичная, с допустимой хрупкостью.

Вкус и запах – свойственны сушеным корням, без посторонних привкусов и запахов.

На производство 1 т сушеного продукта требуется: петрушки свежей 7,8 т при содержании сухих веществ 17 %; сельдерея 8 т при содержании сухих веществ 16 %; пастернака 6,5 т при содержании сухих веществ 19 %.

5 Сушка зеленого горошка

Для сушки используют зеленый горошек только мозговых сортов. Зерна должны быть свежие, целые, с тонкой и нежной оболочкой и нежной мякотью, не поврежденные вредителями и болезнями.

Технологический процесс состоит из следующих операций: лущение; очистка зерен на вибросите; мойка; калибровка на две фракции: мелкую менее 8 мм (проход через сито с диаметром отверстий 8 мм) и крупную более 8 мм (сход с сита диаметром отверстий 8 мм); инспекция; бланширование в воде для мелкого горошка при температуре 90 °С, для крупного – 95 °С 3-4 мин; сушка; инспекция; сортировка по размеру; упаковка.

Во время бланширования изменяется цвет горошка от светло- до темно-зеленого. Это один из признаков окончания процесса. Зеленый цвет горошка хорошо закрепляется в слабощелочной среде (рН 7,1-7,4), поэтому при бланшировании в воду добавляют бикарбонат натрия.

Таблица 1.17 – Режим сушки зеленого горошка

Наименование показателей	Значения
Количество загружаемого горошка, кг/мин:	
мелкой фракции	6
крупной фракции	4
Нагрузка на поверхность первой ленты, кг/м ² :	
мелкой фракции	15
крупной фракции	10
Скорость движения лент, м/мин:	
первой	0,20
второй	0,19
третьей	0,15
четвертой	0,13
Температура воздуха над лентами, °С:	
первой	70
второй	65-68
третьей	60
четвертой	45-50
Продолжительность сушки, ч	4
Расход воздуха, м ³ /ч	28000

Сушат горошек до влажности не более 14 % на четырехленточных ленточных конвейерных сушилках марки КСА. Режим сушки зеленого горошка приведен в таблице 1.17.

Сушеный зеленый горошек инспектируют и сортируют по размеру на двух ситах: верхнем – с круглыми отверстиями диаметром 7 мм и нижнем с продольными отверстиями 3x20 мм. При этом его разделяют на 2 фракции: сход с верхнего сита – 1 сорт. Сход с нижнего сита – высший сорт. Проход через нижнее сито состоит из частиц зерен и оболочки и относится к отходам. Калиброванный горошек инспектируют, отбирают недосушенные, поджаренные зерна, пропускают через магнитные улавливатели.

Упаковывают зеленый горошек, как и другие овощи.

Показатели качества. Сушеный горошек выпускается высшего и 1 сорта.

Форма – зерна округлые с морщинистой поверхностью. В 1 сорте допускается до 0,5 % оболочек от зерен. Количество дробленых зерен 0,5 % в высшем сорте и 1 % в 1 сорте. Количество зерен с треснувшей оболочкой в высшем сорте 15 % и в 1 сорте 20 %.

Цвет – от темно-зеленого до зеленого. Для 1 сорта допускается до 10 % беловатых зерен. Допускается в 1 сорте до 3 % поджаренных зерен.

Консистенция – эластичная с допустимой легкой хрупкостью.

Развариваемость при хранении до 1 года не более 25 мин для высшего сорта и не более 40 мин для 1 сорта.

На получение 1 т сушеного горошка расходуется 5,6 т зеленого горошка в зернах или 14 т в стручках.

6 Сушка капусты

Наиболее пригодны для сушки поздние и среднепоздние сорта с содержанием сухих веществ не менее 8 %, имеющие крупные кочаны с белыми листьями с неглубоко сидящей кочерыгой. Кочаны должны быть целыми, сформировавшимися, плотными, без заболеваний и повреждений. Степень зачистки должна быть до плотно облегающих белых или зеленых листьев с кочерыгой длиной не более 3 см. Масса зачищенных кочанов должна быть не менее 0,8 кг. Содержание кочанов с сухим загрязнением, механическими повреждениями на глубину трех облегающих листьев не более 5 %. Капуста с рыхлыми, треснувшими и подмороженными кочанами, поврежденная вредителями, с посторонними запахами, привкусами, давшая цветочную стрелку, а также капуста ранних сортов для сушки не пригодна.

Технологическая схема производства сушеной белокочанной капусты состоит из следующих стадий: сортировка, зачистка кочанов, удаление кочерыги, резка на полоски шириной 3-4 мм, бланширование паром 1,5-2,5 мин при толщине слоя 3-4 см, сульфитация 0,1 %-ным раствором бисульфита натрия (раствором опрыскивают капусту на выходе из бланширователя), сушка, инспекция, упаковка.

Режимы сушки капусты белокочанной приведены в таблице 1.18.

Таблица 1.18 – Режимы сушки капусты белокочанной

Параметры сушки	Сушка капусты до влажности, %:	
	13-14	6-7
Удельная нагрузка, кг/м ²	9,0	7,4
Скорость движения ленты, м/мин:		
первой	0,33	0,33
второй	0,23	0,15
третьей	0,20	0,10
четвертой	0,15	0,12
Температура воздуха над лентами, °С:		
первой	50	55
второй	60	60
третьей	60	60
четвертой	50	45
Расход воздуха, м ³ /ч	36000	36000
Продолжительность сушки, мин	190	280

Чтобы капуста не прилипала к лентам, первую ленту смазывают растительным маслом.

После сушки капусту сортируют, удаляют дефектные частицы, отбирают недосушенные и возвращают на третью ленту для досушивания, затем пропускают через магнитный улавливатель и сито для удаления частиц размером менее 3 мм.

Упаковывают сушеную капусту россыпью или в брикетированном виде аналогично другим овощам.

Показатели качества. Капусту белокочанную сушеную выпускают 1 и 2 сорта.

Форма – стружка размером не менее 5 мм в наибольшем линейном измерении. Допускаются частицы размером менее 5 мм в капусте россыпью и в капусте брикетированной влажностью не более 8% - 8% для 1 сорта и 12% для 2 сорта; в сушеной капусте брикетированной влажностью 14% - 17% для 1 сорта и 20% для 2 сорта.

Цвет – белый или светло-желтый. Допускается слабо-зеленоватый оттенок. Количество частиц поджаренных, с черными пятнами листья и пластинки кочерыги 3% для 1 сорта и 12% для 2 сорта.

Консистенция – эластичная, допускается легкая хрупкость. Капуста с низкой остаточной влажностью хрупкая.

Содержание сернистого ангидрида в пересчете на SO₂ – не более 0,06%.

Продолжительность разваривания при хранении до 1 года – не более 25 мин.

На производство 1 т сушеной белокочанной капусты влажностью 13-14% требуется 14 т свежей, а для получения продукта с влажностью 6-7% - 16,3 т свежей.

Кроме белокочанной сушат также и цветную капусту.

Технологическая схема производства сушеной цветной капусты включает следующие стадии: очистка от наружных покровных листьев; мойка; сульфитация в 0,1 %-ном растворе бисульфита натрия в течение 1 мин; повторная мойка; резка на пластинки шириной 3,0-3,5 мм; бланширование паром при температуре 90-95 °С 2-3 мин; инспекция; сушка; сортировка; упаковка.

Сушку цветной капусты производят на ленточных конвейерных сушилках до остаточной влажности 13 %. Температура сушки над первой лентой – 50 °С; над второй – 45 °С; над третьей – 40 °С и над четвертой – 35 °С. Продолжительность сушки 195 мин.

После сушки продукт охлаждают 25-30 мин, сортируют – отбирают дефектные частицы и недосушенные. Пропускают через магнитные улавливатели и упаковывают только россыпью, как и другие овощи.

Показатели качества.

Внешний вид – пластинки и части соцветий толщиной до 3 мм.

Цвет – кремовый, допускается желтоватый оттенок.

Консистенция – эластичные частицы с легкой хрупкостью.

На выработку 1 т сушеной цветной капусты расходуется около 16 т свежей.

7 Сушка лука и чеснока

Для сушки используют только лук острых сортов с содержанием сухих веществ не менее 14 %. Луковицы должны быть вызревшими, здоровыми, целыми, сухими, не загрязненными, с хорошо подсушенными верхними чешуями и высушенной шейкой от 2 до 5 см. Допускается к переработке не более 5 % луковиц с длиной шейки от 5 до 10 см. Размер луковиц по наибольшему поперечному диаметру для овальных форм – не менее 3 см, для остальных форм – не менее 4 см.

Технологическая схема сушеного лука состоит из следующих стадий: инспекция; калибрование на три размера по наибольшему диаметру: мелкий – 30-40 мм, средний 41-50 мм и крупный – более 51 мм; очистка от верхних чешуй, шейки и донца; мойка под душем на сетчатом транспортере 2-3 мин; резка на кружки толщиной 2,5-5,0 мм, для производства лука сушеного влажностью до 8 % - 1,5-3,0 мм; сульфитация 0,2 %-ным раствором бисульфита натрия (в основном, для лука сушеного, предусмотренного для экспорта) путем опрыскивания под душем в течение 3 мин или погружения в раствор на 1-2 мин; сушка; инспекция; упаковка.

Лук перед сушкой не бланшируют, так как при тепловой обработке инактивируются ферменты, обуславливающие протекание реакций, обеспечивающих специфический луковый вкус. *Дисульфиды* – носители лукового запаха и букета, *тиосульфаты* – носители острого вкуса.

При мойке необходима выдержка в течение 2-3 мин в 0,2 %-ном растворе хлорамина для поддержания микробиологической чистоты.

При сульфитации у лука теряется острота вкуса и запаха из-за взаимодействия диоксида серы с эфирными маслами, поэтому лук, предназначенный для внутреннего рынка, в основном, не сульфитируют.

Сушка лука проводится до остаточной влажности 13-14 % или 6-8 % на ленточных конвейерных сушилках. Режим сушки лука на сушилке КСА-80 приведен в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Режимы сушки лука

Параметры сушки	Сушка лука до влажности, %:	
	13-14	6-7
Количество загружаемого лука, кг/мин	9,0	5,7
Нагрузка на поверхность первой ленты, кг/м ²	13,6	12,4
Скорость движения ленты, м/мин:		
первой	0,33	0,23
второй	0,20	0,14
третьей	0,18	0,13
четвертой	0,15	0,13
Температура воздуха над лентами, °С:		
первой	55	48
второй	58	52
третьей	55	50
четвертой	48	36
Расход воздуха, м ³ /ч	28000	28000
Продолжительность сушки, ч	3,5	4,45
Относительная влажность отработанного воздуха, %	40-45	40-45

Сушеный лук инспектируют, пропускают через магнитный улавливатель и упаковывают россыпью или брикетами, как и другие сушеные овощи.

Показатели качества. Лук сушеный вырабатывается 1 и 2 сорта.

Форма – кружки, кольца, пластинки и их части толщиной 1-3 мм. Допускается наличие кусочков поджаренных, черными пятнами и остатками чешуи для 1 сорта 3 % и для 2 сорта 12 %.

Цвет – белый или светло-желтый. Допускается розовато-фиолетовый оттенок, свойственный красно-фиолетовым сортам лука, зеленоватый оттенок. Для 2 сорта допускается коричневатый оттенок.

Консистенция – эластичная, допускается легкая хрупкость, у сушеного лука с пониженной влажностью – хрупкая.

Содержание сернистой кислоты (в пересчете на SO₂) - не более 0,05 %.

Для выработки 1 т сушеного лука влажностью 13-14 % требуется 6,8 т сырья, а влажностью 6-8 % - 7,4 т свежего репчатого лука.

Из сушеного лука получают дробленый лук и луковый порошок.

При производстве дробленого лука используют сушеный лук влажностью не более 8 %. Его после инспектирования дробят на молотковой дробилке с ситом, имеющим диаметр отверстий 8-10 мм. Дробленый лук

просеивают через два встряхивающих сита. Сход с сита с диаметрами ячеек 5 мм направляется на повторное дробление, а сход с сита с диаметром ячеек 2 мм идет на фасовку. Проход через нижнее сито поступает на производство лукового порошка.

Дробленный лук инспектируют, пропускают через магнитный улавливатель и упаковывают в герметичную тару.

Показатели качества. Лук дробленный на сорта не делится.

Форма – порошок. Проход через сито с диаметром отверстий 5 мм для дробленого лука должен быть не менее 95 %. Остаток на сите с диаметром отверстий 2 мм – не менее 90 %. В дробленном луке не допускается наличие кусочков с черными пятнами, остатками чешуи, донца и шейки.

Цвет – белый, с желтовато-зеленоватым оттенком.

Консистенция – сыпучая.

Содержание сернистой кислоты (в пересчете на SO_2) - не более 0,05 %.

При производстве лукового порошка сушеный лук влажностью не более 8 % и мелочь, не содержащую горелых частиц пропускают через молотковую дробилку или микромельницу, затем просеивают через сито с диаметром отверстий 0,067 мм. Отсеянные крупные частицы возвращают на повторный размол. Луковый порошок пропускают через магнитный улавливатель и упаковывают в герметичную тару. Показатели качества для лукового порошка аналогичные луку дробленому. Проход через сито с диаметром отверстий 0,067 мм должен составлять 100 %.

Сушеный чеснок выпускают в виде кусочков и порошка по следующей технологической схеме: разделение на зубки; инспекция и отделение зубков от донца; резка зубков в кожуре на дисковой корнерезке; сушка; отвеивание шелухи; инспекция; упаковка.

Сушка подготовленного чеснока производится в 2 стадии на ленточных конвейерных сушилках: сначала на КСА, затем на ПКС. Параметры основной сушки. Температура сушки над первой, второй и третьей лентами – 60 °С; над четвертой – 45-50 °С. Продолжительность сушки 365 мин. Досушка продолжается в течение 260 мин до влажности 8 % при температуре воздуха 40-45 °С. Для предохранения от прилипания частиц все ленты смазывают растительным маслом.

В процессе сушки чеснок приобретает коричневую окраску из-за ферментативного окисления дубильных веществ. Для длительного хранения чеснок упаковывают в жестяные банки или мешки из полимерных материалов.

Показатели качества. Чеснок вырабатывается 1 и 2 сорта.

Форма – кусочки различной формы. Количество кусочков поджаренных, с остатками чешуи допускается не более 8 % для 1 сорта и 20 % для 2 сорта.

Консистенция – твердая.

Вкус и запах – острочесночный.

Цвет – кремовато-золотистый различных оттенков. Допускается для 2 сорта светло-коричневый оттенок.

Для получения 1 т сушеного чеснока требуется 4,0-4,2 т сырого.

Чесночный порошок получают аналогично луковому. Порошок должен иметь сыпучую консистенцию, кремовый цвет, остросочный вкус и запах.

8 Сушка зелени и пряностей

Пряная зелень содержит большое количество витаминов, эфирных масел. Поэтому основной задачей при сушке является максимальное сохранение этих веществ и натурального цвета.

Сушеную зелень вырабатывают из молодых стеблей и свежих листьев укропа, петрушки, пастернака и сельдерея, отделенные от грубых корешков, неувядшие, не пожелтевшие, в неогрубевшими стеблями.

Технологическая схема производства сушеной зелени включает следующие стадии: инспектирование для удаления пожелтевших листьев и посторонних примесей; мойка в вентиляторной и душевой машине при слое зелени не более 5 см; стекание воды на сетчатых столах; сушка; сортировка; упаковка.

