

## 3.1. Основы переработки зерна

### 3.1.1. Технология производства муки

Мука представляет собой порошкообразный продукт различного гранулометрического состава, получаемый путем избирательного измельчения зерна различных сельскохозяйственных культур. В настоящее время в Беларуси наиболее широко для производства муки используется зерно пшеницы, ржи, тритикале, ячменя, овса.

Мука является основным сырьем для хлебопекарной и макаронной промышленности. Кроме того, ее используют для производства бараночных, сухарных, кондитерских изделий и пищевых концентратов. Для хлебопечения, производства макаронных изделий, кондитерских изделий используют в основном пшеничную муку, составляющую  $\frac{3}{4}$  объема продукции мукомольной промышленности. В меньшей степени используют ржаную муку и тритикалеву. Для нужд кулинарии, пищевой, текстильной и других отраслей промышленности в меньших количествах вырабатывают муку из ячменя, кукурузы, тритикале, овса, гречихи, гороха, сои. Из зерна риса, овса, гречихи, кроме того, получают муку, используемую для производства продуктов детского и диетического питания. Наконец, зерно ячменя, овса, тритикале, зернобобовых, кукурузы в основном, а зерно других культур в меньшей степени используют в комбикормовой промышленности.

**Классификация муки** предусматривает ее деление на виды, типы и сорта.

*Вид* муки получил название идентичное культуре (пшеничная, ржаная, соевая и т. д.).

*Тип* муки устанавливается в пределах вида и характеризует технологические достоинства муки и ее дальнейшее целевое назначение. Например, мука гречневая выпускается двух типов – диетическая и блинная, а ржаная только одного – хлебопекарная.

*Сорт* муки определяется количественным соотношением содержащихся в ней анатомических частей зерна и выходом муки, что влияет на цвет, зольность и химический состав. В пределах одного вида и типа может быть несколько сортов муки.

Наиболее целесообразно рассмотреть классификацию на примере пшеничной муки, составляющей около  $\frac{3}{4}$  всей продукции мукомольной промышленности. Основную часть из общего количества пшеничной муки занимает хлебопекарная. Значительно меньше выпускается муки для макаронной промышленности из зерна твердой и сильной мягкой пшеницы.

Хлебопекарная пшеничная мука выпускается пяти сортов: крупчатка, высший, 1-й, 2-й и обойная. Сорта отличаются цветом, размером частиц (консистенцией), химическим составом, потребительскими достоинствами или свойствами.

*Крупчатку* вырабатывают при так называемом крупчатом высокосортном помоле (макаронном). Для нее характерны относительно крупные однородные по размеру частицы эндосперма (0,3...0,4 мм) высокостекловидной пшеницы. Цвет муки кремово-желтый или кремовый. Крупчатка вырабатывается из мягкой пшеницы со стекловидностью не менее 40 % с добавлением твердой пшеницы в количестве 15...20 % или только из зерна мягкой пшеницы со стекловидностью не менее 60 %.

*Мука высшего сорта* состоит из тонкоизмельченных частиц центральной части эндосперма размером 0,1...0,2 мм. Она имеет мягкую консистенцию, белый цвет.

*Мука 1-го сорта* состоит из тонкоизмельченных частиц эндосперма и небольшого количества (3...4 % от массы муки) измельченных оболочечных частиц. Поэтому она несколько темнее муки высшего сорта, обычно белого цвета с желтоватым или сероватым оттенком.

*Мука 2-го сорта* состоит из измельченных частиц эндосперма со значительной примесью (8...10 % от массы муки) оболочечных частиц. Цвет заметнее темнее цвета муки 1-го сорта, обычно белый с желто-серым оттенком.

*Обойную муку* получают без отсева отрубей или отсеивают 1 % отрубей, и она имеет неоднородные по качеству и размеру частицы эндосперма и оболочек. Цвет бело-коричневый.

Мука высшего и 1-го сорта содержит меньше белков по сравнению с обойной и мукой 2-го сорта, но усвояемость ее значительно выше. Зато мука обойная и 2-го сорта обладает более

высокой биологической ценностью, так как содержит больше витаминов группы В, минеральных веществ, каротина и клетчатки.

В зависимости от количества получаемых сортов муки помолы пшеницы бывают разных типов: трехсортными (суммарный выход муки – 78 %), двухсортными (выход муки – 70 или 78 %) и односортными (выход муки – 72, 85 или 96 %).

В каждом помоле установлен стандартный выход муки по сортам. Например, варианты трехсортного помола мягкой пшеницы: мука высшего сорта – 10 %, мука 1-го сорта – 45 %, 2-го сорта – 23 % или крупчатка – 10 %, мука 1-го сорта – 35 %, 2-го сорта – 33 %. Варианты двухсортного помола: мука высшего сорта – 40 %, 2-го сорта – 38 % или крупчатка – 10 %, мука 1-го сорта – 60 %. Варианты односортного помола: мука 1-го сорта – 72 %, или 2-го сорта – 85 %, или обойная – 96 %. То есть правилами организации и ведения технологического процесса на мельницах установлены базисные нормы выхода муки, побочных продуктов (отруби) и отходов.

Макаронная мука выпускается трех сортов: высший сорт (крупка), 1-й сорт (полукрупка), 2-й сорт. Она состоит из довольно крупных и однородных частиц эндосперма твердой или высокостекловидной мягкой пшеницы (общая стекловидность – не менее 60 %). Такая мука имеет кремовый цвет и крупитчатую структуру. Муку этого типа получают специальным макаронным трехсортным помолом при суммарном выходе муки 78 %. Например, один из вариантов такого помола: мука высшего сорта (крупка) – 25 %, 1-го сорта (полукрупка) – 30 %, 2-го сорта – 23 %.

*Мука высшего сорта (крупка)* состоит из частиц внутренних слоев эндосперма зерна твердой пшеницы размером 0,3...0,4 мм кремового цвета с желтым оттенком. *Мука 1-го сорта (полукрупка)* состоит из частиц периферийного эндосперма с небольшим количеством оболочечных частиц, цвет светло-кремовый. *Мука 2-го сорта* более тонкого помола, кремового цвета с желтоватым оттенком. Ее используют в качестве добавки к хлебопекарной муке.

По химическому составу мука близка к зерну, из которого она выработана. Поэтому мука любого вида и сорта содержит углеводы (крахмал, сахара, клетчатка), азотистые вещества (белки), жиры, витамины, зольные вещества, воду. Содержание отдельных химических веществ определяется сортом муки.

Надо отметить, что мука из твердой пшеницы обладает способностью образовывать упруго-пластическое тесто и обеспечивает получение макаронных изделий стекловидной консистенции янтарного цвета, неклеяких в сваренном состоянии. Несмотря на высокое содержание в муке белка (15...16 %), мука обладает невысокой водопоглотительной способностью, так как состоит из крупных однородных частиц эндосперма.

Макаронная мука из мягкой пшеницы (крупчатка) обычно белая с кремовым оттенком. Макаронные изделия из такой муки получаются белого цвета, менее прозрачные, в процессе варки дают более мутный отвар, а сваренные макароны получаются более клейкими. Поэтому такую муку целесообразно использовать в хлебопечении, например при приготовлении сдобного теста или высококачественных кулинарных изделий.

А для получения качественных макаронных изделий нужно использовать муку высшего и 1-го сорта, полученную из зерна твердой пшеницы.

В мукомольной промышленности Республики Беларусь на втором месте по объему производства стоит ржаная мука. Вырабатывается она одного типа – хлебопекарная и трех сортов – сеяная, обдирная и обойная. Сеяную и обдирную муку вырабатывают при сортовых помолах, а обойную – при разовых.

*Сеяная мука* – наиболее высокий по качеству сорт ржаной муки. Она состоит из тонкоизмельченного эндосперма (0,2 мм) с небольшой примесью оболочечных частиц (4 % от массы муки). Это белая мука с сероватым оттенком. Получают ее при односортном (выход – 63 %) и двухсортном (15 % сеяной и 65 % обдирной) помолах.

*Обдирная мука* состоит из частиц эндосперма и примерно 10 % периферийных частей зерна. Она крупнее сеяной, темнее (серовато-белый цвет). Выход ее при односортном помоле – 87 %, а при двухсортном – 65 %. В этом случае получают еще 15 % сеяной муки.

Обойную муку вырабатывают при обойном помоле путем измельчения всех частей зерна. Она имеет серый цвет, в ней заметны частицы оболочек. Получается при односортом 95%-м помоле.

Вырабатывается также ржано-пшеничная обойная мука (60 % ржи и 40 % пшеницы) с выходом 95 % и пшенично-ржаная (70 % пшеницы и 30 % ржи) с выходом 96 %.

Для получения муки применяют различные виды и типы помолов –совокупность связанных между собой в определенной последовательности технологических операций по переработке зерна в муку. Помолы бывают разовые и повторительные (рис. 8).

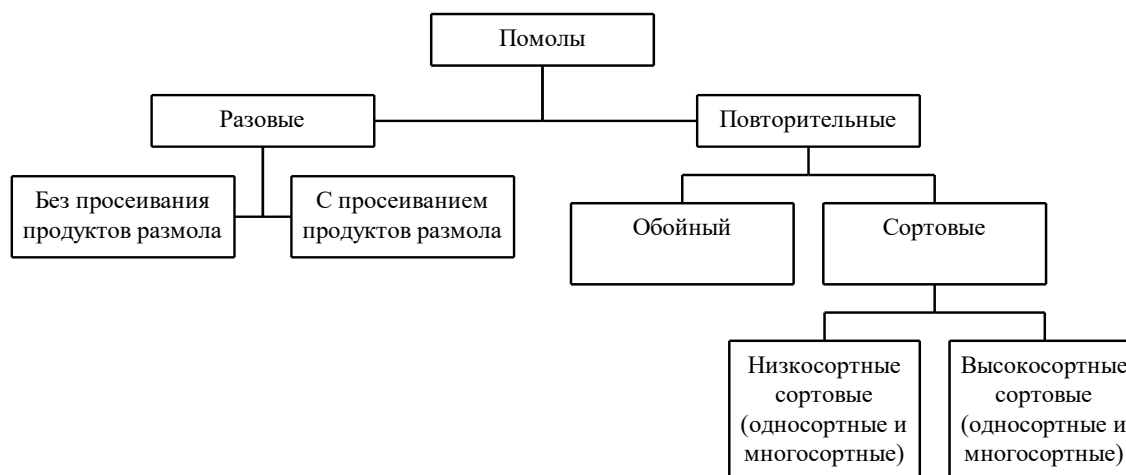


Рис. 8. Виды помолов

При разовом помоле муку получают путем однократного пропуска зерна через измельчающие механизмы. Так получают обойную муку. При повторительных помолах измельчение зерна и производство муки достигается его неоднократным пропуском через измельчающие машины. При этом получают более качественную сортовую муку. Повторительными или сортовыми помолами перерабатывают в основном зерно пшеницы.

**Технологический процесс** производства сортовой муки представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных операций, которые осуществляются на специализированном оборудовании (рис. 9) в несколько этапов.



Рис. 9. Оборудование современной мельницы

**Первый этап** – очистка зерна от примесей. Осуществляется в подготовительном отделении завода и включает очистку от сорных, зерновых и металломагнитных примесей, очистку поверхности зерна, его увлажнение и отволаживание. Очистка осуществляется на сепараторах (рабочие органы – сита, барабаны, магниты) и триерах (ячеистая поверхность). На зерноперерабатывающих предприятиях могут использоваться современные фотосепараторы, сканирующие поток зерна и удаляющие недоброкачественные зерновки струей воздуха.

После сепарирования проводится очистка поверхности зерна от минеральной пыли и микроорганизмов. Для этого применяют обоечные машины с абразивной поверхностью, щеточные (сухой способ очистки) и моечные машины (мокрый способ очистки). В обоечной машине (рис. 10, а) в результате удара зерновки об абразивную поверхность и трения происходит разрушение поверхностного слоя зерна. Благодаря многократному механическому воздействию на зерно с его поверхности стирается минеральная пыль, загрязнения, а также частицы плодовых оболочек. Но полностью удалить пыль, особенно органического происхождения, такой обработкой нельзя. Для этого используют щеточные машины (рис. 10, б).



Рис. 10. Оборудование для очистки поверхности зерна:  
а – обоечная машина; б – щеточная машина

Далее зерно подвергается гитротермической обработке (кондиционированию) – его увлажняют в моечных машинах до влажности 15...18 % и отволаживают (выдерживают) несколько часов (холодное кондиционирование). Кондиционирование может также производиться горячим и скоростным способом с пропариванием увлажненного зерна (в последнем случае под давлением), что сокращает время гидротермической обработки. Увлажнение и отволаживание улучшают физические и биохимические свойства зерна. Оболочки становятся более эластичными и легче отделяются от эндосперма.

**Второй этап** технологического процесса включает размол зерна. Измельчение зерна на мукомольных заводах представляет собой наиболее энергоемкий процесс. Мощность, потребляемая на измельчение зерна, составляет 50...80 % всей мощности, необходимой для ведения технологического процесса. От правильного построения процессов измельчения зависят рациональное использование сырья, качество получаемых продуктов, производительность измельчающих машин, удельная величина расхода энергии и себестоимость продукции.

Зерно из подготовительного отделения завода попадет в размольное, где сразу обрабатывается на вальцовых станках (рис. 11).