Сушка зелени проводится на ленточных конвейерных сушилках до влажности 13-14 % и 6- 8 %.

Режимы сушки зелени на сушилках КСА-80 приведены в таблице 1.20.

Таблица 1.20 – Режимы сушки зелени

Параметры сушки	Сушка зелени до влажности, %:	
	13-14	не более 8
Количество загружаемой зелени, кг/мин	2,7	2,2
Нагрузка на поверхность первой ленты, кг/м ²	3,6	3,6
Скорость движения ленты, м/мин:		
первой	0,38	0,30
второй	0,28	0,20
третьей	0,22	0,12
четвертой	0,15	0,10
Температура воздуха над лентами, °С:		
первой	60	60
второй	50	50
третьей	45	45
четвертой	40	40
Расход воздуха, м ³ /ч	28000	28000
Продолжительность сушки, ч	3,0	4,5
Относительная влажность отработанного воздуха, %	35-40	35-40

В процессе сушки происходит измельчение зелени и мелочь просыпается на калориферы и на пол. Во избежание этого рекомендуется для сушки использовать более частую сетку (как для сушки круп), ограждать калориферы третьей и четвертой ленты жестью, а под сушилкой настилать брезент.

При сортировке отбирают запаренные и поджаренные частицы, пропускают через магнитный улавливатель и направляют на упаковку. Упаковка проводится, как для других овощей.

Сушеная зелень выпускается россыпью или в виде порошка.

Для получения порошка зелень влажностью не более 8 % размалывают в порошок на молотковых дробилках, просеивают через сито с диаметром отверстий 0,5 мм. Проход через сито пропускают через магнитный улавливатель и упаковывают в герметичную тару.

Показатели качества. Прямая сушеная зелень выпускается 1 и 2 сортом.

Форма – характерная для высушенных листьев соответствующего вида зелени.

Цвет – зеленый, для 2 сорта допускается буроватый оттенок. Допускается количество пожелтевших и побуревших пластинок для 1 сорта не более 2 %, для 2 сорта – 7 %; количество огрубевших стеблей укропа – для 1 сорта не более 3 %, для 2 сорта – не более 8 %.

Консистенция – хрупкая, допускается легкая эластичность.

Для выработки 1 т сушеной продукции требуется 15 т сырья.

9 Смеси сушеных овощей для первых и вторых блюд

Вкусовые качества первых блюд зависят от состава и соотношения входящих в них продуктов. Рецептура разрабатывается с учетом назначения блюда. Если блюдо предназначено для военнослужащих, то кроме вкусовых качеств, должна быть и определенная калорийность. Если для розничной продажи – блюдо должно иметь хороший вкус и экстрактивный бульон. Поэтому к рецептурам первых блюд предъявляются определенные требования.

В рецептуры должны обязательно входить продукты, которые обеспечивают вкусовые качества: соль, зелень, пряности, экстрактивные вещества. Жидкие и пюреобразные продукты могут вводиться только при условии их хорошей смачиваемости с остальными компонентами. Количество их должно быть таким, чтобы обеспечит стандартную влажность готового продукта, входящие в состав смеси продукты не должны реагировать друг с другом.

Целесообразно закладывать в смеси первых блюд одинаковое количество таких продуктов как зелень, белые корни, лавровый лист, соль.

Технологическая схема включает следующие операции: подготовка компонентов (инспекция, сортировка); дозировка и смешивание согласно рецептуре; фасовка россыпью в пакеты и упаковка.

Сушеные овощи дробят на кусочки размером 3-5 мм, если овощи в виде кубиков, то их не измельчают. Лавровый лист измельчают и пропускают через магнитные улавливатели. Перец черный молотый – просеивают.

Рецептуры смесей сушеных овощей и пряностей приведены в таблице 1.21.

Таблица 1.21 – Рецептура овощных смесей на 1000 кг готового продукта

Наименование продукта	Компоненты овощей сушеных	Содержание, %	Расход сырья, кг
Суп картофельный	Картофель	93	944
	Морковь	2,9	29,4
	Лук репчатый	3,0	30,5
	Белые корни	0,75	7,6
	Зелень	0,3	3,0
	Лавровый лист	0,05	0,5
	ИТОГО:	100	1015
Борщ	Картофель	41,4	420,2
	Капуста белокочанная	26,75	271,5
	Свекла	20	203
	Морковь	5	50,8
	Лук репчатый	5	50,7
	Белые корни	1,25	12,7
	Зелень	0,5	5,1
	Лавровый лист	0,1	1,0
ИТОГО:	100	1015	
Щи	Картофель	40,15	407,5
	Капуста белокочанная	48	487,2
	Морковь	5	50,8
	Лук репчатый	5	57
	Белые корни	1,25	12,7
	Зелень	0,5	5,1
	Лавровый лист	0,1	1,0
	ИТОГО:	100	1015
Суповая заправка	Зелень укропа	15	152,25
	Зелень петрушки	15	152,25
	Белые корни	70	710,5
	ИТОГО:	100	1015
Суповая заправка	Зелень укропа	12,5	126,9
	Зелень петрушки	12,5	126,9
	Белые корни	70	710,5
	Лавровый лист	5	50,7
	ИТОГО:	100	1015

Смеси выпускают 1 и 2 сортом влажностью 8 % и 13,5 %.

Показатели качества.

Форма – равномерно смешанная масса компонентов, входящих в состав смеси (стружки, кубики, кольца).

Цвет – характерный для данного вида смеси разных оттенков.

Развариваемость при хранении до 1 года – не более 25 мин. Если для приготовления смесей используются быстрорастворимые компоненты, то продолжительность разваривания составляет не более 5 мин.

Для производства вторых обеденных блюд используются только быстрорастворимые сушеные овощи. Предпочтение отдают овощам, имеющим фигурную нарезку или в виде кубиков с размером граней 5x5x5 мм. Они хорошо смешиваются с остальными компонентами, хорошо развариваются, легко дозируются. Такие рецептуры в большей степени унифицированы. Развариваемость таких смесей – не более 5 мин.

Рецептуры смесей вторых блюд приведены в таблице 1.22.

Таблица 1.22 – Рецептуры смесей вторых овощных блюд, %

Наименование компонентов	Картофель тушеный	Рагу овощное
Картофель сушеный	72,35	53,8
Лук сушеный	7,0	5,0
Коренья белые сушеные	1,5	1,5
Морковь сушеная	-	8,0
Зелень сушеная	0,5	0,5
Жир	15,0	15,0
Соль	3,5	3,5
Мука пшеничная	-	5,0
Томатный порошок	-	8,0
Лавровый лист	0,1	0,1
Перец черный	0,05	0,05

10 Сушка грибов

Сушат грибы губчатые (белые, подберезовики, подосиновики, маслята, маховики), сумчатые (сморчки и строчки), пластинчатые (лисички, опята). Для сушки желательно использовать молодые, крепкие грибы.

Подготовка к сушке. Грибы сортируют по размерам, разбирают по сортам. У маслят, подосиновиков, маховиков, подберезовиков, опят и лисичек для сушки, в основном, используют шляпки. Обрезают ножки. Длина оставленных ножек должна быть не более 2-3 см. Одревесневшие ножки подберезовиков и подосиновиков удаляют полностью. У белых грибов используют как шляпки, так и ножки. Сумчатые грибы сушат целиком. Белые грибы можно резать на кусочки толщиной 10-15 мм. Масленок, подберезовик, подосиновик можно разрезать на 2 или 4 части. Протирают слегка увлажненной тканью для удаления пыли и песка.

Грибы, предназначенные для сушки, не моют.

Лисички и опята сушат только в том случае, если есть подтверждение специалистов об однородности партии высушенных грибов по исходному сырью и отсутствию ядовитых и несъедобных.

Сушат грибы естественным и искусственным способом.

Естественная сушка. Все виды грибов, кроме сумчатых, нарезают на ломтики 5-10 мм. Сушка шляпками таким способом запрещена. Кусочки нанизывают на шпагат или раскладывают на стеллажи. Ежедневно проверяют качество путем разламывания. Проверяют наличие личинок. Если есть – то сушку ускоряют тепловым способом путем подачи горячего воздуха. Такая

сушка не рекомендуется, ввиду ее продолжительности, повреждаемостью грибов личинками насекомых, большими потерями питательных веществ. Можно использовать естественную сушку, как начальный этап перед искусственной. Это процесс называется подвяливание.

Искусственная сушка. Сушат шляпками, если диаметр не более 70 мм, и нарезанными. Раскладывают на лотки, сетки или нанизывают на шомпольные приспособления и помещают в сушилку. Сушат в ленточных сушилках или во взвешенном слое при скорости движения воздуха 4-5 м/с. При сушке в ленточных сушилках загрузка на 1 м² не более 2,5 кг для лисичек, опят, белых, подберезовиков; не более 3 кг для маслят, маховиков и подосиновиков. Если сушат шляпками, то загрузку уменьшают в 2 раза. Температура сушка для белых грибов не более 50 °С, для остальных – не более 75 °С.

В период постоянной скорости сушки, когда удаляется свободная влага, нельзя допускать перепада температур на 10 °С, т.к. происходит «отмокание» грибов. При понижении температуры происходит конденсация паров внутри грибов. Кусочки превращаются в мокрую массу. И в дальнейшем сушка замедляется. Чтобы не было «запаривания» грибов их загружают в нагретую камеру. В начале сушки температура теплоносителя ниже требуемой. До необходимой нормы поднимают после подвяливания, которое продолжается 2-3 ч при температуре 40-50 °С. Продолжительность сушки трубчатых грибов 5-6 ч., сумчатых – 3-4 ч.

Выход сушеных грибов составляет 8-10 %. Влажность готовой продукции не более 12-14 %.

Сушеные белые грибы делят на 3 сорта: 1,2 и 3-й. Сорта отличаются цветом шляпки, длиной ножки и наличием сломанных шляпок. Белые сушеные грибы, у которых низ шляпки не изменил окраски (остался белам) относятся к 1 сорту. Как правило, это молодые грибы с небольшим размером шляпки и крепкой ножкой. Старые белые грибы имеют низ шляпки желтовато-зеленоватый, поэтому их еще называют «желтяки». Это 3-й сорт. Такие грибы чаще всего используются для получения грибного порошка.

Другие сушеные грибы на сорта не делят.

На ощупь грибы должны быть сухими, слегка гнуться и ломаться, но не крошиться. Не допускается примесь грибов других видов и сортов, грибы с червоточиной, трухлявые, плесневелые, с посторонним запахом, с примесью хвои, листьев и земли.

Хранят в тканевых и бумажных мешках в неотапливаемых складах при относительной влажности воздуха 70 % не более 12 мес.

Влажность грибов для получения порошка должна быть не более 10 %. Для измельчения используют молотковые дробилки. В связи с высокой гигроскопичностью порошок хранят при относительной влажности воздуха 75 % в герметичной упаковке при температуре не выше 18 °С в течение 12 мес.

Для упаковки порошка используют стеклянные банки, пакеты из полимерных материалов, бумажные пакеты со слоем пергамента и др. Влажность грибного порошка во всех видах упаковки, кроме стеклянных банок,

подвержена значительным колебаниям. Влажность увеличивается после 4-х месяцев хранения на 15-25 %.

Во время хранения изменяется кислотность порошка из-за высокой ферментативной активности и биохимических процессов. Особенно увеличивается титруемая кислотность грибного порошка при хранении в бумаге – она увеличивается на 20 % после трех месяцев хранения. Кислотность порошка при хранении в стеклянной банке не изменяется в течение 18 мес. хранения.

Важным показателем качества грибного порошка является содержание ароматических веществ (число аромата). Этот показатель во всех видах упаковки к четверем месяцам хранения достигает максимума, так как происходит концентрация ароматических веществ в герметичной упаковке. Затем значение этого показателя снижается и в 18 мес. хранения остается на первоначальном уровне.

При упаковке порошка в упаковочную бумагу, ламинированную бумагу и целлофан наблюдаются потери массы при хранении.

Контрольные вопросы

- 1 Какие требования предъявляются к картофелю, используемому для сушки?
- 2 Как классифицируются овощесушильные заводы?
- 3 Какие имеются технологические схемы переработки и сушки картофеля?
- 4 Чем определяются режимы сушки картофеля?
- 5 Как получают картофель с низкой остаточной влажностью?
- 6 Как обрабатывают картофель после сушки?
- 7 Какие требования предъявляются к сушеному картофелю?
- 8 В чем особенность получения быстрорастворимого картофеля?
- 9 Что такое картофельные хлопья и как их получают?
- 10 Что такое картофельные гранулы, какова технология их получения?
- 11 Как получают картофельные гранулы?
- 12 В чем заключается технологическая схема сушки моркови?
- 13 Какие требования предъявляются к сушеной моркови?
- 14 Какие требования предъявляются к овощам, идущим на сушку?
- 15 Какова особенность сушки свеклы?
- 16 Какие требования предъявляются к сушеной свекле?
- 17 В чем особенность подготовки белых корней к сушке и особенность сушки?
- 18 Каким образом сохраняется цвет зеленого горошка при сушке?
- 19 Какие требования предъявляются к сушеному зеленому горошку?
- 20 Как производится сушка капусты белокочанной?
- 21 Требования к качеству сушеной капусты белокочанной?
- 22 Как производится сушка цветной капусты?
- 23 В чем особенность подготовки лука к сушке и его сушка?

- 24 Как получают дробленый лук, показатели качества?
- 25 В чем особенность получения сушеного чеснока?
- 26 Какова технологическая схема получения сушеной зелени?
- 27 Какие требования предъявляются к рецептурному составу первых и вторых блюд?
- 28 Какие виды грибов пригодны для сушки?
- 29 Какова технологическая схема получения сушеных грибов?
- 30 Как изменяется качество грибных порошков при хранении?

1.6 ПРОМЫШЛЕННАЯ СУШКА ПЛОДОВ И ЯГОД

1 Сушка винограда

2 Сушка косточковых плодов

3 Сушка семечковых плодов

4 Сушка ягод и орехов

Сушеные плоды и ягоды используются в домашнем и общественном питании для приготовления компотов, как добавки в пицкекцентратной, кондитерской и хлебопекарной промышленности. Энергетическая ценность сухофруктов составляет 1010-1350 кДж/100 г. Это выше, чем мяса, хлеба, картофеля.

Мировое производство сухофруктов, особенно изюма, чернослива, инжира и фиников достигает 2 млн. тонн и особенно развито на юге США, на Ближнем Востоке, в Ираке, Турции, Греции, Марокко, Тунисе, Италии. Основной ассортимент сухофруктов, получаемых в России – виноград, абрикосы, сливы, яблоки, груши.

1 Сушка винограда

Сушеный виноград вырабатывается в широком ассортименте: *кишмиш* – из мелкоплодных ягод (диаметром до 15 мм) с зачатками семян светлых и темных сортов. Из специальных сортов винограда с очень мелкими ягодами (диаметр 6-9 мм) без семян получают *коринку*. *Изюм* получают из крупных и средних ягод (диаметр более 15 мм) с семенами. Изюмные сорта сушат при сахаристости 22-23 %, кишмишные – при 23-25 %. При меньшей сахаристости сырья качество и выход продукта резко ухудшаются.

Широко применяется воздушно-солнечная (естественная) сушка винограда. Она проста, дешева, но из-за использования более низких температур по сравнению с искусственной сушкой очень длительна (2-5 недель), трудоемка и требует больших площадей.

Сушильные пункты воздушно-солнечной сушки располагаются в садово-виноградных массивах, вдали от ульев, дорог, ферм. Площадь их составляет 5 % от площади виноградников. На них располагаются открытые сушильные площадки, площадки с навесом для хранения сырья и сортировки, котлы для шпарки, камеры окуривания.