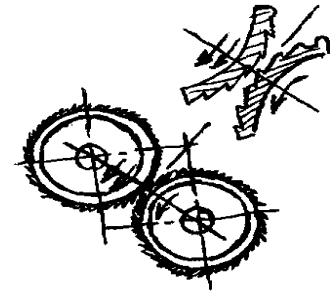


Рис. 11. Вальцовый станок

Рабочими органами вальцового станка являются два цилиндрических рифленых вальца, вращающихся с различными скоростями навстречу друг другу. Зерно или его части, попав в зону измельчения, подвергаются одновременно деформации сжатия вследствие постепенно уменьшающегося расстояния между поверхностями вальцов и сдвига в результате разности их скоростей. Такой характер воздействия рабочих органов вальцового станка на измельчаемое зерно обеспечивает в начале процесса разворачивание и раскалывание зерна на крупки, а в последующем – отделение эндосперма от оболочек и измельчение его крупных частиц на более мелкие фракции.

Процесс, при котором зерно постепенно разворачивается и из него выкрашиваются крупки, состоящие из эндосперма с оболочками, а эндосперм частично измельчается до состояния муки, называют *драным*. В этом процессе участвуют 4...6 систем вальцовых станков (1-я драная система, 2-я драная система и т. д.). Чем больше номер системы, тем меньше (мельче) нарезка рифлей у вальцов и тем меньше расстояние между вальцами.

При размоле получают следующие продукты: муку, крупки (мелкую, среднюю и крупную) и дунсты (среднее между мукой и мелкой крупкой). Для того чтобы в полученных продуктах частицы разделить по крупности, их пневмотранспортером направляют на просеивание в рассевы (рис. 12), где продукты группируют в отдельные потоки и в дальнейшем крупки домалывают на вальцовых станках, получая муку различного качества.

Для сортировки крупки по качеству применяются ситовые машины, после которых наиболее добротные крупки, содержащие эндосперм, направляются на домалывание в вальцовые станки.

Товарный продукт, именуемый манной крупой, представляет собой часть средних крупки после 2-й драной системы. Эти крупки после ситовых машин не домалывают, а направляют в склад готовой продукции. Вся мука, полученная с рабочих рассевов, поступает на контрольные рассевы. После контрольных рассевов муку направляют в склад готовой продукции.



Рис. 12. Рассевы

### 3.1.2. Технология производства круп

Крупа является вторым по значимости после муки продуктом питания. Крупу, так же как и муку, человек с незапамятных времен использует в пищу. Это обусловлено высокой питательностью и хорошей усвояемостью белков и углеводов зерна. Предпочтительнее крупы из гречихи, риса, овса и бобовых, поскольку их белки обладают повышенной биологической ценностью. При учете пищевой ценности крупы, как продукта повседневного потребления, принимается во внимание не только общее количество в ней белка, но и его качественный состав, т. е. содержание незаменимых аминокислот. По содержанию метионина, треонина и лизина первое место занимает крупа из гречихи, затем из риса, ячменя, проса и кукурузы. Все крупы богаты крахмалом. Наибольшее содержание углеводов отмечается у следующих видов круп: рисовой, кукурузной, перловой, манной, гречневой.

Крупа широко используется в домашнем хозяйстве и общественном питании для приготовления каш, супов и других кулинарных изделий, имеет большое значение в детском и диетическом питании и служит сырьем для производства пищевых концентратов и некоторых видов консервов. Особенно необходимы крупы в рационе питания детей. Физиологические нормы питания человека предусматривают включение в рацион питания 24...35 г различных круп ежедневно. Крупа пригодна для длительного хранения в обычных неохлажденных складах и для перевозки на дальние расстояния.

**Ассортимент крупы** весьма разнообразен, что объясняется использованием для их производства многих зерновых культур и применением различных способов механической и гидро-термической обработки. По виду крупы различают в зависимости от культуры, из зерна которой они получены (гречневая, рисовая, овсяная, ячневая, кукурузная, пшеничная и др.).

В зависимости от изменений в процессе обработки крупа может состоять только из эндосперма зерна или содержать зародыш, алейроновый слой, семенные и плодовые оболочки. Крупа может быть цельной, дробленой и плющеной. Цельная крупа бывает нешлифованной, шлифованной и полированной; дробленая – нешлифованной и шлифованной.

Крупа той или иной разновидности может подразделяться на более мелкие классификационные группы: сорта (по чистоте), номера (по размеру частиц), марки (в зависимости от типа зерна).

В настоящее время на крупозаводах перерабатывают зерно 8...10 крупяных культур. Три культуры – гречиху, просо и рис – называют собственно крупяными культурами, так как они используются в основном для производства крупы. Кроме того, крупу вырабатывают из зерна ячменя, овса, пшеницы, гороха, кукурузы.

На крупозаводах более широко вырабатываются следующие виды крупы (табл. 21).

Таблица 21. Ассортимент круп

Культура	Вид крупы
Гречиха	Ядрица первого и второго сортов, продел
Овес	Овсяная недробленая первого и второго сортов, овсяная дробленая, толокно, хлопья «Геркулес»
Ячмень	Перловая пяти номеров, ячневая трех номеров, ячменная плющеноя
Горох	Горох целый и колотый первого и второго сортов, горох полированный
Пшеница	Манная, «Полтавская», «Артек», булгур
Просо	Пшено шлифованное первого, второго и третьего сортов
Кукуруза	Крупа шлифованная пятиномерная, крупа крупная для хлопьев, крупа мелкая для палочек, воздушная кукуруза
Рис	Крупа шлифованная и полированная высшего, первого, второго и третьего сортов. Крупа дробленая, рисовые хлопья, рис воздушный

Крупы повышенной пищевой ценности представляют собой быстрорастворимые пресованные изделия. Для обогащения круп применяют обезжиренное сухое молоко, яичные продукты, бобовые продукты, витамины, минеральные и ароматические вещества. Крупы повышенной пищевой ценности применяются также в детском и диетическом питании.

**Качество крупы** и способы его определения нормируются стандартами. К обязательным показателям при оценке качества круп относятся сенсорные показатели: цвет, запах, вкус. Эти органолептические показатели характеризуют свежесть крупы. Она должна иметь нормальный запах, свойственный данному виду крупы, без затхлости, плесени и др. Вкус должен соответствовать вкусу нормальной крупы данного вида. Цвет крупы зависит от природных особенностей зерна перерабатываемой культуры. Поэтому в стандарте требования к цвету установлены в зависимости от вида крупы. Она должна быть однородной по окраске, свойственной данному виду. Не допускается присутствие в крупе вредителей. Влажность разных круп нормируется в пределах 12,0...15,5 %. Строго нормируется наличие в крупе минеральной, органической и металломагнитной примесей.