Площадки для сушки должны быть ровными, с плотно утрамбованным грунтом, лучше бетонированные, со всех сторон продуваемые и освещенные

солнцем, с наклонными стеллажами для установки решет (в направлении с востока на запад).

Технологическая схема. Грозди винограда, доставленные на площадку, сортируют по сортам, окраске, размеру, инспектируют, укладывают в один ряд по 5-6 кг на деревянные решета или полиэтиленовую пленку, решета устанавливают на стеллажи и сушат.

Существует несколько способов солнечной сушки:

Простой (автоби) – сушка винограда на решетках без предварительной подготовки в течение 15-30 дней. 5-7 дней гроздь подвяливают до потемнения верхних ягод, затем переворачивают и досушивают еще 10-20 дней. Так сушат, в основном, мелкоплодный белый (товарный сорт бедона), черный кишмиш (товарный сорт шигани).

Недостатки способа: большая продолжительность сушки, значительные потери сахара на дыхание и брожение в начале сушки (8-12 %), низкий выход (22-26 %), потемнение и загрязнение продукции.

Обджуж (в переводе с таджикского – горячая вода) или калифорнийский – обработка винограда перед сушкой 0,2-0,4 %-ным раствором каустической соды в течение 3-6 с. В результате обработки смывается восковой слой, на кожице образуется сетка микроскопических трещин, через них при сушке испаряется влага, предотвращается повышения давления паров под кожицей и появление крупных трещин, через которые вытекает сок. Процесс сушки ускоряется.

После шпарки дают остатку щелочи стечь с корзин, виноград раскладывают на подносы и сушат. Таким способом сушат светлый кишмиш (сабза, выход составляет 27-28 %) и изюм (сорта гермиан и хусайне, выход этих сортов составляет 23-25 %). Потери сахара при сушке 3,5-4 %.

Продолжительность сушки составляет 4-12 дней.

Штабельный – после шпарки щелочным раствором янтарно-фиолетовый виноград окуривают серой 45-60 мин, а светло-зеленый 80-90 мин или сернистым ангидридом из баллонов. Возможно сульфитирование в 3-5 %-ном растворе сернистой кислоты в течение 1-3 мин. Ошпаренный и окуренный виноград подвяливают 2-3 суток на солнце или под навесами в штабелях из 12-18 решет, которые устанавливают в направлении господствующих ветров, защищая от воздействия прямых солнечных лучей, переворачивают и досушивают. Потери сахара составляют 2,0-2,5 %. Способ более экономичен, позволяет увеличить выход готовой продукции на 2,0-2,5 %.

Теневой (сояги) – сушка в специальных помещениях – соягихонах. *Соягихона* – глинобитное помещение со щелями (70x12 см) в стенах для циркуляции воздуха. Внутри помещения развешивают гроздь винограда. В процессе сушки периодически удаляют испорченные ягоды. Продолжительность сушки 4-8 недель. Ягоды сохраняют натуральную зеленую окраску и вкус свежего винограда, но из-за больших потерь сахара (до 9,5 %) при длительной сушке выход сушеного винограда составляет 20-22 %.

Сушеный виноград может вырабатываться *без заводской обработки* и с *заводской обработкой*. В первом случае после сушки продукцию выдерживают

в закромах 5-7 дней при толщине слоя 0,7 м для выравнивания влажности и улучшения консистенции, затем упаковывают в мешки массой по 30-50 кг. Влажность готовой продукции не более 18 %.

Заводская обработка сухофруктов солнечной сушки заключается в следующем. Поступающие сухофрукты взвешивают, проверяют качество и проводят фумигацию зараженных плодов. Фумигацию проводят путем окуливания серой (25-75 г/м³) в течение 24-36 ч. Разбивают комки, отбивают плодоножки, гребни, тощие ягоды, отделяют примеси и калибруют на вибросите. Затем сортируют по окраске, помолологическим и товарным сортам, инспектируют, отбирая примеси и дефектные экземпляры.

Сухофрукты одного вида и сорта упаковывают в ящики, выстланные парафинированной бумагой. Для розничной торговли сухофрукты расфасовывают по 0,5 и 1,0 кг в пакеты из полиэтиленовой пленки, которые сваривают, пастеризуют горячим воздухом при температуре 80 °С и укладывают в картонные короба. Виноград заводской обработки имеет конечную влажность 17-20 %.

Искусственная сушка позволяет удлинить сезон сушки, ускорить процесс, увеличить выход готовой продукции. Проводится в шахтных, ленточных, тоннельных сушилках. Удельная нагрузка составляет до 80 кг/м², скорость движения воздуха 1 м/с, начальная температура сушки 100 °С, конечная - 80 °С, продолжительность 2,5 -3 ч. В ленточных сушилках продолжительность сушки 12-16 ч, максимальная температура 70 °С. В туннельных сушилках виноград высушивается 15-20 ч при начальной температуре воздуха 85 °С и конечной – 70-75 °С, нагрузка материала – 25 кг на одно сито.

Сушеный виноград содержит 65-76 % инвертного сахара; 1,1-1,5 % органических кислот; 1,5-2,0 % азотистых веществ; 1,6-2,4 % минеральных веществ.

Условия хранения сухофруктов: температура 5-12 °С, относительная влажность 65-70 %.

2 Сушка косточковых плодов

Сушка косточковых плодов, так же как и винограда широко распространена. Из косточковых сушат: абрикосы, персики, сливы, вишню, черешню, алычу).

Сушеные косточковые плоды в зависимости от способа подготовки и обработки сырья подразделяют на следующие виды:

- целые плоды с косточкой обработанные (урюк из абрикосов);
- целые плоды с косточкой необработанные (абрикосы, алыча, вишня, кизил, слива, черешня);
- целые плоды без косточки (кайса из абрикосов) обработанные или необработанные;
- половинки плодов обработанные или необработанные (курага из абрикосов и персиков).

Плоды обработанные – обработанные сернистым ангидридом, раствором сернистой кислоты, бисульфита натрия или серой.

Сушку производят методами воздушно-солнечной или искусственной сушки.

Сушка абрикосов и персиков.

Получение урюка. Окуренные диоксидом серы (2,5-3,0 г/кг) абрикосы раскладывают на решетках в один ряд и сушат 2-3 суток на солнце, переворачивают и досушивают в штабелях 5-7 дней до влажности не более 16 %. Плоды выдерживают в ларях 5-10 дней для выравнивания влажности слоем до 2,5 м и затаривают в джутовые мешки (чтобы не было слипания лучше использовать барабаны или ящики). Продолжительность солнечной сушки 7-10 дней.

Получение кураги. Сортированные абрикосы и персики разрезают по бороздке на две половинки и выбирают косточки. Половинки опущенных персиков бланшируют 30 с в 2-3 %-ном кипящем растворе каустической соды, затем смывают остатки щелочи и кожицы проточной холодной водой, раскладывают на решетках в один слой разрезом кверху, окуривают серой (2-2,5 г/кг) 45-60 мин и выдерживают 2 ч для распределения диоксида серы. Курагу сушат на солнце до влажности 50 % (1,5-2 дня для абрикосов и 2-3 дня для персиков). Переворачивают, разравнивают скрюченные дольки, дополняют решета и досушивают в штабелях до влажности не более 18 % для персиков и 17 % для абрикосов. Продолжительность солнечной сушки для абрикосов 7-8 дней; для персиков неочищенных – 8-20 дней, очищенных – 5-10 дней.

Получение кайсы. Абрикосы подвяливают, выдавливают косточки через надрез у плодоножки, сушат 2-3 дня на солнце, переворачивают и досушивают в штабеле. Продолжительность сушки 7-8 дней.

Искусственная сушка. Абрикосы инспектируют, калибруют на два размера: крупные (более 35 мм в диаметре) и мелкие (менее 35 мм), моют под душем, бланшируют паром при температуре 90-92 °С крупные 3-4 мин, мелкие – 2 мин. Затем погружают на 5-10 мин в 0,5-0,6 %-ный раствор сернистой кислоты или бисульфита натрия, или окуривают серой 2-2,5 ч.

Сушка производится *ленточных конвейерных сушилках*. Отдельно сушат крупные и мелкие плоды.

Режим сушки: удельная нагрузка плодов на верхнюю ленту для крупных 12 кг/м²; для мелких – 16 кг/м². Температура воздуха над первой лентой – 80 °С; над второй – 75 °С; над третьей – 65 °С; над четвертой – 60 °С. Продолжительность сушки 7 ч для мелких плодов и 15 ч для крупных. Крупные плоды дважды пропускают через сушильную установку или последовательно через две установки.

Абрикосы можно сушить в *тоннельной сушилке* по следующему режиму. Удельная нагрузка 10 кг/м². Начальная температура сушки 45 °С, конечная – 65 °С. Продолжительность сушки 15-20 ч.

Абрикосы резанные на четвертинки можно сушить в *кипящем слое* при удельной нагрузке 80 кг/м² и скорости движения воздуха 5 м/с.

Продолжительность сушки до влажности 20 % - 120 мин. Температура воздуха на входе в сушильную камеру 100 °С. При таком способе сушки хорошо сохраняется качество готового продукта.

Показатели качества. Сушеные абрикосы и персики вырабатываются экстра, высшего, первого, столового сортов. Сушеные абрикосы необработанные оценивают не выше первого сорта.

Внешний вид – целые плоды с косточкой, целые приплюснутые плоды с выдавленной косточкой, половинки плодов правильной круглой или овальной формы со слегка завернутыми краями без признаков порчи и спиртового брожения. Допускается комкование полуфабриката, устраняемое при легком механическом воздействии; количество половинок неправильной формы для сорта экстра не допускается; для высшего класса – не более 5 %; для первого – не более 10 %; для столового – без ограничений.

Вкус и запах – натуральные, свойственные фруктам данного вида. Допускается легкий запах сернистого ангидрида. Посторонние привкусы и запахи не допускаются.

Цвет – для абрикосов сорта экстра – однородный, ярко-оранжевый; для высшего и первого – однородный, от светло-желтого для оранжево-красного; для столового сорта – неоднородный, от бледно-желтого до темно-красного. Допускается примесь плодов по цвету, соответствующему соседнему сорту, для сорта экстра – не более 3 %; для высшего сорта – не более 5 %; для первого сорта – не более 7 %. Для персиков обработанные высшего и первого сорта – однородный, от светло-желтого до светло-коричневого с темным оттенком у места выемки косточки; для столового сорта – от светло-коричневого до коричневого. Для абрикосов необработанных первого и столового сорта – от светло-бурого до темно-бурого; для персиков необработанных – от коричневого до темно-коричневого с бурым оттенком.

Массовая доля влаги, % не более – для абрикосов целых с косточкой полуфабриката – 16 %, готового продукта – 18 %; для абрикосов целых без косточки полуфабриката – 18 %, готового продукта – 20 %; для персиков половинками полуфабрикатов 15 %, готового продукта – 17 %.

Массовая доля сернистого ангидрида (только обработанных фруктов) – не более 0,1 %.

В сушеных косточковых плодах не допускается наличие минеральных примесей, ощущаемых органолептически, насекомых-вредителей, их личинок, металлических примесей.

Сушеные косточковые сорта экстра фасуются только в тару вместимости не более 1 кг.

Сушеные абрикосы и персики содержат сахара 40-70 %; кислот – 1,7-4,5 %. На выработку 1 т сушеных абрикосов расходуется 5 т свежих плодов.

Сушка слив.

Лучшими для сушки считаются крупные сливы с сочной мясистой мякотью и мелкой косточкой, содержащие большое количество сухих веществ.

Сливы сушат в лозницах, шкафных, тоннельных и ленточных сушилках.

Лозницы – прямоугольные печи с кирпичными стенами, топками, продольными боровами с отверстиями для выхода дымовых газов и решетками. Длина печей 2,5-3 м; ширина – 1,5-2 м; высота 0,8-1 м. Сырье загружается в коробку лозницы слоем 18-20 см. Сушка проводится смесью дымовых газов и воздуха. Сливы подвяливают 2 суток (температура в середине слоя 45-50 °С), затем перебирают и отбирают высушенные. Решета дополняют, повышают температуру до 65-70 °С и досушивают в течение суток.

Сушка в лозницах длительная, приводит к потере до 5 % сухих веществ и дает продукцию с запахом дыма. Такая продукция выпускается только столового сорта.

В пик поступления слив их сушат в лозницах 18-24 ч для получения полуфабриката, консервированного дымом влажностью 45-47 %, хранят 10-15 суток пока не закончится поступление свежего сырья, затем досушивают до стандартной влажности в шкафных сушилках.

В *шкафных сушилках* сливы подсушиваются на верхних полках при температуре 40-45 °С и досушиваются при температуре 70-75 °С на средних и нижних полках. В таких сушилках плоды высушиваются горячим воздухом, продолжительность сушки сокращается, но обслуживание сушилок трудоемкое. Количество подгорелых и деформированных плодов при таком способе сушки составляет до 2,5 %.

В *тоннельных сушилках* предварительное бланширование не дает ускорения процесса, поэтому эта операция исключается из технологической схемы. Перед сушкой камеру прогревают 45-60 мин до температуры 78 °С и вводят по 2 тележки через каждые 1,5 ч. Режим сушки зависит от размера плодов, степени их зрелости, скорости движения тележек, температуры сушки. Продолжительность сушки составляет 18-20 ч. При таком способе сушки наблюдается неравномерное удаление влаги из плодов, расположенных на одном сите. Эти отклонения составляют от 2 до 5 %. Недосушенные плоды отсортировывают и отправляют на досушивание. Для выравнивания влажности сливы ссыпают в бункер, дно и стенки которого выстланы сухим, влагонепроницаемым материалом.

Сливы, высушенные в тоннельных сушилках, имеют хорошие органолептические показатели: естественный аромат, блестящую поверхность. Нет подгорелых или деформированных плодов.

Сушка слив в *ленточных сушилках* – обязательно в схеме предусмотрена калибровка на два размера (крупные и мелкие, которые обрабатываются отдельно). Так как плоды имеют плотную кожуру, покрытую восковым налетом, то их бланшируют в кипящей воде 20-30 с или в кипящем 0,1 %-ном растворе щелочи в течение 15-20 с с последующим промыванием водой. Предварительное бланширование ускоряет процесс сушки на 6 ч, так как кожура плодов становится тоньше, покрывается сеткой микроскопических трещин. Это способствует интенсивному испарению влаги. Обработанную таким образом сливу высушивают при высокой температуре теплоносителя (в начале процесса 80-100 °С). Это способствует ускорению процесса сушки без растрескивания и потери сока.

Параметры сушки в ленточных сушилках приведены в таблице 1.23.

Таблица 1.23 – Параметры сушки слив в ленточной сушилке

Параметры процесса	Крупные сливы	Мелкие сливы
Удельная нагрузка, кг/м ²	14	10
Температура воздуха над лентами, °С:		
первой	80	100
второй	78-80	95
третьей	64-70	90
четвертой	65	65
Скорость движения лент, м/мин:		
первой	0,07	0,09
второй	0,05	0,06
третьей	0,03	0,04
четвертой	0,03	0,03
Продолжительность сушки, ч	16,5	6,5

Сливы, полученные этим способом сушки отличаются высоким качеством, имеют однородный цвет, блестящую поверхность и ярко-выраженный аромат.

Показатели качества. Сливы сушеные выпускают сортом экстра, высшим, первым и столовым.

Внешний вид – целые плоды с косточкой правильной формы или без нее слегка приплюснутые.

Вкус и запах – натуральные, свойственные фруктам данного вида. Допускается легкий запах сернистого ангидрида. Посторонние привкусы и запахи не допускаются.

Цвет – однородный, черный с синеватым оттенком, глянцевый; для высшего сорта допускается оттенок от черного до темно-коричневого; для первого – от темного до буровато-коричневого; для столового – от черного до светло-коричневого.

Массовая доля влаги, % не более для слив – полуфабрикатов 19; для готового продукта сорта экстра – 22-25; высшего сорта 20-25; первого и столового сорта – 19-25 %.

Чернослив содержит сахара 68-74 %; кислот 4,3-4,6 %. На производство 1 т сушеных слив расходуется 3,7 т свежих.

Сушка вишни и черешни.

Для сушки используются только плоды, достигшие биологической зрелости с содержанием сухих веществ не менее 15 %.

Вишню и черешню сушат на солнце, в шкафных, тоннельных и ленточных сушилках.

Технологическая схема включает следующие операции: инспекция (удаление некондиционных плодов, веточек, листьев, посторонних примесей); мойка в вентиляторной моечной машине; отделение плодоножек (для уменьшения потерь сырья при этой операции необходимо следить за состоянием поверхности вращающихся валиков и упорных подшипников, нельзя допускать работу машин при наличии на резиновой поверхности

валиков шероховатостей, зазубрин, трещин, это вызывает механическое повреждение плодов и большие потери сырья); бланширование (0,5-1 мин в кипящей воде или 0,2-0,3 %-ном растворе щелочи). Бланширование перед сушкой способствует лучшему сохранению цвета, уменьшению потерь сахаров и аминокислот, позволяет повысить начальную температуру сушки и сократить продолжительность сушки. Светлую и розовую черешню не бланшируют, ее сульфитируют 5-10 мин в 0,5-0,6 %-ном растворе сернистой кислоты или бисульфита натрия.

Подготовленные плоды укладывают на решета при удельной нагрузке 8-10 кг/м² и сушат на солнце: вишню 5-8 дней, черешню 5-10 дней. Выход сушеной вишни 25-33 %; черешни 19-22 %.

В шкафных сушилках сушат вишню и черешню при удельной нагрузке 8-10 кг/м² при температуре воздуха 70-75 °С. Продолжительность сушки 8-12 ч.

В тоннельной сушилке начальная температура сушки 55-60 °С, конечная 78-82 °С. Продолжительность сушки 8-12 ч.

В ленточной сушилке продолжительность сушки составляет 9 ч, температура над лентами: первой – 92 °С; второй – 90 °С; третьей – 86 °С; четвертой – 76 °С и пятой – 63 °С.

Плоды после сушки выдерживают 6-10 дней для выравнивания влажности, очищают от примесей и расфасовывают.

Показатели качества. Вишню и черешню выпускают высшего, первого и столового сортов.

Внешний вид – целые плоды с косточкой.

Цвет – вишни - от темно-вишневого до черного с вишневым оттенком, глянец, для первого и столового сортов допускается черно-бурый оттенок; светлых сортов черешни – от желтого до светло-коричневого; для темных сортов – от коричневого до черно-бурого с красноватым оттенком.

Массовая доля влаги, % не более – для вишни и черешни полуфабриката – 17; для готового продукта – 19.

5 Сушка семечковых плодов

Из семечковых плодов сушат айву, груши, яблоки.

Сушеные семечковые фрукты производят в виде полуфабриката, заготавливаемого для заводской обработки и готового продукта, реализуемого в виде сухофруктов отдельными видами или смесями.

В зависимости от способа подготовки и обработки сырья сушеные семечковые фрукты подразделяют на следующие виды:

- очищенные без семенной камеры обработанные (яблоки, айва нарезанные);
- неочищенные без семенной камеры обработанные (яблоки, айва нарезанные);
- неочищенные с семенной камерой обработанные (яблоки, айва, груши нарезанные и целые);
- неочищенные без семенной камеры необработанные (айва нарезанная);

- неочищенные с семенной камерой необработанные (яблоки, айва нарезанные, груши целые и нарезанные, яблоки и груши дикорастущих сортов).

Обработанные плоды – плоды, обработанные сернистым ангидридом, раствором сернистой кислоты или бисульфитом натрия.

Для сушки семечковых плодов используют яблоки и груши кислых и кисло-сладких осенних сортов с содержанием сухих веществ не менее 12 %.

Технологическая схема. При сушке яблок, очищенных от кожицы и семенной камеры, плоды предварительно калибруют на 3 размера: мелкие до 55 мм; средние 55-75 мм и крупные – более 75 мм. Удаляют мелкие, не пригодные для производства этого вида сушеной продукции. Мелкие яблоки сушат в целом виде. Груши калибруют на 2 размера: мелкие – диаметр до 55 мм и крупные – более 55 мм. Мелкие груши сушат в целом виде, а крупные режут на половинки или на дольки длиной не менее 25 мм.

Затем яблоки и груши моют в вентиляторных моечных машинах. Обработанные плоды ядохимикатами – выдерживают в 0,5-1 %-ном растворе соляной кислоты и ополаскивают. Срезают кожицу (при получении очищенных плодов) толщиной 1 см, удаляют сердцевину (при необходимости), инспектируют и дочищают на конвейере. Яблоки режут (при необходимости) на кружки толщиной 5-7 мм или дольки длиной не менее 30 мм и толщиной 5 мм. Для инактивации ферментов, окисляющих полифенолы плодов с образованием темноокрашенных флорафенов, кружки или дольки плодов погружают в 0,1-0,2 %-ный раствор сернистой или лимонной кислот или окуривают сернистым ангидридом 30-40 мин, или бланшируют паром 10-15 мин. Для нарезанных груш возможна выдержка в 1-2 %-ном растворе поваренной соли.

Подготовленные плоды раскладывают на решета по 3-5 кг долек или кружков, 10-12 кг половинок или 14-16 кг целых плодов на 1 м² и сушат.

Сушка яблок на солнце – плоды, нарезанные кружками, подвяливают 2-3 дня, переворачивают и досушивают. Сушка яблок неочищенных продолжается 8-12 дней, выход готовой продукции 14-19 %; очищенных – 3-6 дней, выход готовой продукции – 12-15 %.

Сушка груш на солнце – груши подвяливают 2-3 дня, переворачивают и досушивают. Сушка груш дольками продолжается 9-20 дней, выход готовой продукции 13-20 %; целыми плодами – 19-25 дней, выход готовой продукции – 19-23 %.

Мелкоплодные груши сушат в лозницах 3-5 суток.

Сушка яблок и груш в шкафных сушилках – удельная нагрузка для яблок составляет 3-5 кг/м². Начальная температура сушки 80-85 °С, конечная – не выше 60 °С. Продолжительность сушки 5-6 ч для яблок кружками, 16-20 ч для груш дольками и 20-24 ч для целых груш.

Сушка яблок и груш в тоннельных сушилках – производится для яблок, нарезанных кружками и груш целых и нарезанных дольками и половинками. Режимы сушки приведены в таблице 1.24.

Таблица 1.24 – Параметры сушки яблок и груш в туннельных сушилках

Показатели	Яблоки (кружки)	Груши		
		Дольки и половинки	Целые	
			Мелкие (до 35 мм)	Средние (до 55 мм)
Конечная влажность, %	17-18	24	24	24
Нагрузка, кг	15	25-28	32	32
Температура, °С:				
начальная	40-48	50-52	55	52-58
конечная	85-90	78-82	78	75
Продолжительность сушки, ч	10-15	29	34	48
Выход готового продукта, %	15,9	20	19,1	19,9

Сушка в ленточных сушилках – проводится для яблок, нарезанных кружками. Режимы сушки приведены в таблице 1.25.

Таблица 1.25 – Параметры сушки яблок, нарезанных кружками, на ленточных сушилках

Параметры сушки	Значения
Удельная нагрузка на ленту, кг/м ²	7,5
Температура воздуха над лентами, °С:	
первой	60-65
второй	60-70
третьей	60-65
четвертой	40-50
Продолжительность сушки, ч	3-3,5
Содержание сухих веществ при сходе с лент, %	
первой	25
второй	58
третьей	77
четвертой	80

Разработан процесс сушки яблок в стадии кипящего слоя до влажности не более 10 %. Режим сушки приведен в таблице 1.26.

Таблица 1.26 – Параметры сушки яблок в кипящем слое

Параметры сушки	Значения
Удельная нагрузка, кг/м ²	60
Скорость воздуха, м/с	5
Температура на входе в рабочую камеру, °С	120
Продолжительность сушки, мин:	
Кубики (10x10x10 мм)	49
Кружки диаметром 50 мм, толщиной	
10 мм	117
20 мм	72

Высушенные плоды, охлаждают, просеивают на вибростол, инспектируют, выдерживают: яблоки 3-7 дней, груши – 10-12 дней для выравнивания влажности и упаковывают.

Показатели качества. Сушеные семечковые плоды вырабатывают высшего, первого и столового сортов.

Внешний вид – целые плоды или кружки. Сушеные фрукты должны быть эластичными, не ломкими, не слипаться при сжатии. Допускается комкование полуфабриката, устраняемое при незначительном механическом воздействии.

Цвет – яблок и груш нарезанных обработанных: от светло-желтого до светло-кремового, для первого и столового сортов – от светло-желтого до кремового; яблок и груш нарезанных необработанных: от желтого до кремового, для первого и столового сортов – от кремового до коричневого; груш целых обработанных: от зеленовато-оливкового до желтого, для первого и столового сортов – светло-коричневый; груш целых необработанных – от светло-коричневого до темно-коричневого. Допускается наличие легкого беловатого налета.

Вкус и запах – свойственные фруктам данного вида, без постороннего привкуса и запаха. Допускается легкий запах сернистого ангидрида в обработанных плодах.

Массовая доля влаги, % не более: в полуфабрикate: яблоки 19, груши 23; готовом продукте - яблоки – 20, груши – 24.

Массовая доля сернистого ангидрида – не более 0,1 %.

7 Сушка ягод и орехов

Ягоды – природные витаминные концентраты Р-активных веществ, катехинов, антоцианов, токоферолов, каротиноидов, витаминов. Для сушки используют землянику, малину, черную смородину, крыжовник, чернику, ежевику, рябину, шиповник.

Технологическая схема. Ягоды сортируют по качеству, удаляют гнилые, зеленые, перезрелые, мятые, посторонние примеси и плодоножки. Малину и ежевику очищают от цветоложе. Отсортированные ягоды моют под душем или в ваннах с чистой водой путем двух- трехкратного погружения решет с ягодами в воду. После мойки ягоды оставляют на 5-10 мин в решетках для стекания воды, ровным слоем расстилают на ситах и сушат.

Сушат ягоды на солнце, в шкафных, камерных, карусельных, тоннельных и ленточных сушилках.

На солнце – ягоды 1 сутки подвяливают, затем устанавливают в штабеля и досушивают 2-4 дня.

В шкафных сушилках сушат 6-8 ч при начальной температуре 75 °С, конечной – 50 °С. Удельная нагрузка 5-8 кг/м².

Ягоды с высоким содержанием эфирных масел сушат при температуре 30-40 °С до влажности 13-16 %.

Сушат грецкие орехи и фундук. Они содержат биологически активные ненасыщенные жирные кислоты. Их ядра используют в кондитерской, хлебопекарной промышленности.

Свежесобранные зрелые орехи состоят из скорлупы и ядра влажностью 20-40 %. Ядро содержит до 60 % нестойкого жира, который быстро прогоркает.

Орехи калибруют, дробят, отделяют скорлупу, удаляют сорные примеси, инспектируют и сушат.

Сушат грецкие орехи до влажности 12 % на солнце 4-10 дней, в шкафных или тоннельных сушилках 14-16 ч при удельной нагрузке 10 кг/м² и температуре не более 60 °С. При повышении температуры появляется маслянистый привкус. Для ядер фундука применяется сушка в шахтной сушилке с температурой воздуха до 80 °С или в кипящем слое при температуре воздуха 80 °С, скорости его движения 4 м/с и нагрузке 21 кг/м².

Контрольные вопросы

- 1 Какой ассортимент сушеной продукции получают на основе винограда?
- 2 Какие существуют способы получения сушеного винограда?
- 3 В чем заключается заводская обработка сухофруктов?
- 4 Преимущества искусственной сушки винограда, как она проводится?
- 5 Какой ассортимент сушеных фруктов получают из косточковых плодов?
- 6 В чем особенность получения урюка?
- 7 Что такое курага, как ее получают?
- 8 Каким образом получают кайсу?
- 9 Особенность воздушно-солнечной сушки абрикосов?
- 10 Какие показатели качества должны иметь сушеные абрикосы и персики?
- 11 Какие существуют способы сушки сливы?
- 12 Показатели качества сушеных слив?
- 13 В чем особенность подготовки к сушке светлых и темных сортов черешни?
- 14 Как сушат вишню и черешню?
- 15 Какие показатели качества регламентируются в готовой продукции?
- 16 Какой ассортимент продукции вырабатывают из семечковых плодов?
- 17 Как производится сушка семечковых плодов?
- 18 Каковы показатели качества готовой продукции сушеных яблок и груш?
- 19 В чем заключается особенность сушки ягод?
- 20 Какие орехи подвергают сушке, как их сушат?

1.7 ПРОИЗВОДСТВО БЫСТРОРАЗВАРИВАЕМЫХ ПРОДУКТОВ

1 Получение овощных и фруктовых порошков

2 Получение быстрорастваривающихся круп и круп, не требующих варки

1 Получение овощных и фруктовых порошков

В настоящее время овощные и фруктовые порошки получают разнообразного ассортимента. Из овощей: томатный, морковный, тыквенный, шпинатный, из зеленого горошка, цветной капусты пряной зелени, луковый. Из фруктов: яблочный, сливовый, абрикосовый. Из ягод: черносмородиновый, клюквенный и др.

Порошки имеют ряд преимуществ перед сушеными кусочками овощей и фруктов: хорошо восстанавливаются (при этом образуются пюреобразные продукты, которые мало отличаются от исходного свежего сырья), занимают меньший объем (это позволяет экономить тару и расходы на транспортировку), в герметичной упаковке хранятся длительное время.

Существует 2 принципиально разные схемы получения порошков.

Первая – подготовленное сырье разваривают и измельчают в пюре, затем сушат на вальцовых или распылительных сушилках с добавлением или без добавления ингредиентов (сахар, крахмал). Порошок с добавками имеет более высокую пищевую ценность, лучше высушивается и дольше хранится. Порошок после сушки при необходимости дробят и фасуют в герметичную тару.

Вторая – подготовленное сырье режут на кусочки и высушивают конвективным способом, затем измельчают в порошок на молотковых дробилках и просеивают.

По первой схеме производства порошков можно весь технологический процесс разделить на две самостоятельные части: получение пюре и сушка полученного пюре.

Получение овощного или фруктового пюре производится по следующей схеме.

Мойка до полного удаления минеральных примесей (контроль проводится по определению в готовом пюре содержания золы, не растворимой в соляной кислоте: если менее 0,05 % - качество мойки хорошее; от 0,05 до 0,1 %- удовлетворительное и более 0,1 %- не допускается).

Тепловая обработка сырья (разваривание) проводится в дигестерах и преследует две цели: размягчение сырья и инактивацию ферментов. При разваривании происходит гидролиз протопектина и переход его в растворимый пектин, гидролиз гемицеллюлоз. Это вызывает размягчение сырья. Крахмал сырья клейстеризуется, коагулируют белки протоплазмы и происходит гидролиз сахарозы до моносахаров. Все это в дальнейшем облегчает процесс протирания. Инактивация ферментов способствует увеличению сроков хранения порошков.