Доброкачественность ядра определяется минимальным содержанием желтых и битых ядер основной культуры, из которой получена крупа. В зависимости от доброкачественности ядра крупу делят на сорта.

Размер и состояние поверхности крупинки позволяют определить вид крупы и способы ее обработки (шлифованная, полированная). Выравненность крупы обеспечивает лучший товарный вид и более высокие потребительские свойства.

Для каждого вида крупы определяют кулинарные достоинства. Эта оценка включает определение цвета, вкуса и структуры сваренной каши, продолжительности варки и коэффициента разваримости, под которым понимают отношение объема каши к объему крупы, взятой для варки. В зависимости от вида культуры, сортовых особенностей и способов обработки коэффициент разваримости круп колеблется в следующих пределах: у овсяных – 3,3...4,1; гречихи – 3,2...4,0; пшеница – 4,0...5,2; риса – 4,3...5,2; перловых – 5,5...6,6.

Государственными стандартами нормируются показатели качества для каждого вида и сорта крупы.

**Технологический процесс** производства крупы можно разделить на два основных этапа: подготовка зерна и переработка его в крупу. Принципиальная технологическая схема производства крупы приведена на рис. 13.

**Очистка.** Отделение примесей, отличающихся от зерна размерами, производят на ситах. Примеси, отличающиеся от зерна по длине, выделяют в триерах. Триеры, выделяющие короткие примеси, называют куколетборниками, а выделяющие длинные – овсюгоотборниками. Размеры и форма ячеек триеров различны, и их подбирают для каждой культуры и каждой партии зерна. Примеси, отличающиеся от зерна по аэродинамическим свойствам, выделяют в воздушных сепараторах, аспираторах, пневмоаспираторах и др. Для выделения металломагнитных примесей применяют магнитные сепараторы со статическими магнитами и электромагнитами. Также используются фотосепараторы.

**Гидротермическая обработка.** Гидротермическая обработка (ГТО) зерна заключается в воздействии на него влагой и теплом. В результате такого воздействия происходит направленное изменение свойств составных частей зерна – ядра и оболочек. При применении рациональных способов и режимов ГТО оболочка легче отделяется от ядра, ядро меньше дробится, увеличивается выход крупы, улучшаются потребительские свойства (внешний вид, пищевые и вкусовые достоинства), повышается стойкость крупы при хранении.

Применяются в основном два способа гидротермической обработки. Первый способ заключается в пропаривании зерна, его кратковременном отволаживании, сушке и охлаждении. Этот способ используют при переработке гречихи, овса, гороха. Второй способ включает увлажнение зерна с последующим отволаживанием. Он применяется для пшеницы и кукурузы.

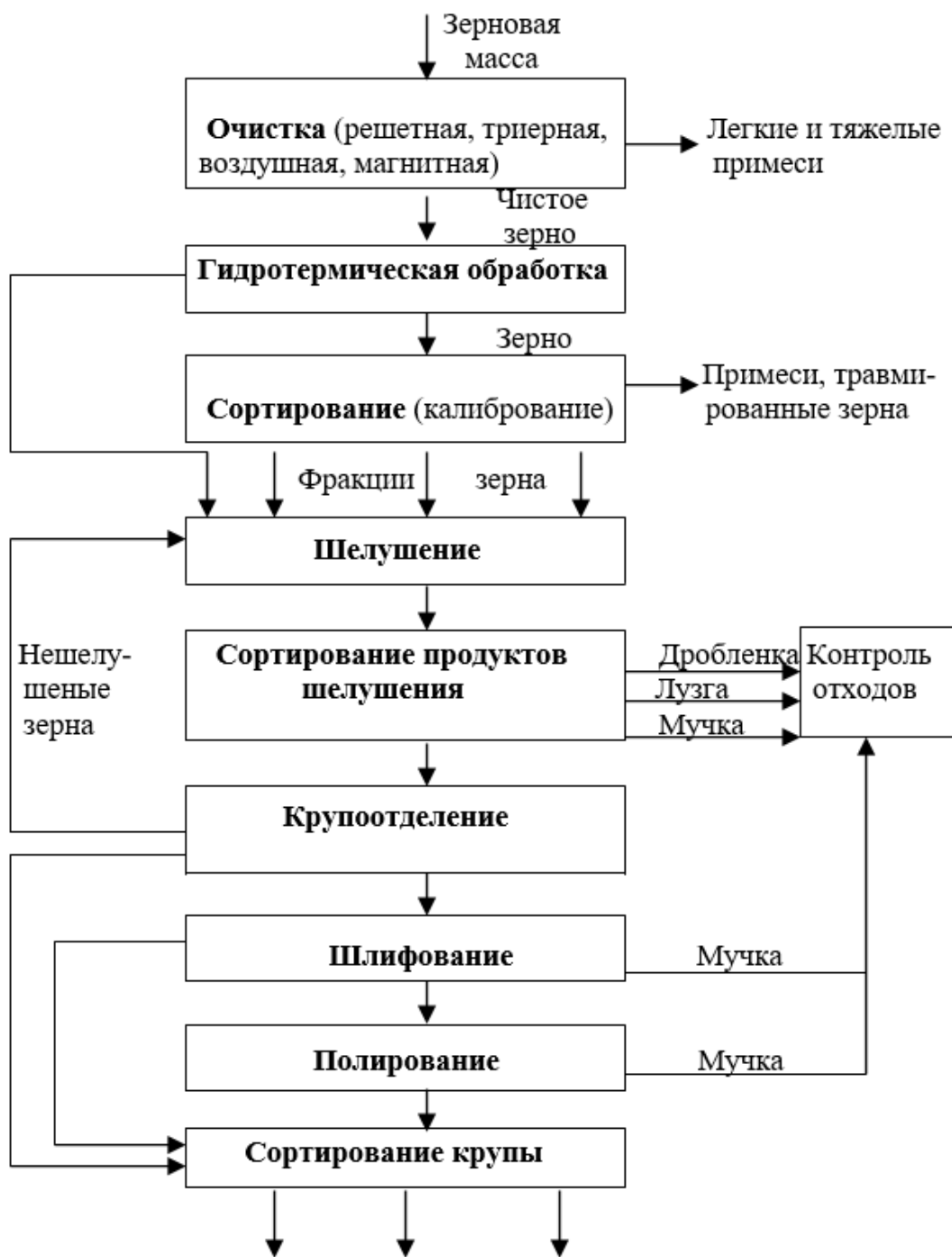


Рис. 13. Технологическая схема переработки зерна в крупу

На рис. 14 представлены примеры оборудования для ГТО. Гидротермическая обработка зерна является важнейшим средством улучшения его технологических свойств, обеспечивает повышение выхода крупы и ее качества, уменьшение выхода дробленой крупы и побочных продуктов. Параметры ГТО зависят от вида зерна, способов шелушения и ассортимента выпускаемой продукции.