Температура и продолжительность разваривания устанавливаются в соответствии с технологическими инструкциями. Продолжительность

разваривания составляет от 10 до 45 мин. Температура разваривания для плодов, кабачков, тыквы – 100 °С, для остального овощного сырья – 110 °С. Повышение температуры выше рекомендуемой недопустимо, так как это приведет к изменению цвета и вкуса готовой продукции.

Разваренное сырье протирают в двоярных протирачных машинах. Диаметр первого сита 1,5 мм, второго – 0,75-0,8 мм. Для уменьшения степени аэрации протирачные машины устанавливают прямо под дигестером и создают в них паровые завесы, чтобы не было контакта продукта с кислородом воздуха. При переработке косточковых плодов, чтобы избежать дробление косточек и попадание их в пюре на первом этапе используют протирачную машину с проволочными или резиновыми бичами и с меньшей частотой вращения (300-350 об/мин).

Для получения однородной массы с мелкими частицами проводят финиширование (финишер имеет диаметр отверстий 0,5 мм) или гомогенизацию, где масса измельчается до размера частиц 20-30 мкм. Перед измельчением в пюре добавляют наполнитель (чаще всего крахмал) или смешивают разные виды пюре. Подготовленное пюре направляют на сушку.

В производстве порошков можно использовать быстрозамороженное, сульфитированное пюре или пюре, консервированное сорбиновой кислотой. Порошки, полученные из сульфитированного пюре, не могут быть использованы в детском питании. Сульфитированное пюре перед сушкой десульфитируют в котле с паровой рубашкой. Быстрозамороженное пюре размораживают 10-12 ч при температуре 18-20 °С. Все виды пюре для контроля на посторонние примеси протирают на протирачной машине с диаметром отверстий сит 1 мм.

Сушка пюре может проводиться *кондуктивным или конвективным способом*.

При кондуктивном способе сушки используют одно- и двухвальцовые сушилки, длительность сушки составляет 10-30 с и зависит от начальной и конечной влажности пюре, температуры нагрева вальцов, теплофизическими характеристиками пюре и регулируется скоростью вращения вальцов.

Некоторые виды пюре, особенно с высоким содержанием сахара, обладают повышенной термопластичностью, трудно отделяются от вальцов и сильно комкуются. Поэтому такой продукт перед удалением с вальцов обдувают холодным воздухом с низкой относительной влажностью 15-20 %. При этом продукт охлаждается, происходит кристаллизация сахаров, адгезионные свойства ослабевают и продукт хорошо снимается с вальцов. Данный способ применяется для сушки шпината, моркови, тыквы, зеленого горошка.

Для конвективного способа сушки пюре используют распылительные сушилки. Быстрое испарение влаги при температуре продукта ниже 100 °С и температуре воздуха 150-200 °С создает условия, при которых исключается перегрев продукта и разрушение биологически активных веществ. Такой способ сушки для получения порошков имеет существенный недостаток: большое количество воздуха, с которым соприкасается высушиваемый продукт,

способствует окислению полифенолов, потере ароматических веществ. Перед подачей на сушку пюре обязательно подогревают до температуры 70-75 °С.

При распылительном способе сушки необходимо учитывать следующие моменты: способ распыления пюре и способ выгрузки порошка из зоны сушки. Продукт подается в зону сушки в виде капель, поэтому должен быть хорошо измельчен. Дисковые распылители дают продукт под действием центробежной силы с очень мелкими частицами, а форсуночные распыляют под высоким давлением и дают капли более крупные. При выборе метода распыления это необходимо учитывать.

Овощи и фрукты содержат большое количество углеводов, в том числе моносахаров. При потере влаги материал становится термопластичным, комкуется, налипает на оборудование и энергично набирает влагу. Для уменьшения этих негативных свойств в пюре перед сушкой вводят крахмал (2,5-5 %). Крахмал защищает сахара, и пюре лучше высушивается. Дополнительно продукт резко охлаждают до 20 °С холодным сухим воздухом с относительной влажностью 20 %. Продолжительность сушки составляет 70-90 с. Конечная влажность продукта 3,0-3,5 %.

Полученные порошки хорошо восстанавливаются водой, при этом образуют пюре. По органолептическим показателям пюре соответствует приготовленному из свежего сырья.

Ниже приводится особенность получения отдельных видов плодово-ягодных и овощных порошков.

Яблочный порошок. В пюре перед сушкой добавляют крахмал в количестве 2,5 % или манную крупу в количестве 27,7 %. Если добавляют в пюре манную крупу, то сушка проводится только на вальцовых сушилках. Расстояние между вальцами 0,05 мм, продолжительность сушки 20-25 с. Сушка на распылительных сушилках проводится при температуре воздуха на входе 145-150 °С, на выходе – 70-75 °С.

При производстве порошка полностью сохраняются минеральные вещества, но теряются биологически активные. Потери витамина С составляют 50-60 %; дубильных веществ – 10-13 %; тиамин 10-15 %; рибофлавин 10-17 %; каротиноидов 20-30 %; антоцианов – 17-25 %. Общее количество отходов и потерь при производстве порошка составляет 18-20 %. Химический состав: влажность 3,5 %; содержание сахара 67-68 %; содержание витамина С- 15-17 мг/100 г; содержание пектиновых веществ 6,5-7,0 %, в том числе растворимых 5,5-5,8 %. *Цвет* – светло-кремовый. *Вкус* – приятный кисло-сладкий. Порошок используется для производства киселей (порошок с крахмалом), муссов (порошок с манной крупой). Порошки с добавками являются не гигроскопичными, поэтому их можно упаковывать в негерметичную тару при хранении непродолжительное время.

Клюквенный порошок. Готовят из свежей или мороженой клюквы. Мороженую клюкву предварительно оттаивают, обрабатывая острым паром в течение 30 с. Получают пюре. Пюре смешивают с крахмалом (2,5 %) и сушат на вальцовой сушилке при температуре вальцов 120-125 °С с зазором между ними 0,05 мм. Продолжительность сушки 25 с. Высушенное пюре охлаждают, дробят

и просеивают. Сушить клюквенное пюре без наполнителя не рекомендуется, так как необходим более жесткий режим сушки (температура 145 °С и продолжительность 45 с). Полученный продукт очень гигроскопичен. Это затрудняет его дальнейшую обработку. Использовать в качестве наполнителя манную крупу также не рекомендуется, так как получается продукт не стойкий при хранении. Через 2 месяца он приобретает привкус прогорклого жира. Это вызвано порчей жира манной крупы под действием тепла, повышенной влажности и органических кислот клюквы.

Вкус – резкий, кислый. *Цвет и запах* – свойственны клюкве.

Влажность порошка 10 %; содержание сахара 42-45 %; содержание витамина С 60-64 мг/100 г; содержание пектиновых веществ 5,0-5,3 %, в том числе растворимых 3,3-3,6 %.

Морковный порошок. Морковь содержит неустойчивый жир, это усложняет хранение морковного порошка. Уже через 2-3 месяца хранения он прогоркает, увеличивается в 7-8 раз кислотное число жира, появляется посторонний запах и привкус испорченного жира. Более мелкий порошок прогоркает быстрее из-за большой поверхности частиц. Поэтому получают сушеный продукт с более крупными частицами. Сушка с наполнителями придает порошку устойчивость. В качестве наполнителя используют крахмал в количестве 5-10 % от массы сырья. Сушат по режиму яблочного порошка. Порошок очень гигроскопичен, поэтому фасуют только в герметичную упаковку. Срок хранения такого порошка не более 6 месяцев. Влажность порошка 3 %; содержание сахара 50-53 %; содержание витамина С 25-29 мг/100 г; содержание каротина 70-75 мг/100 г.

Вкус порошка – ярко-выраженный морковный. *Цвет* – оранжево-желтый.

Тыквенный порошок. Получают сушкой на вальцовой сушилке при зазоре между вальцами 0,1-0,15 мм в течение 25 с с последующим дроблением или распылением при температуре подаваемого воздуха 135 °С. *Цвет* порошка – желто-кремовый. *Вкус* – приятно-сладковатый. Порошок очень гигроскопичен. Влажность 6 %; содержание сахара 44-47 %; содержание витамина С – 70-75 мг/100 г; содержание каротина 35-38 мг/100 г.

Шпинатный порошок. Получают методом распылительной сушки. Влажность порошка 10 %; содержание витамина С 460 мг/100 г; содержание каротина 120 мг/100 г.

Порошок из зеленого горошка. Получают методом распылительной сушки. Влажность порошка 3,5 %; содержание витамина С 90 мг/100 г; содержание сахара 17 %.

Томатный порошок. Особенностью технологии является протирка на строенной протирочной машине с использованием сит диаметром 4-5 мм; 1,5 мм и 0,75-0,8 мм. Полученное пюре уваривают до содержания сухих веществ 14-16 %, смешивают с крахмалом и подогревают до температуры клейстеризации крахмала. Если массу не подогреть, то крахмал будет оседать в сборниках и на трубопроводе. Но одновременно при клейстеризации крахмала вязкость массы повышается, это осложняет процесс сушки. Влажность порошка 3,5 %; содержание сахара 55 %; содержание витамина С 120 мг/100 г.

Методом прямой сушки получают овощные порошки из лука, чеснока, пряной зелени и кореньев. Эфирные масла этих овощей очень лабильны и при измельчении теряются. Сушка таких овощей кусочками позволяет сохранить большую часть ароматических веществ.

Следует иметь в виду, что, если изготавливают порошок из смеси пюре разных овощей, то в эту смесь также рекомендуется вносить пряности, а не сушить их отдельно. В этом случае пюре из овощей будет служить барьером, удерживающим аромат пряностей.

Технологическая схема состоит из следующих операций: подготовка сырья, сушка, измельчение, фасовка.

Первичную подготовку проводят традиционным способом. Сушку проводят на ленточных сушилках до влажности 6-7 %. Высушенные овощи измельчают на молотковых дробилках 3-5 с. Измельченный продукт высыпается через сито. Степень измельчения зависит от количества подаваемого продукта и величины отверстий сита. Продукт при нагревании мало нагревается, поэтому потери эфирных масел незначительны. Измельченные продукты разделяют на ситах с диаметром отверстий 0,5 мм. Сход направляют на повторное измельчение, а проход является готовым продуктом, который упаковывается преимущественно в герметичную тару.

Полученные по этой технологии порошки хорошо набухают в воде, образуя пюре, которое по вкусу и консистенции напоминает пюре из свежего сырья. Сушеная зелень пюре не образует и используется в качестве пряностей.

Если в порошки, полученные методом прямой сушки добавить при фасовке 1,5-2 % стеарата кальция, то прекращается комкование порошков и увеличивается срок их хранения до 12 мес. Порошки из сушеной зелени в герметичной упаковке могут храниться до 6 мес.

Нормы расхода сырья на производство некоторых видов овощных порошков влажностью 6 % приведены в таблице 1.27.

Таблица 1.27 – Нормы расхода сырья на производство овощных порошков

Вид овощей	Содержание сухих веществ в сырье, %	Расход сырья, кг	Потери и отходы, %
Цветная капуста	9,0	13200	21
Кабачки	6,5	18800	23
Тыква	9,0	13900	25
Морковь	13,0	9200	21
Шпинат	7,0	14100	5
Зеленый горошек	22	5200	10

2 Получение быстрорастворимых круп и круп, не требующих варки

Варено-сушеные быстрорастворимые крупы используются для получения каш и вторых блюд, в том числе и с наполнителями. В качестве наполнителей могут быть сушеные фрукты, ягоды, молоко, сахар, мясо и т.д.

Варено-сушеные крупы быстрорастворимые получают методом гидратации (двойная обработка водой в процессе варки) – гречневая, пшеничная или способом механической обработки круп (плющение) в процессе сушки (перловая, пшеничная, овсяная, кукурузная).

Варено-сушеные крупы, не требующие варки, получают путем глубокой гидротермической и механической обработки в процессе сушки (перловая, пшеничная, гречневая, рисовая).

Горох и фасоль получают только быстрорастворимые по второму способу.

Производство варено-сушеных круп и бобовых осуществляется по следующей схеме: очистка от примесей; мойка; варка; сушка.

Очистка от примесей. Крупы и бобовые очищают от примесей на зерновом сепараторе. От легких – потоком воздуха при входе и выходе из сепаратора, от металлических – пропуская через магниты. Примеси, отличающиеся размерами, отделяют путем пропускания через штампованные металлические сита с круглыми или продолговатыми отверстиями. Размеры отверстий зависят от перерабатываемого сырья (таблица 1.28).

Таблица 1.28 – Размеры отверстий сит зернового сепаратора при очистке круп

Наименование сырья	Размер отверстий сит, мм		
	приемное	сортировочное	сходовое
Гречневая, перловая, пшеничная, кукурузная	6,0	4,0	1,0
Рисовая	10,0	2,5x20	1,0
Ячневая	6,0	3,0-4,0	1,0
Овсяная	10,0	3,0x20	1,0
Пшено	4,5-5,5	2,5	1,0
Горох	10,0	6,0-7,0	1,0
Фасоль	22,0	12,0	3,0

Мойка. При мойке происходит окончательная очистка круп и бобовых от грязи, пыли. Мойка происходит в крупомоечной машине шнекового типа. Во время мойки крупы одновременно увлажняются. Скорость увлажнения при мойке зависит от температуры воды, вида крупы, продолжительности. Луцный горох и рис при мойке увлажняются на 12-13 %; овсяная крупа на 14-15 %. Гречневая и ячневая крупы увлажняются настолько, что дальнейшая переработка их становится невозможной, поэтому в производстве пищевых концентратов эти крупы не моют. Моют крупы водопроводной водой температурой 10-12 °С. Пшено – теплой водой с температурой 45-47 °С, рисовую – при изготовлении крупы, не требующей варки до 40 °С. Влажность круп после мойки составляет: пшена 25, рисовой (при изготовлении крупы, не

требующей варки) – 17 %, остальных круп - 20 %. Расход воды составляет 2 дм³/кг крупы.

Варка. Это сложный физико-химический процесс, в результате которого происходят значительные изменения крахмала, белков и других пищевых веществ. Белки теряют значительную часть влаги, которую поглотили при мойке, и свертываются. Крахмал клейстеризуется и набухает. У некоторых круп (перловой, пшеничной) происходит частичный гидролиз с образованием декстринов. В результате этого значительно увеличивается количество водорастворимых веществ. Также происходит частичный гидролиз клетчатки, гемицеллюлозы, пектиновых веществ, ослабляются прочные связи между клетками, крупа как бы разрыхляется.

В результате варки происходят и нежелательные явления. 1. Образуются меланоидины, которые вызывают потемнение круп. Это особенно заметно на гречневой крупе, которая имеет наиболее подвижные группы сахаров и аминокислот. Меланоидины организмом не усваиваются, поэтому эти продукты являются нежелательными. 2. Происходит гидролиз жира, в результате образуются жирные кислоты. Это может привести к образованию перекисей, в дальнейшем к их распаду с образованием веществ, придающих готовому продукту запах и привкус окисленного жира. И при хранении они могут служить причиной порчи продукта.

В зависимости от режима обработки глубина этих процессов различна. Варку проводят во вращающихся варочных аппаратах острым паром под давлением 0,15-0,2 МПа в присутствии воды, которая вместе с конденсатом полностью впитывается продуктом. Влажность круп после варки 28-33 %. Продолжительность варки быстрорастваривающихся круп: пшено, гречневая, ячневая крупа, горох лущеный 30-35 мин; рисовая 20-25 мин; пшеничная, овсяная и перловая 40-45 мин; кукурузная – 45-50 мин.