**Сортирование (калибрование) зерна** на фракции перед шелушением способствует лучшему проведению данной операции. Калибрование зерна особенно эффективно, когда его шелушат в машинах между двумя твердыми поверхностями. Расстояние между этими поверхностями устанавливают в соответствии с размерами откалиброванных зерен. Оно должно быть меньше размеров зерна, но больше размеров ядра. Сортирование способствует также дополнительному отделению примесей.

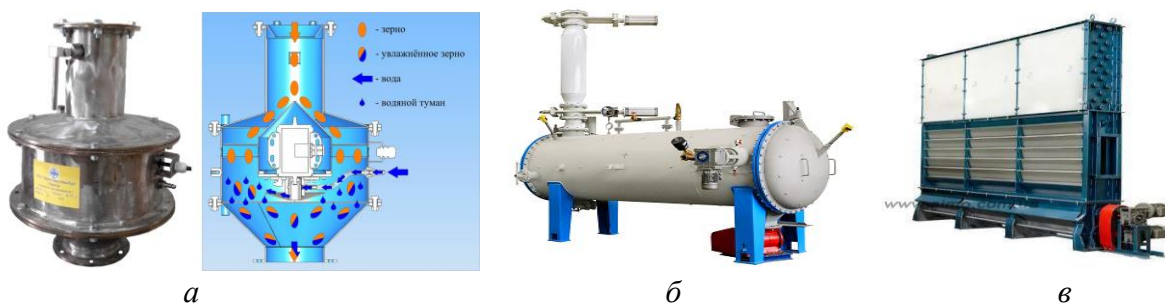


Рис. 14. Оборудование для ГТО:  
*а* – центробежный увлажнитель; *б* – пропариватель; *в* – сушилка

**Шелушение** является основной операцией, от эффективности которой в значительной степени зависит выход и качество крупы. Сущность данного процесса заключается в отделении наружных оболочек (цветковых, плодовых и семенных) от ядра. В связи с большим разнообразием свойств зерна различных культур применяют разные способы шелушения. Выбор способа шелушения зависит от нескольких факторов: прочности связи оболочки с ядром (прочная – оболочка срослась с ядром, непрочная – оболочки с ядром не срослись), прочности ядра, ассортимента выпускаемой крупы (целая, дробленая).

В современных шелушильных машинах используются следующие способы шелушения: сжатие и сдвиг, однократный или многократный удар, продолжительное истирание (соскабливание) оболочек. Для шелушения зерна применяют следующие шелушильные машины: шелушильные поставы, вальцедековые станки, шелушители с обрезаемыми валками, бичевые и обочные машины, центробежные шелушители, шелушители типа ЗШН (рис. 15).

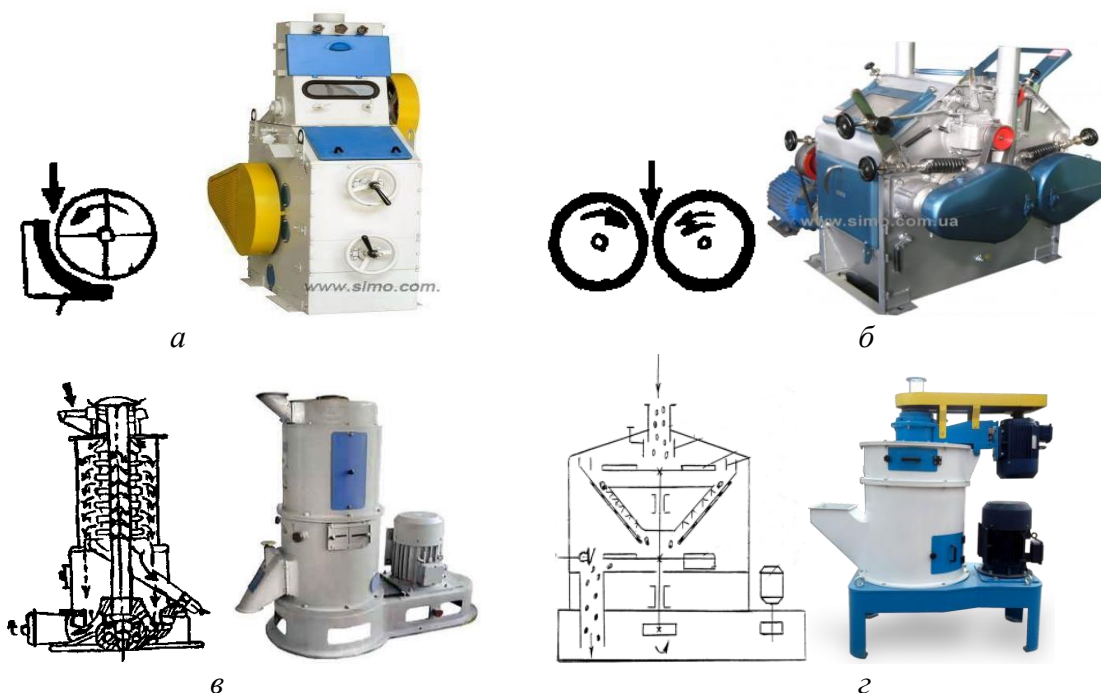


Рис. 15. Типы оборудования для шелушения зерна:  
*а* – вальцедековый станок; *б* – вальцовый станок с резиновыми валками;  
*в* – шелушитель ЗШН; *г* – центробежный шелушитель

Сжатие и сдвиг эффективны для зерна, у которого оболочки не срослись с ядром (рис, гречиха, просо, овес). По этому принципу работают вальцедековые станки, шелушильные

поставка, шелушители с обрешиненными валками.

Шелушение путем удара применяется в тех случаях, когда зерно имеет нехрупкое ядро (овес). При ударе оболочки раскалываются и ядро освобождается. Если же оболочки плотно срослись с ядром, то в результате многочисленных ударов, сопровождающихся трением зерна об ударяющую поверхность, оболочки постепенно скалываются. Кроме того, многократный удар можно применять для шелушения зерна, у которого оболочки не срослись с ядром, и для шелушения зерна, у которого оболочки срослись с ядром, но при его переработке получают дробленую крупу (из ячменя, пшеницы, кукурузы). На принципе многократного удара основана работа бичевых обоечных машин, однократного – центробежного шелушителя.

Продолжительным истиранием шелушится зерно тех культур, у которых оболочки плотно срослись с ядром (ячмень, горох, кукуруза, пшеница). При шелушении этим способом наблюдается меньшее дробление, чем при шелушении многократным ударом. По этому принципу работают вертикальные шелушильно-шлифовочные машины типа ЗШН.