Воду подают обычно одновременно с крупой. Но при получении быстрорастваривающихся гречневой и пшеничной круп (методом гидратации) воду задают в два приема: половину в начале варки, половину в середине. При получении варено-сушеного риса крупу загружают одновременно с водой, выдерживают в аппарате при его вращении без подачи пара 5-7 мин, затем варят 20 мин.

При получении круп, не требующих варки, применяют более глубокую гидротермическую обработку, чтобы как можно сильной разрушить межклеточные перегородки и довести все пищевые вещества до полной кулинарной готовности. Нельзя допускать переувлажнения крупы, иначе образуются слипшиеся комки. После варки она должна быть рассыпчатой. Для предупреждения слипания предусмотрено применение очищенных пищевых фосфатидов (соевых, подсолнечных). Это позволяет вести обработку до полной клейстеризации крахмала. Фосфатиды растворяют в жире при температуре 45-55 °С при гидромодуле 1:3. При этом норму расхода жира снижают. Норма расхода фосфатидов на 1 т концентрата 1,8 кг. Также при варке в качестве стабилизатора может добавляться поваренная соль в количестве 3 % к первоначальной массе крупы.

Варка происходит под давлением 0,2 МПа. Влажность готовой крупы 35-38 %. Продолжительность варки гречневой 30 мин, перловой 40 мин и пшеничной 50 мин.

Рисовую крупу для получения крупы, не требующей варки, обрабатывают по особому режиму, так как она при гидротермической обработке сильно комкуется. Ее моют водой с температурой 40-50 °С. Влажность вымытой крупы 24-30 %. Загружают в варочный аппарат и выдерживают при вращении 10 мин без подачи пара. Затем варят насыщенным паром без воды 20 мин, затем добавляют расчетное количество воды и варят еще 10 мин. Влажность сваренной крупы 31-37 %.

Для расчета количества воды, которое необходимо добавить в варочный аппарат, чтобы получить после варки необходимую влажность продукта, используют формулу 1.31:

$$B = \frac{A(100-w_1)}{100-w_2} - A - K \quad (1.31)$$

B – масса воды, добавляемой в аппарат при варке, кг;

A – масса загружаемой крупы, кг;

W_1 – влажность крупы после мойки, %;

W_2 – требуемая влажность крупы после варки, %;

K – масса конденсата, образующегося при варке, кг (50 кг при варке 40-45 мин).

Сушка. Сушка, как и варка – сложный физико-химический процесс. При сушке вода, поглощенная крахмалом, удаляется, частицы крахмала уплотняются, и содержание водорастворимых веществ уменьшается. Происходит деформация самой крупинки. Образовавшиеся при варке капилляры сжимаются, крупинка уменьшается в объеме, ее способность набухать в воде резко падает. Снижение набухаемости происходит и из-за образования высушенной корочки крахмала на крупинке. Для дальнейшей обработки важно, чтобы высушенная крупа обладала большой способностью к набуханию. Поэтому после сушки ее подплющивают, при этом происходит деформация крупинки.

Сушку чаще всего проводят на ленточных сушилках. Сваренные до готовности крупы и бобовые загружают на первую ленту. Удельная нагрузка составляет 15-17 кг/м². После прохождения первой ленты влажность снижается до 22-26 %. Перловую, пшеничную, овсяную, кукурузную крупы и горох, предназначенные для производства быстрорастваривающихся концентратов, а также перловую, пшеничную, гречневую и рисовую, предназначенные для получения круп, не требующих варки, после первой ленты направляют на вальцовый станок для плющения.

Если крупа предназначена для получения быстрорастваривающихся концентратов, то ее плющат гладкими вальцами одинакового диаметра. Величину зазора устанавливают таким образом, чтобы ткань зерна была нарушена, но зерно не измельчалось. Такой зазор 0,7-1 мм, для гороха – 1,0-1,5 мм.

Если готовят крупу, не требующую варки, то применяют рифленые вальцы. Зазор для рисовой 0,3 мм, для перловой и пшеничной 0,3-0,4 мм, гречневой 0,4-0,5 мм.

После плющения крупы направляют на вторую ленту, затем последующие и досушивают до влажности 9-9,5 %. Крупы, которые не плющат, сушат сразу до влажности 9-9,5 %. Продолжительность сушки составляет 30-50 мин. Температура воздуха над первой лентой 50-55 °С, над второй – 60-65 °С, над третьей – 65-70 °С, над четвертой – 60-65 °С.

Высушенные крупы просеивают через вибросито. Диаметр отверстий верхнего сита – 10 мм, нижнего 1 мм. На верхнем отбирают комочки крупы, на нижнем отделяют крупу от муки. Комочки дробят и направляют на повторный рассев. Готовую варено-сушеную крупу или бобовые направляют для приготовления смесей или фасуют в крафт-пакеты для отправки потребителям.

Рецептуры и нормы расхода сырья при производстве быстрорастворивающихся круп и круп, не требующих варки приведены в таблице 1.29.

Таблица 1.29 - Рецептуры и нормы расхода сырья при производстве круп

Наименование компонентов	Рецептура, %	Расход п/ф, кг/т	Расход сырья, кг/т
Каша гречневая, пшенная, пшеничная:			
крупа варено-сушеная	87,0	875,5	-
крупа сырая		-	927,4
жир	10,0	100,2	100,2
соль поваренная	3,0	30,1	30,1
Каша гречневая с луком:			
крупа варено-сушеная	84,5	850,1	-
крупа сырая		-	900,5
жир	10,0	100,2	100,2
соль поваренная	3,0	30,1	30,1
лук сушеный	2,5	25,1	27,7
Каша рисовая с мясом:			
крупа варено-сушеная	76,0	764,6	-
крупа сырая		-	836,5
жир	9,0	90,2	90,2
фарш говяжий сушеный	10,0	101,0	101,0
лук сушеный	2,0	20,1	22,2
соль поваренная	3,0	30,1	30,1
Каша рисовая с изюмом:			
крупа варено-сушеная	49,0	493,0	-
крупа сырая		-	539,4
молоко сухое цельное	30,0	303,0	303,0
сахар-песок	10,0	101,0	101,0
виноград сушеный	10,0	100,6	104,9
соль поваренная	1,0	10,0	10,0

Применяют быстрорастваривающиеся крупы и крупы, не требующие варки, для производства пищевых концентратов первых и вторых блюд.

Показатели качества. Все вносимые компоненты должны быть равномерно распределены в основной массе круп. Вкус, запах, консистенция определяются в готовом блюде после восстановления и свойственны одноименным блюдам, приготовленным кулинарным способом. Допускается незначительная разваренность круп и фруктов.

Влажность – не более 12 %.

Содержание минеральных примесей – не более 0,01 %.

Наличие посторонних примесей и зараженность амбарными вредителями – не допускается.

Развариваемость (для быстрораствариваемых круп) – не более 10 мин.

Контрольные вопросы

- 1 Какой ассортимент сушеных порошков получают из овощей, плодов и ягод?
- 2 Какие существуют схемы получения сушеных порошков?
- 3 Каковы особенности получения овощного и фруктового пюре?
- 4 Как производится сушка пюре?
- 5 В чем особенности получения яблочного порошка?
- 6 Какие трудности встречаются при производстве морковного порошка? Как их избежать?
- 7 Какие наполнители применяют при производстве клюквенного порошка?
- 8 В чем особенность получения томатного порошка?
- 9 Как получают порошки методом прямой сушки?
- 10 Какие существуют схемы получения варено-сушеных быстрорастваривающихся круп и круп, не требующих варки?
- 11 Как происходит подготовка круп к варке?
- 12 Какие процессы протекают при варке круп?
- 13 Чем отличается процесс варки быстрорастваривающихся круп и круп, не требующих варки?
- 14 В чем особенность сушки круп?
- 15 С какой целью и каким образом производят плющение круп?
- 16 Какой ассортимент продукции получают на основе быстрорастваривающихся круп и круп, не требующих варки.
- 17 Какие показатели качества регламентируются в блюдах на основе быстрорастваривающихся круп?

2. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ИНАКТИВАЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ ОВОЩЕЙ

2.1.1 Цель работы – изучить влияние температуры и продолжительности бланширования на изменение активности окислительно-восстановительных ферментов.

2.1.2 Теоретические положения

При производстве сушеной продукции одной из технологических стадий при подготовке сырья к сушке является бланширование.

Бланширование – кратковременная тепловая обработка сырья горячей водой или паром.

Целью этой технологической операции является:

- повышение микробиологической чистоты предназначенных для сушки продуктов;
- удаление воздуха из межклеточного пространства;
- инаktivация окислительно-восстановительных ферментов;
- набухание и гидратация коллоидов.

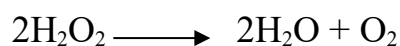
При кратковременном нагревании овощей практически инаktivируются все гидролитические ферменты, прекращаются биохимические процессы в сырье и, тем самым, предупреждается ферментативная порча продуктов.

За счет замены удаляемого воздуха из межклеточного пространства влагой, сырье приобретает эластичность и упругость.

В результате инаktivации окислительно-восстановительных ферментов сырье теряет способность к потемнению. В частности, в картофеле содержится фермент тирозиназа (полифенолоксидаза), который катализирует окисление аминокислоты тирозина кислородом воздуха с образованием темноокрашенных соединений меланинов, в результате этого продукт темнеет. Полифенолоксидаза окисляет также моно- и трифенолы, в результате чего происходит потемнение поверхности резаного яблока, картофеля, а также плодов и овощей при сушке.

Пероксидазы широко распространены в растениях и играют важную роль в окислительных процессах. Очень стойким окислительным ферментом является пероксидаза, которая инаktivируется только при температуре близкой к 100 °С. Пероксидаза окисляет многие фенолы и некоторые ароматические амины с помощью перекиси водорода. Особенно легко она окисляет полифенолы, в результате чего образуются темноокрашенные соединения – флабафены.

Фермент каталаза также относится к классу оксидоредуктаз. Под действием этого фермента происходит разложение перекиси водорода на воду и молекулярный кислород, что препятствует окислению. Перекись водорода является ядовитым для растительных клеток веществом, она образуется в окислительно-восстановительном процессе при восстановлении молекулярного кислорода.



В плодах и овощах также присутствует особая оксидаза, которая осуществляет превращение аскорбиновой кислоты в дегидроаскорбиновую. Это фермент – аскорбатоксидаза. Особенно активная аскорбатоксидаза содержится в тыкве, капусте, кабачках. Разрушение этого фермента позволит предотвратить окисление витаминов.

В результате бланширования нарушается равновесие коллоидной системы клеток сырья, происходит гидратация коллоидов и понижается гидрофильность белков. Все это облегчает сушку.

Таким образом, поскольку органические вещества сырья кислородом воздуха без помощи ферментов не окисляются, то для предотвращения потемнения необходимо окислительно-восстановительные ферменты инактивировать. Так как инактивация ферментов быстрее протекает в кислой среде, то при бланшировании воду рекомендуется подкислять лимонной кислотой до концентрации 0,1-0,2 %.

2.1.3 Порядок выполнения работы

Продолжительность работы 4 ч.

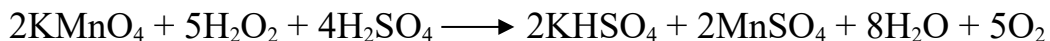
Студенты определяют в исходном сырье (картофель, морковь) содержание фермента каталазы. Затем сырье нарезают кубиками с размерами граней 5-10 мм, проводят бланширование в воде и 0,2 %-ном растворе лимонной кислоты в течение 5-10 мин при температуре 95-97 °С и снова определяют активность каталазы.

Активность фермента каталазы выражают микромолями перекиси водорода, разлагаемой 1 г исследуемого вещества при температуре 20 °С в течение 1 мин.

Оптимальное значение рН действия каталазы равно 7,0. При рН ниже 3,0 фермент разрушается.

2.1.3.1 Определение активности каталазы

Активность фермента каталазы определяют по методике А.Н. Баха и А.И. Опарина. Количественное определение каталазы основано на учете перекиси водорода путем титрования ее перманганатом калия. Реакция протекает по уравнению:



О количестве перекиси водорода, разрушенной ферментом, судят по разности количества (в см³) раствора KMnO₄ концентрацией 0,1 моль/дм³, израсходованного на титрование в контрольном и рабочем опытах.

Приборы и оборудование: весы аналитические, термостат, электрическая плитка; бюретка для титрования; терка.

Посуда и материалы: мерная колба на 200 см³; коническая колба на 250 см³; воронка; фильтровальная бумага; конические колбы на 100-150 см³ – 4 шт.; пипетки; стеклянный стакан термостойкий; мерный цилиндр

Реактивы: толуол – 3 см³; 1 %-ный раствор H₂O₂ – 12 см³; раствор NaOH концентрацией 0,1 моль/дм³ – 15 см³ (для нейтрализации); 10 %-ный раствор H₂SO₄ – 20 см³; раствор KMnO₄ концентрацией – 0,1 моль/дм³ – 10 см³

Расход сырья: картофель, морковь по 10 г

Техника определения

Сначала готовится вытяжка. Для этого на аналитических весах взвешивают 4 г измельченного картофеля (или моркови), количественного переносят навеску в мерную колбу вместимостью 200 см³. Добавляют 2-3 капли толуола и оставляют для настаивания на 1 ч в термостате при температуре 30 °С. После настаивания жидкость отфильтровывают через складчатый фильтр и в фильтрате сразу же определяют каталазу.

Отбирают 4 пробы прозрачного фильтрата по 20 см³ каждая: 2 опытные и 2 контрольные. Контрольные пробы кипятят 5 мин на сетке для инактивации фермента.

К опытным и контрольным пробам добавляют по 20 см³ дистиллированной воды, по 3 см³ 1 %-ного раствора перекиси водорода, предварительно нейтрализованной раствором NaOH концентрацией 0,1 моль/дм³, и оставляют на 30 мин при комнатной температуре. По истечении 30 мин к пробам прибавляют по 5 см³ 10 %-ного раствора серной кислоты и оставшуюся перекись водорода титруют раствором KMnO₄ концентрацией 0,1 моль/дм³.

Об активности каталазы судят по количеству мг перекиси водорода, которое разрушилось в течение 30 мин ферментом, содержащимся в 1 г исследуемого материала.

Активность каталазы (A_к) определяется по формуле 2.1.

$$A_k = \frac{(a-b) \cdot 1,7}{n} \quad 2.1$$

где: а – количество раствора KMnO₄ концентрацией 0,1 моль/дм³, израсходованного для титрования контроля, см³;

б - количество раствора KMnO₄ концентрацией 0,1 моль/дм³, израсходованного для титрования опытной пробы, см³

1,7 – коэффициент, показывающий, что 1 см³ раствора KMnO₄ концентрацией 0,1 моль/дм³ эквивалентен 1,7 мг H₂O₂;

n – навеска исследуемого материала, г (в данном опыте при навеске 4 г, которая настаивалась в мерной колбе на 200 см³, и взятом на определение 20 см³ фильтрата навеска равна: (4*20)/200 = 0,4 г.

2.1.4 Анализ результатов работы

Полученные данные сводят в таблицу 2.1, либо строят график зависимости активности каталазы от продолжительности бланширования и делают вывод о степени разрушения окислительных ферментов (на примере каталазы) в процессе тепловой обработки сырья.

Таблица 2.1 – Изменение активности каталазы в процессе бланширования

Наименование показателей	Значения
Активность каталазы исходного сырья, ед/г	
Активность каталазы после бланширования, ед/г	

1.4 Контрольные вопросы

1. Что такое бланширование?
2. С какой целью проводится бланширование?
3. От каких факторов зависит продолжительность тепловой обработки?
4. Как проводится тепловая обработка сырья?
5. Какие окислительно-восстановительные ферменты оказывают влияние на протекание технологических процессов консервирования?
6. Какова роль окислительно-восстановительных ферментов при подготовке сырья к сушке?
7. За счет чего происходит разрушение окислительных ферментов при бланшировании сырья?
8. В чем заключается сущность метода определения каталазной активности?

2.2 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СУШЕНЫХ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

2.2.1 Цель работы – изучить методы контроля качества сушеной продукции

2.2.2 Теоретические положения

Качество сушеных плодов и овощей определяется органолептическими и физико-химическими методами.

При органолептической оценке основными показателями являются: внешний вид, консистенция, вкус, цвет и запах.

К физико-химическим показателям качества сушеной продукции относятся: влажность, размер частиц, степень зараженности вредителями, содержание сернистого ангидрида, количество примесей, набухаемость и развариваемость плодов и овощей.

Сушеные плоды и овощи отличаются от свежих низким содержанием влаги и высоким содержанием сухих веществ, поэтому богаты углеводами, в том числе сахарами, пектиновыми, минеральными, дубильными веществами, но бедны витамином С и ароматическими веществами.

Сушеные плоды, овощи и грибы делятся на группы в зависимости от вида используемого сырья, технологии предварительной обработки и сушки. Классификация сушеных плодов и овощей приведена в таблице 2.2.

Сушеные плоды и овощи подразделяются по сорта в зависимости от таких качественных показателей как: внешний вид, цвет, размер. Важное значение имеют допустимые отклонения: наличие механических повреждений, посторонних включений (косточек, плодоножек и т.п.), дефектов внешнего вида.

Сушеный виноград кишмиш и изюм делятся на высший сорт, первый и второй. Семечковые сушеные плоды подразделяются высший, первый и столовый сорта, косточковые – на экстра, высший, первый и столовый сорта, сушеный зеленый горошек – на высший и первый. Не делят на сорта смесь сушеных овощей, лук и чеснок в порошке, виноград авлон и компот из сухофруктов, а также грибы. Остальные сушеные плоды и овощи делят на первый и второй сорта.

Таблица 2.2 – Классификация сушеных плодов и овощей

Группа сушеной продукции	Вид сушеного продукта	Характерные признаки (предварительная обработка сырья)	Наименование плодов, овощей и грибов
Сушеные плоды			
Плоды семечковые сушеные	Очищенные без семенной камеры обработанные	Обработка SO ₂ или его раствором	Яблоки, айва нарезанные
	Неочищенные без семенной камеры обработанные	Обработка SO ₂ или его раствором	Яблоки, айва нарезанные
	Неочищенные с семенной камерой обработанные	Обработка SO ₂ или его раствором	Яблоки, айва нарезанные, груши целые
	Неочищенные без семенной камеры необработанные	Без предварительной обработки	Айва нарезанная
	Неочищенные с семенной камерой необработанные	Без предварительной обработки	Яблоки, айва нарезанные, груши целые и нарезанные, яблоки и груши дикорастущих сортов целые и нарезанные
Плоды косточковые сушеные	Урюк	Целые плоды с косточкой обработанные	Абрикосы, жердель
	Урюк	Целые плоды с косточкой необработанные	Абрикосы, алыча, вишня, кизил, слива, жердель
	Кайса	Целые плоды с выдавленной косточкой обработанные или необработанные	Абрикосы
	Курага	Половинки плодов без косточек обработанные или необработанные	Абрикосы, персики

Продолжение таблицы 2.2

Группа сушеной продукции	Вид сушеного продукта	Характерные признаки (предварительная обработка сырья)	Наименование плодов, овощей и грибов
Виноград сушеный	Кишмиш: сояги	Сушеный виноград без семян из светлых сортов, полученный путем сушки в специальных помещениях-соягихонах	Виноград бессемянных сортов
	сабза	Сушеный виноград без семян из светлых сортов, полученный путем воздушно-солнечной или искусственной сушки с предварительной обработкой щелочью и сульфитацией	Виноград бессемянных сортов
	бедона	Сушеный виноград без семян из светлых сортов, полученный путем воздушно-солнечной или искусственной сушки без предварительной обработки	Виноград бессемянных сортов
	шигани	Сушеный виноград без семян из темных сортов, полученный путем воздушно-солнечной или искусственной сушки без предварительной обработки	Виноград бессемянных сортов

Продолжение таблицы 2.2

Группа сушеной продукции	Вид сушеного продукта	Характерные признаки (предварительная обработка сырья)	Наименование плодов, овощей и грибов
Виноград сушеный	Изюм: изюм светлый	Сушеный виноград с семенами из светлых сортов, полученный путем воздушно-солнечной или искусственной сушки с предварительной обработкой щелочью и сульфитацией	Виноград семенных сортов
	Изюм окрашенный	Сушеный виноград с семенами из окрашенных сортов, полученный путем воздушно-солнечной или искусственной сушки без предварительной обработки	Виноград семенных сортов
	авлон	Сушеный виноград из смеси кишмишных и изюмных сортов разной окраски, полученный различными способами обработки	Виноград семенных и бессемянных сортов
Сушеные тропические и субтропические плоды	На виды не делятся	-	Хурма, инжир, финики, бананы
Сушеные овощи и грибы			
Сушеные овощи	Россыпью	Форма частиц – стружка, кубики, пластинки	Картофель, капуста белокочанная, морковь, свекла, лук репчатый, чеснок, зелень, белые коренья, зеленый горошек

Продолжение таблицы 2.2

Сушеные овощи	В брикетах	Частицы, спрессованные в брикеты	Картофель, капуста белокочанная, морковь, свекла, лук репчатый, белые корни
	В порошке	Сыпучий порошок	Лук репчатый, чеснок
Смесь сушеных овощей	Россыпью	Стружка, кубики, пластинки	-
	В брикетах	Частицы, спрессованные в брикеты	-
Сушеные грибы	Россыпью Нанизанные на бечевки, нитки	Форма грибов: пластинки, дольки	Трубчатые, некоторые пластинчатые (лисички, опята, шампиньоны и др.)

К дефектам относят дефекты внешнего вида, цвета, вкуса и запаха, а также примеси, микробиологическая порча (плесневение) и повреждение сельскохозяйственными вредителями (молью, личинками жуков).

Дефекты внешнего вида – наличие продукции с отклонениями по форме и размеру (например, рваные частицы для резаных яблок), пораженной сельскохозяйственными вредителями, грибковыми болезнями, с солнечными ожогами. Основная причина возникновения дефектов подобного рода – использование некачественного плодоовощного сырья. Наличие признаков плесневения, гниения – результат нарушения условий хранения.

Каждый вид сушеной продукции должен иметь характерный цвет. Цвет сушеных груш – от светло- до темно-коричневого; яблок, предварительно обработанных SO₂ – от светло-кремового до желтого, без предварительной обработки – от желтого до темно-коричневого; сушеного винограда в зависимости от сорта: от светло-зеленого до золотистого, коричневого, синевато-черного для высшего сорта до золотистого, коричневого, бурого разных оттенков для второго сорта; сушеных слив – от однородного черного глянцевого в высших сортах, до буровато-коричневого в низших сортах и т.д. Цвет белокочанной капусты – белый, со светло-желтым или светло-коричневым оттенком; моркови – оранжево-желтый; свеклы – темно-красный, с розовым и фиолетовым оттенком.

К дефектам цвета относятся наличие черных, темных коричневых пятен, потемнение продукции, неоднородность цвета. Причины возникновения таких дефектов – неудовлетворительная сортировка сырья, отсутствие тепловой

обработки, сульфитации, высокие температуры сушки, вызывающие реакции меланоидинообразования и карамелизации.

Сушеные плоды и овощи должны иметь присущие им вкус и запах без признаков спиртового брожения и видимой невооруженным глазом плесени. Не допускается наличие посторонних привкусов, запахов (плесневелого, грибного, затхлого, спиртового), наличие песка, ощущаемых органолептически. Причинами возникновения дефектов вкуса и запаха являются: недостаточная сушка, высокая остаточная влажность, нарушение санитарно-гигиенических правил производства и хранения. Хруст при разжевывании появляется при сушке загрязненного песком сырья или при загрязнении в процессе воздушно-солнечной сушки.

Примеси в сушеной продукции обусловлены наличием плодоножек, косточек, семян, сельскохозяйственных вредителей. Причины возникновения – нарушение режима хранения.

Основным показателем, характеризующим хранение сушеной продукции, является влажность воздуха, которая должна быть в пределах 65-70 %. В процессе нарушения условий хранения сушеная продукция может повреждаться амбарными вредителями: амбарная и фруктовая моль, зерновая огневка, суринамский мукоед, долгоносик, клещ. Сульфитированные сушеные плоды меньше повреждаются амбарными вредителями. Повреждение амбарными вредителями – критический эффект, поэтому в сушеной продукции не допускаются насекомые, их личинки и куколки.

Влажность – наиболее существенный показатель качества сушеной продукции, от которого зависит ее сохранность. Пониженная влажность предотвращает протекание микробиологических процессов из-за отсутствия свободной влаги. Согласно стандартам влажность для сушеных плодов должна быть в пределах 16-25 %, овощей 12-14 %.

Содержание сернистого ангидрида устанавливается для сушеной продукции с предварительной сульфитацией сырья. Допустимые нормы сернистой кислоты для сушеных овощей 0,04-0,06 %, для плодов 0,01 %.

2.2.3 Порядок выполнения работы

Продолжительность работы 4 ч.

Объектами исследования являются сушеные продукты: яблоки, сливы. В этих образцах студенты определяют органолептические показатели (цвет, вкус, запах), наличие примесей, степень зараженности амбарными вредителями, влажность, массовую долю диоксида серы.

2.2.3.1 Определение цвета

Расход сырья: сушеные яблоки, сливы по 100 г

Техника определения

Анализ цвета сушеных продуктов проводят визуально при дневном рассеянном свете.

2.2.3.2 Определение вкуса и запаха

Вкус и запах определяют после восстановления продукта. При этом оценивают интенсивность вкуса и запаха, наличие посторонних привкусов и запахов.

Приборы и оборудование: весы технические, термометр

Посуда и материалы: стеклянный стакан вместимостью 200 см³, мерный цилиндр

Расход сырья: сушеные яблоки, сливы по 20 г

Техника определения

Сушеные плоды замачивают в воде с температурой 20-22 °С при гидромодуле 1:8 в течение 30 мин, затем вынимают из воды и определяют вкус и запах.

2.2.3.3 Определение примесей

Приборы и оборудование: весы технические

Посуда и материалы: пинцет, бумага для взвешивания

Расход сырья: сушеные яблоки, сливы по 100 г

Техника определения

Сушеные плоды высыпают на лабораторный стол и отбирают пинцетом чужеродные примеси: камни, стекло, металл, комочки земли. Отдельно отбирают примеси других видов сушеных продуктов (если они присутствуют), количество которых не должно превышать 0,1-0,2 %. Также отдельно отбирают дефектные частицы: остатки сердцевин, семечки, листья, кожуру, глазки с частично загрязненными участками поверхности и т.д. Количество этих дефектов не должно превышать 0,4 %.

Каждый вид примесей взвешивается отдельно и выражается в процентах.

2.2.3.4 Определение степени зараженности амбарными вредителями

Приборы и оборудование: весы технические

Посуда и материалы: пинцет, темная бумага

Расход сырья: сушеные яблоки, сливы по 500 г

Техника определения

Сушеные плоды рассыпают тонким слоем на темную бумагу и рассматривают в течение 2-3 мин. Замеченных вредителей отбирают с помощью пинцета. Это: насекомые, личинки, коконы, экскременты, частицы продукта, пораженного насекомыми и т.д.

Определив вид отобранных насекомых и клещей, подсчитывают их количество и пересчитывают на 1 кг продукта.

2.2.3.5 Определение влажности

Влажность определяют методом ускоренного высушивания при температуре 130 °С.

Приборы и оборудование: весы аналитические, лабораторная мельница эксикатор, сушильный шкаф

Посуда и материалы: бюксы

Расход сырья: сушеные яблоки, сливы по 5 г

Техника определения

Сначала определяют массу пустого бюкса путем взвешивания на аналитических весах. Затем в бюкс помещают навеску измельченного высушиваемого материала в количестве 5 г и сушат в сушильном шкафу при температуре 130 °С в течение 2-х часов. После высушивания навеску в бюксе охлаждают в эксикаторе, взвешивают и определяют влажность (в %) по формуле 2.2.

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} * 100 \quad 2.2$$

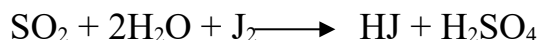
где: m_1 – масса бюкса с навеской до высушивания, г;

m_2 – масса бюкса с навеской после высушивания, г;

m – масса пустого бюкса, г

2.2.3.6 Определение массовой доли диоксида серы

Массовую долю диоксида серы определяют объемным методом. В данном методе окислителем является йод, который взаимодействует с диоксидом серы по уравнению:



Приборы и оборудование: весы аналитические, лабораторная мельница

Посуда и материалы: конические колбы на 250 см³ с притертой пробкой – 2 шт.; мерный цилиндр; фарфоровая ступка, пипетки, бюретка для титрования

Перечень реактивов: раствор NaOH концентрацией 1 моль/дм³ – 50 см³; раствор H₂SO₄ (1:3) – 20 см³; 1 %-ный раствор крахмала – 2 см³; раствор йода концентрацией 0,01 моль/дм³ – 20 см³

Расход сырья: сушеные яблоки, сливы по 5 г

Техника определения

Измельченные сухие плоды в количестве 5 г взвешивают с точностью 5±0,01 г, переносят в фарфоровую ступку, добавляют цилиндром 30 см³ дистиллированной воды. Полученную смесь тщательно растирают и переносят в коническую колбу вместимостью 250 см³ с помощью 20 см³ дистиллированной воды. Содержимое колбы закрывают притертой пробкой, тщательно перемешивают в течение 5 мин, добавляют 25 см³ раствора NaOH концентрацией 1 моль/дм³, вновь закрывают пробкой и оставляют на 15 мин. Затем вносят 10 см³ раствора серной кислоты (1:3), 1 см³ 1 %-ного раствора крахмала и титруют из микробюретки при перемешивании раствором йода концентрацией 0,01 моль/дм³ до появления не исчезающей в течение нескольких секунд синей окраски.

Параллельно проводят контрольный опыт, но без внесения навески.

Массовая доля общей сернистой кислоты в 100 г продукта (X, %) рассчитывается по формуле 2.3.

$$X = \frac{(V - V_0) * 0,32}{10 * m} \quad 2.3$$

где: V – количество раствора йода концентрацией 0,01 моль/дм³, израсходованного на титрование опытной пробы, см³;

V_0 - количество раствора йода концентрацией 0,01 моль/дм³, израсходованного на титрование контрольной пробы, см³;

0,32 – количество SO₂, соответствующее 1 см³ раствора йода концентрацией 0,01 моль/дм³, г;

m – масса продукта, г

2.2.4 Анализ результатов работы

Полученные данные сводят в таблицу 2.3 и делают вывод о качестве сушеных продуктов.