**Сортирование** проводится на просеивающих машинах для отделения муки и дробленки, на воздушных сепараторах для отделения лузги, на машинах для разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен (крупотделения) (рис. 16).



Рис. 16. Оборудование для сортирования: а – центробежный просеиватель; б – рассев; в – ситовечная машина; г – сортировочная машина

**Шлифование** крупы. После шелушения на поверхности ядра еще остаются частички плодовых и семенных оболочек, алейронового слоя, которые содержат значительное количество клетчатки и минеральных веществ. Некоторые оболочки имеют разную окраску, что придает ядру нетоварный вид. Неудаленный зародыш содержит большое количество жира, что способствует быстрой порче крупы. Поэтому зародыш необходимо удалить.

Ядро шлифуют на специальных шлифовальных машинах либо используют для этой цели некоторые шелушильные машины. Принцип действия большинства машин заключается в интенсивном трении зерна о движущиеся абразивные или другие поверхности, а также во взаимном интенсивном трении ядер.

**Полирование** крупы. Проводится с целью улучшения ее товарного вида. При полировании удаляется оставшаяся на поверхности мучка, заглаживаются царапины, большая часть крупинок приобретает сферическую форму. Эта операция осуществляется либо на специальных полировальных машинах, либо на шлифовальных.

В технологии производства некоторых видов крупы применяют *дробление*. Высокую эффективность дробления достигают лишь при измельчении ядра с хрупким эндоспермом.

**Контроль крупы** проводится с целью выделения из нее оставшихся примесей, разделения крупы по номерам и видам (целой, дробленой). Схема включает просеивающие машины, воздушные сепараторы, магнитные сепараторы. Дробленую номерную крупу подразделяют на 3...5 номеров, отличающихся друг от друга крупностью.

### 3.1.3. Технология производства хлеба

Хлеб является важнейшим продуктом питания человека. Ежедневная норма потребления хлебопродуктов взрослым человеком колеблется от 300 до 500 г и зависит от национальных особенностей, характера труда, экономического положения и других причин. В Беларуси потребление хлебопродуктов на одного человека составляет 150...160 кг в год, что превышает рекомендуемые нормы (102 кг в год на человека).

Хлебобулочные изделия делят на следующие основные группы: хлеб из ржаной муки различных выходов, хлеб из пшеничной муки различных выходов, хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки, булочные и сдобные изделия, бараночные изделия, сухари и т. д. Хлебом называют изделия массой более 500 г; булочными изделиями – массой 500 г и менее, выпекаемые из пшеничной муки; мелкоштучными булочными изделиями – массой 200 г и менее.

**Сырье**, используемое в хлебопечении, делят на две группы: основное и дополнительное. К основному сырью относят муку, воду, дрожжи или закваски, соль. Дополнительное сырье вводится в рецептуру для повышения пищевых достоинств хлеба: молоко, сахар, яйца и яйцепродукты, маргарин, растительное и животное масло, крахмальная патока, мед, орехи, пищевые кислоты, пряности, желирующие вещества и др.

**Мука.** Широко в хлебопечении используется мука пшеничная и ржаная всех сортов. В последнее время все шире используется тритикалевая мука. Иногда в виде добавки применяется кукурузная. Белки кукурузной муки не образуют клейковины, поэтому при ее добавлении отмечается уменьшение объемного выхода хлеба.

Пшеничная мука наиболее широко используется в хлебопечении. Хлебопекарные свойства муки определяются крупностью помола, количеством и качеством клейковины, газоудерживающей и водопоглощительной способностями, цветом и другими факторами.

Ржаная мука отличается от пшеничной по составу и свойствам. В ржаной муке выше активность амилолитических ферментов, крахмал легче расщепляется и имеет более низкую температуру клейстеризации, чем крахмал пшеничной муки. В ней содержится больше сахара, поэтому газообразующая способность ржаной муки достаточно высокая. Нередко способность расщепления крахмала ферментами в ржаной муке так велика, что в хлебе накапливается очень много декстринов. Мякиш становится липким, заминающимся, неэластичным.

Хлеб из муки тритикале по содержанию незаменимых аминокислот лучше, чем хлеб из пшеничной муки 1-го и 2-го сортов, но несколько уступает ржаному хлебу.

**Вода**, применяемая для приготовления теста, должна отвечать требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Санитарная пригодность воды для пищевых целей устанавливается по наличию в ней общего количества микроорганизмов и отдельно кишечной палочки. Повышенная жесткость воды, применяемой в хлебопечении, не является недостатком, так как жесткая вода благоприятно влияет на физические свойства теста, укрепляя консистенцию.

**Хлебопекарные дрожжи.** При приготовлении теста основными разрыхлителями являются дрожжи. Дрожжевые клетки выделяют диоксид углерода, насыщают им тесто и в результате создающегося давления газа разрыхляют его. В хлебопекарном производстве используются прессованные и сухие дрожжи. Подъемная сила дрожжей характеризуется временем подъема

теста до 70 мм. Этот промежуток времени должен быть не более: для прессованных дрожжей – 75 мин, для сушеных в зависимости от сорта – 70...90 мин.

Для приготовления ржаного хлеба используют *закваски*, представляющие собой комплекс молочнокислых бактерий, дрожжей и других микроорганизмов.

*Поваренная соль* подразделяется на четыре сорта: экстра, высший, первый и второй. Соль не только придает вкус хлебу. Она улучшает коллоидные свойства теста, повышает температуру клейстеризации крахмала.

*Сахаристые и крахмалистые вещества* используются с целью повышения пищевых достоинств хлеба. В хлебопекарном производстве применяются сахар, крахмал (картофельный и кукурузный), патока, натуральный мед.

*Жиры* животного и растительного происхождения применяются для повышения энергетической ценности хлебобулочных изделий. Наиболее широко применяются коровье масло, растительные масла (рапсовое, подсолнечное, горчичное), кондитерские и кулинарные жиры, маргарин.

*Яйца и яичные продукты* повышают энергетическую ценность, содержание белка и витаминов. В рецептурах хлебопекарного производства используют куриные яйца, мороженые яичные продукты (яичный меланж мороженный, яичный желток и яичный белок мороженные), яичный порошок.

*Молоко и молочные продукты* повышают энергетическую ценность и вкусовые качества хлебобулочных изделий. В производстве используется молоко, пастеризованное молоко, цельное сгущенное молоко с сахаром, стерилизованное молоко в банках, нежирное сгущенное молоко с сахаром, сухое цельное коровье молоко, сливки из коровьего молока, сгущенные сливки с сахаром, сливки сухие и сухие с сахаром, сметана, творог, молочная сыворотка, свежая пахта.

*Фруктово-ягодное сырье* (повидло, варенье, джем, цукаты, изюм) используется при выработке кондитерских изделий, булочек, батонов и др.