Таблица 2.3 – Качество сушеных продуктов

Наименование показателей	Значения
Цвет	
Вкус	
Запах	
Наличие примесей, %	
Степень зараженности вредителями	
Массовая доля влаги, %	
Массовая доля SO ₂ , %	

2.2.5 Контрольные вопросы

1. Каким образом классифицируется сушеная продукция?
2. По каким показателям проводится органолептическая оценка качества сушеной продукции?
3. От чего зависит изменение цвета сушеной продукции?
4. На какие товароведные сорта подразделяется сушеная продукция?
5. Какие дефекты могут встречаться в сушеной продукции?
6. Каким образом классифицируются примеси в сушеных плодах и овощах?
7. Какими амбарными вредителями могут повреждаться сушеные продукты?
8. Какие физико-химические показатели качества регламентируются в сушеной продукции?
9. Какое влияние оказывает влажность на сохранность сушеной продукции?
10. С какой целью проводится сульфитирование сырья, идущего на сушку?
11. Каким образом оценивается остаточное содержание диоксида серы в сушеных продуктах?

2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСТРАКТИВНОСТИ СУШЕНЫХ ПРОДУКТОВ

2.3.1 Цель работы – изучить методы определения массовой доли сухих веществ в сушеной продукции

2.3.2 Теоретические положения

Под экстрактивностью понимают то количество сухих веществ, которое может переходить в раствор при восстановлении сушеной продукции.

Данный показатель косвенно указывает на нарушение технологического процесса сушки. Ароматические и вкусовые вещества, содержащиеся в сушеной продукции, подразделяются на растворимые и нерастворимые. Растворимые вещества экстрагируются водой и называются экстрактивными. К ним относятся: растворимые углеводы, органические кислоты, красящие и дубильные вещества, эфирные масла, ароматические соединения, азотистые вещества, ферменты, жиры, минеральные соли и водорастворимые витамины.

К нерастворимым сухим веществам относятся: целлюлоза, гемицеллюлоза, протопектин, нерастворимые азотистые и минеральные вещества.

При восстановлении сушеной продукции растворимые сухие вещества почти полностью переходят в раствор, обеспечивая вкусовые особенности, питательную ценность и цвет готового продукта.

Эффективность этого процесса зависит от температуры, продолжительности настаивания, степени измельчения.

Органические кислоты образуются в растительном сырье на разных этапах обмена веществ. Они растворены в клеточном соке и встречаются как в свободном виде, так и в виде солей, эфиров со спиртами. Органические кислоты являются исходными веществами для синтеза углеводов, аминокислот, липидов и других важных соединений.

Кислотность является одним из показателей доброкачественности сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. От массовой доли органических кислот зависит гармоничный вкус продукта.

Кислотность среды принято оценивать двумя показателями - общей и активной кислотностью.

Общая кислотность характеризует содержание в растворе веществ, вступающих в реакцию с сильными щелочами, и определяется титрованием. Следовательно, более правильно называть этот показатель титруемой кислотностью. Она обусловлена присутствием органических кислот и кислых солей фосфатов и карбонатов.

2.3.3 Порядок выполнения работы

Продолжительность работы 4 ч.

Студенты определяют в сушеной продукции массовую долю растворимых сухих веществ и кислотность.

2.3.3.1 Определение массовой доли растворимых сухих веществ

Массовая доля растворимых сухих веществ в сушеном сырье определяется рефрактометрическим методом после экстрагирования горячей водой.

Приборы и оборудование: весы технические, лабораторная мельница, водяная баня, рефрактометр

Посуда и материалы: фарфоровая ступка, мерная колба на 500 см³, термометр, воронка для фильтрации, фильтровальная бумага, коническая колба на 500 см³

Расход сырья: сушеные яблоки, сливы по 100 г

Техника определения

Из сушеного продукта отбирают среднюю пробу методом квадратов (рис.3.1), отделяют косточки и измельчают.

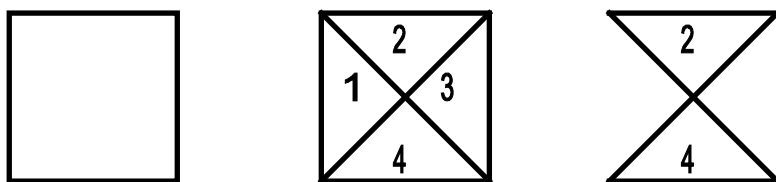


Рисунок 2.1 - Выделение средней пробы зерна методом квадратов

Весь сушеный образец продукта ссыпают на ровную поверхность и разравнивают линейкой, придавая форму квадрата. Затем при помощи этой же линейки делят квадрат по диагоналям на 4 треугольника. Материал двух противоположных треугольников собирают, а двух других удаляют. Эту операцию повторяют до тех пор, пока не останется нужное количество продукта.

Навеску сушеных плодов массой 100 г растирают в фарфоровой ступке и без потерь переносят в мерную колбу вместимостью 500 см³. Остатки тщательно смывают дистиллированной водой в колбу, доводят водой до $\frac{3}{4}$ объема и выдерживают колбу на водяной бане при температуре 80 °С в течение 1 ч. Во время выдержки содержимое колбы периодически перемешивают.

После экстрагирования колбу охлаждают до температуры 20 °С и доводят до метки дистиллированной водой. Содержимое тщательно перемешивают и фильтруют. В полученном прозрачном фильтрате определяют содержание сухих веществ рефрактометрическим методом. Массовую долю растворимых сухих веществ рассчитывают по формуле 2.2.

$$C_{с.в.} = \frac{c * (V - V_1)}{a} \quad 2.2$$

где: c – содержание сухих веществ в фильтрате, определенное с помощью рефрактометра, %;

V – объем колбы, в которой проводили экстрагирование, см³;

V_1 – поправка на объем, занимаемый нерастворимыми веществами (принимается из расчета 0,2 см³ на 1 г сырья, что для навески массой 100 г составляет 20 см³);

а- навеска сырья, взятая для определения, г.

2.3.3.2 Определение общей кислотности

Общую (или титруемую) кислотность сушеного сырья определяют методом титрования в присутствии индикатора фенолфталеина.

Для определения общей кислотности используют фильтрат, полученный при определении содержания растворимых сухих веществ.

Приборы и оборудование: бюретка для титрования, электрическая плитка

Посуда и материалы: коническая колба на 100-150 см³, пипетки, мерный цилиндр

Перечень реактивов: фенолфталеин – индикатор; раствор NaOH концентрацией 0,1 моль/дм³ – 20 см³

Техника определения

5-10 см³ фильтрата помещают в коническую колбу, добавляют 50-100 см³ охлажденной свежей прокипяченной воды, 3 капли фенолфталеина и титруют раствором NaOH концентрацией 0,1 моль/дм³ до появления розового окрашивания.

Общую кислотность (в пересчете на лимонную кислоту) определяют (X, %) по формуле 3.2.

$$X = \frac{V_1 * V * 0,07 * 100}{a * V_2} \quad 3.2$$

где: V₁ – объем раствора NaOH, концентрацией 0,1 моль/дм³, пошедший на титрование, см³;

V – объем колбы, в которой проводили экстрагирование, см³;

V₂ – объем фильтрата, взятый для титрования, см³;

a – навеска сырья, г;

0,07 – количество лимонной кислоты, соответствующее 1 см³ раствора NaOH концентрацией 0,1 моль/дм³, г.

2.3.4 Анализ результатов работы

Полученные данные сводят в таблицу 2.4 и делают вывод об экстрактивности и кислотности сушеных продуктов.

Наименование продуктов	Экстрактивность, %	Общая кислотность, %

2.3.5 Контрольные вопросы

1. На какие группы подразделяются вкусовые вещества в сушеных продуктах?
2. Что такое экстрактивные вещества?
3. Чем представлены растворимые сухие вещества? Дайте их краткую характеристику.
4. Что такое нерастворимые сухие вещества?
5. Какие соединения относятся к нерастворимым? Дайте их краткую характеристику.

6. Как определяется экстрактивность сушеных продуктов?
7. Чем обусловлена кислотность плодово-ягодного сырья?
8. Что такое кислотность, как она определяется и в каких единицах измеряется?

2.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ РЕГИДРАТАЦИИ СУШЕНЫХ ПРОДУКТОВ

2.4.1 Цель работы – оценить степень восстановления сушеных продуктов по показателю размачиваемости

2.4.2 Теоретические положения

Степень и длительность регидратации являются основным условием экономичного и быстрого приготовления продуктов из сушеного сырья.

Степень размачиваемости показывает во сколько раз сушеные продукты за счет поглощения влаги способны увеличить свою массу.

Продолжительность регидратации – важная технологическая характеристика, так как знание ее помогает установить длительность приготовления блюд из сушеных продуктов. За указанное время консистенция размоченных продуктов должна стать такой, чтобы они были пригодны к употреблению, т.е. материал должен быть ни слишком твердым, ни излишне переваренным. Степень и продолжительность регидратации зависят от свойств сырья (деревянистые или рыхлые ткани), условий хранения, правильности проведения процесса сушки.

Размачивание проводится как в холодной, так и в горячей воде.

Для каждого продукта существует свой показатель размачиваемости (набухаемости). Так, для сушеного картофельного пюре он должен быть около 4. Меньшее значение указывает на некоторую денатурацию, потерю гидрофильности. Выше 5 свидетельствует о содержании в продукте большого числа разрушенных клеток с вытекшим крахмалом, обладающим большой гидрофильностью. Для моркови этот коэффициент равен 6, для яблок – около 7.

2.4.3 Порядок выполнения работы

Продолжительность работы 4 ч.

В сушеных продуктах после регидратации студенты определяют показатель набухаемости.

2.4.3.1 Определение степени набухаемости сушеных продуктов

Приборы и оборудование: весы технические, водяная баня.

Посуда и материалы: стеклянные стаканы вместимостью 500 см³, фильтровальная бумага.

Расход сырья: сушеные плоды по 20 г

Техника определения

Навеску сушеных продуктов массой 20 г заливают водой при гидромодуле 1:10 и настаивают при различных температурах и

продолжительности: при температуре 30 °С – в течение 60 и 90 мин; при температуре 80 °С – 30, 60 и 90 мин.

После настаивания избыток влаги удаляют с помощью фильтровальной бумаги, взвешивают образцы и определяют коэффициент набухаемости (К) по формуле 2.3.

$$K = m_1 : m_2 \quad (2.3)$$

где: m_1 – масса регидратированных продуктов, г;

m_2 – масса сушеных продуктов, г.

2.5 Анализ результатов работы

По полученным данным строят графики зависимости коэффициента набухаемости от температуры и продолжительности процесса регидратации, делают вывод о ходе этого процесса.

2.6 Контрольные вопросы

1. Что такое регидратация?
2. От чего она зависит?
3. Что характеризует коэффициент набухаемости?
4. От чего он зависит?
5. Как отражаются условия сушки на регидратации продуктов?
6. Как определяется показатель размачиваемости?
7. Как производится восстановление сушеного продукта?

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Учебным планом дисциплины предусмотрено проведение практических занятий в количестве 16 ч. Тематика практических занятий приведена в таблице 3.1.

Наименование тем практических занятий	Кол-во часов
1. Подготовка сырья к сушке	4
2. Способы сушки	4
3. Технологические схемы производства сушеной продукции	4
4. Качество сушеной продукции	4

Ниже приведен перечень вопросов, которые необходимо рассмотреть при проведении практических занятий по конкретной тематике.

ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К СУШКЕ

1. Формы связи влаги в материале
2. Особенности плодоовощного сырья, как объекта сушки
3. Требования к картофелю, используемому для получения сушеной продукции
4. Калибровка, мойка сырья
5. Очистка: механическая, химическая, термическая. Сравнительная характеристика

6. Измельчение сырья. Значение резки для выбора оптимального режима сушки
7. Тепловая обработка сырья перед сушкой. Изменения в сырье при тепловой обработке. Сравнительная характеристика тепловой обработки в воде и паром
8. Суть сульфитации сырья перед сушкой. Способы обработки сернистым ангидридом
9. Факторы, влияющие на процесс сушки

СПОСОБЫ СУШКИ

1. Классификация способов сушки
2. Конвективный способ сушки
3. Кондуктивный способ сушки
4. Сушка термоизлучением
5. Высокочастотная сушка
6. Комбинированные способы сушки
7. Сублимационная сушка

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА СУШЕНОЙ ПРОДУКЦИИ

1. Технологические схемы производства сухого картофельного пюре (хлопья, порошок, крупка)
2. Особенности сушки овощей (картофель, морковь, капуста белокочанная, свекла, зелень)
3. Производство овощных смесей
4. Сушка фруктов (яблоки, груши, сливы, виноград)
5. Особенность сушки ягод и орехов
6. Ассортимент и особенности технологии овощных и фруктовых порошков и
7. Ассортимент и особенности технологии быстрорастворимых круп и круп, не требующих варки

КАЧЕСТВО СУШЕНОЙ ПРОДУКЦИИ

1. Основные показатели качества сушеной продукции: форма, размер, цвет, влажность
2. Технологические операции обработки сушеной продукции: сортировка, инспекция, отлежка
3. Особенность и отличия в обработке продукции, полученной методом естественной и искусственной сушки
4. Упаковка сушеной продукции. Особенности упаковки продукции с низкой остаточной влажностью
5. Поражение сушеной продукции микроорганизмами, насекомыми, грызунами. Меры по предотвращению.

6. Условия хранения сушеной продукции. Требования к складским помещениям.

7. Технологические схемы восстановления сушеной продукции. Скорость и полнота регидратации

8. Характеристика основных показателей качества готовой продукции после восстановления (вкус, аромат, консистенция)

9. Отходы производства сушеной продукции, возможность их использования.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аминов, М.С. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов / М.С. Аминов, М.С. Мурадов, Э.М. Аминова. – М.: Колос, 1996. – 432 с.
2. Атаназевич, В.И. Сушка пищевых продуктов /В.И. Атаназевич. – М.: ДеЛи, 2000. – 295 с.
3. Бачурская Л.Д. Технология пищевых концентратов / Л.Д. Бачурская, В.Н.Гуляев. – М.: Пищевая пром-сть, 1970. – 312 с.
4. Бурич, О., Берки Ф. Сушка плодов и овощей / О. Бурич, Ф. Берки. – М.: Пищевая пром-сть, 1978. – 280 с.
5. Воскобойников В.А. Сушеные овощи и фрукты /В.А. Воскобойников, В.Н. Гуляев, З.А. Кац, О.А. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 187 с.
6. ГОСТ 6882-88. Виноград сушеный. ТУ.
7. ГОСТ 28501-90. Фрукты косточковые сушеные. ТУ.
8. ГОСТ 28502-90. Фрукты семечковые сушеные. ТУ.
9. ГОСТ 26832-86. Картофель свежий для переработки на продукты питания. ТУ.
10. Гуляев В.Н.Технология пищевых концентратов / В.Н.Гуляев. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 207 с.
11. Гуляев, В.Н. Технология крупяных концентратов /В.Н.Гуляев, Т.С.Захаренко, В.И. Кондратьев, Т.Ф.Роеенко. – М.: Агропромиздат, 1989. – 200 с.
12. Ильченко С.Г. Технология и технохимический контроль консервирования / С.Г. Ильченко, Т.А. Марх, А.Ф. Фан-Юнг.– М.: Пищевая пром-сть, 1974. – 424 с.
13. Марх, Т.А. Технологический контроль консервного производства /А.Т. Марх, Т.Ф. Зыкина, В.Н. Голубев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 304 с.
14. Семенов, Г.В. Сушка сырья: мясо, рыба, овощи, фрукты, молоко /Г.В. Семенов, Г.И. Касьянов. – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2002. – 112 с.