*Пищевые кислоты* (лимонная, виннокаменная и молочная) определяют вкусовые качества хлебобулочных изделий.

*Пряности* используют с целью придания изделиям определенных вкусовых свойств, аромата, окраски корок и мякиша (мак, тмин, анис, кориандр, мускатный орех, корица, шафран, кунжут, гвоздика, кардамон, ванилин или ванильный сахар и т. д.).

В зависимости от рецептуры при выпечке определенных сортов хлебобулочных изделий могут использоваться желирующие вещества (пищевой желатин, агар), пищевые красители (шафран, кармин, эпокраситель, каротин, хлорофилл и др.), пищевой фосфатидный концентрат, заменители сахара (ксилит, сорбит), химические разрыхлители (углекислый аммоний для пищевых целей, двууглекислый натрий). Для повышения пищевой ценности в хлеб добавляют пшеничные зародыши, в белке которых содержится много незаменимых аминокислот.

Ассортимент хлебобулочных изделий, вырабатываемых в республике, составляет несколько сотен наименований. Это объясняется тем, что хлебобулочные изделия вырабатывают из муки разных выходов и сортов по различным рецептурам и с применением разных технологий. В последнее время во многих странах разрабатываются технологии и расширяется ассортимент с целью придания хлебу лечебных и профилактических свойств.

**Технологический процесс** производства хлеба можно разделить на три этапа: подготовка, дозирование сырья и приготовление теста; обработка и расстойка теста; выпечка (рис. 17).

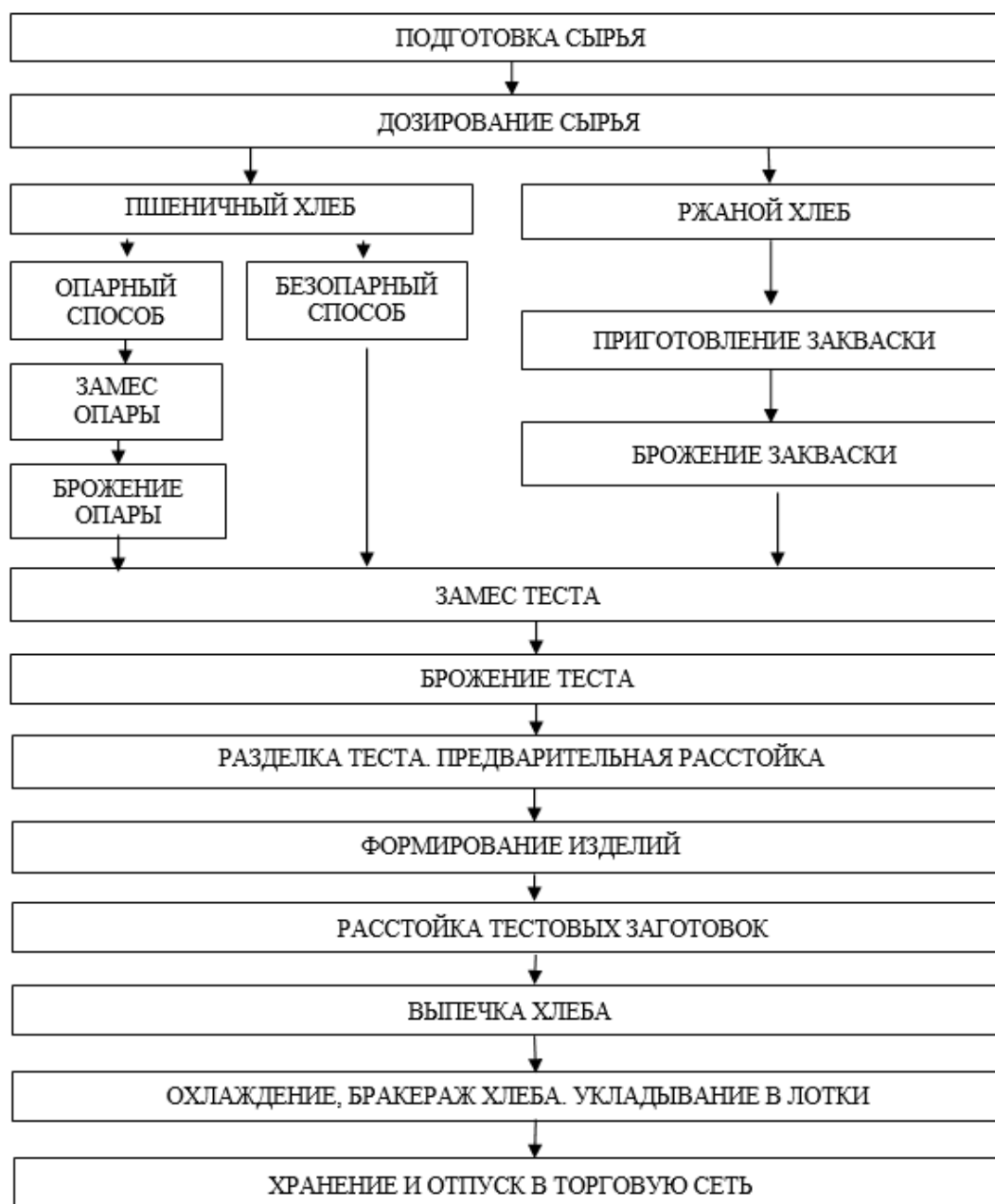


Рис. 17. Технологическая схема производства хлеба

Необходимое количество компонентов для образования теста в хлебопечении исчисляют на 100 кг муки. Способ *приготовления теста* выбирают в зависимости от вида и сорта перерабатываемой муки, ее хлебопекарных свойств, метода разрыхления, применяемого оборудования. Наиболее широкое распространение получили два способа приготовления теста из пшеничной муки: безопарный и опарный.

При *безопарном* способе приготовления теста все количество муки, воды, дрожжей, соли и другого сырья, необходимого по рецептуре, вносится и замешивается одновременно (рис. 18). В результате замеса получают тесто густой консистенции. В связи с тем, что тесто густое и в нем находится вся норма соли, развитие дрожжей происходит в менее благоприятных условиях, и поэтому их вводят больше – обычно 1,5 %. Продолжительность брожения составляет 3,0...3,5 ч. Этот способ приготовления теста применяют при переработке муки высшего и 1-го сортов, изделия из которых должны иметь низкую кислотность.



Рис. 18. Замес теста

*Опарный* способ приготовления теста состоит из двух фаз. Сначала замешивается опара из части муки (25...70 %), воды и всего количества дрожжей, которая бродит 3...5 ч. Затем на опаре замешивается тесто, добавляется остальное сырье. Тесто бродит 0,5...2,5 ч. В связи с тем что у опары более жидкая консистенция, дрожжей требуется в 2 раза меньше.

Тесто, получаемое опарным и безопарным способами, существенно различается по своим свойствам. Опарное тесто бродит дольше и имеет большую гидрофильность. Вязкость его меньше, упругость и прочность больше. Хлеб, получаемый из опарного теста, отличается лучшей пористостью мякиша и структурой пор, корки хлеба лучше окрашены и гладкие. Недостатки: требуется больше оборудования, потери сухого вещества муки больше, что уменьшает выход хлеба на 0,5 %.

Одним из основных факторов, позволяющих регулировать скорость брожения, является температура. Тесто обычно готовится в диапазоне температур 26...32 °С.

В ржаном тесте отсутствует клейковинный каркас, понижена газодерживающая способность. Поэтому ржаное тесто не обладает упругостью и легко расплывается, а во время выпечки накапливающиеся в большом количестве декстрины могут делать мякиш липким и влажным. Только многоступенчатое приготовление ржаного теста с многократным добавлением порций муки, с длительным сроком брожения позволяет повысить его газодерживающую способность и формоустойчивость. Для торможения действия ферментов и улучшения физических свойств теста ржаной хлеб вырабатывают с повышенной кислотностью – на *заквасках*. Общее время приготовления ржаного теста составляет 10...12 ч и более.

**Обработка теста** начинается еще в период брожения. Скапливающийся во время брожения диоксид углерода распределяется по тесту неравномерно, образуя крупные пузыри. Для лучшего разрыхления всей массы теста и его аэрации во время брожения проводят одно-два перемешивания (обминки). Выбродившее тесто разделяют на куски. В процессе округления, закатки и формования тесту придается необходимая форма.

**Расстойка теста.** При малой ее продолжительности тесто с хорошей газодерживающей способностью не достигает нужного объема. Передержка теста приводит к его опаданию, если не во время расстойки, то при выпечке. Предварительная расстойка заключается в выдержке теста в течение 3...5 мин, при которой тесто после механического воздействия снова становится однородным. Окончательная расстойка проводится перед подачей в печь. В тесте в это время продолжается брожение, тесто увеличивается в объеме. Предварительная расстойка проводится при температуре 30...32 °С, окончательная – 35...40 °С. Продолжительность расстойки колеблется в пределах 25...120 мин (рис. 19).



Рис. 19. Расстоечный шкаф

**Выпечка** является заключительным этапом приготовления хлеба. Выпекают хлеб на поду и в формах. Для смазывания хлебных форм обычно применяют растительное масло. В зависимости от вида изделий выпечку ведут при температуре 220...280 °С. Если температура пекарной камеры недостаточна, то тесто прогревается медленно, образуются малопористые или беспористые участки мякиша, изменяется форма хлеба, корка остается бледной. При избыточной температуре возможно быстрое образование влагонепроницаемой корки и отрыв ее от остальной части теста. В результате корка пригорает, а мякиш деформируется.

Продолжительность выпечки меньше при переработке пшеничной муки, при более слабой консистенции теста, меньшей массе, выпечке на поду, а также при более высокой температуре и относительной влажности среды в пекарной камере. Средняя продолжительность выпечки мелкоштучных изделий составляет 8...12 мин, пшеничных батонов массой 0,5 кг – 15...20 мин, хлеба массой 1 кг – 50...60 мин. При выпечке хлебобулочных изделий отмечается некоторая потеря массы – упек (6...14 %).

После выемки хлеба из печи (рис. 20) влажность корки в течение 1...1,5 ч повышается до 12 %, а влажность мякиша после охлаждения становится меньше влажности теста на 0,5...1,5 %. Чтобы уменьшить величину усушки и предотвратить заболевание хлеба картофельной болезнью, необходимо как можно быстрее охладить его на стеллажах до температуры 20...25 °С. Остывание хлеба сопровождается усушкой (2...4 %).



Рис. 20. Хлеб на выходе из печи

Под выходом хлеба понимают массу готовых изделий, выраженную в процентах, к массе израсходованной муки. Выход хлеба нормирован для каждого сорта и колеблется в значительных пределах – 120...150 % и более.

### 3.1.4. Технология производства комбикормов

В организации кормления сельскохозяйственных животных и птицы исключительно важное значение имеют комбикорма. Эффективное ведение современного животноводства невозможно без использования концентратов. Это связано и с тем, что производство кормового зерна в Республике Беларусь базируется на абсолютном доминировании злаковых культур, зерно которых плохо сбалансировано по переваримому белку. На кормовую единицу его приходится не более 85, а в большинстве случаев – 60...70 г переваримого белка при минимальном физиологически обоснованном уровне 105 г. При недостатке в одной кормовой единице 1 г переваримого белка до нормы перерасход кормов составляет 1,5...2,0 %, или при ежегодном использовании в республике на кормовые цели небогатых белком 3 млн. т зерна – около 1 млн. т. Следовательно, именно массовое потребление несбалансированного по белку кормового зерна в наибольшей мере постоянно определяет его дефицит и побуждает к импорту.

Комбикорма представляют собой сложную однородную смесь различных кормовых средств, предварительно очищенных, измельченных до определенной крупности и подобранных по научно обоснованным рецептам для наиболее эффективного использования животными питательных веществ. Полноценные комбикорма позволяют экономить дефицитные белковые корма, лучше использовать питательные вещества в основных рационах животных, механизировать основные процессы раздачи кормов, уменьшить затраты труда на производство продукции.

Комбикорма вырабатывают с учетом вида и возраста животных по утвержденным рецептам. Нумерация рецептов имеет два числа (первое означает вид и группу животных, второе – порядковый номер рецепта). Рецепты (по первому числу) от 1 до 9 предназначены для кур, от 10 до 19 – для индеек, 20...29 – для уток, 30...39 – для гусей, 40...49 – для других видов птицы, 50...59 – для свиней, 60...69 – для крупного рогатого скота, 70...79 – для лошадей, 80...89 – для овец, 90...99 – для нутрий и кроликов, 100...109 – для пушных зверей, 110...119 – для рыбы, 120...129 – для лабораторных животных.

По назначению различают полнорационные комбикорма, комбикорма-концентраты, кормовые смеси, белково-витаминные добавки, премиксы, карбамидные концентраты.

*Полнорационные* комбикорма полностью обеспечивают потребность определенного вида животных во всех питательных веществах. Их скармливают без добавления других кормов.

*Комбикорма-концентраты* содержат повышенное количество сырого протеина, минеральных веществ и микродобавок. Комбикорма-концентраты предназначены для приготовления кормовых смесей совместно с зерновыми, сочными и грубыми кормами.

*Кормовые смеси* представляют собой однородный продукт, состоящий из кормовых средств, который не содержит полного набора питательных веществ для животных.

*Белково-витаминные добавки (БВД)* – это однородные смеси измельченных до необходимой крупности высокобелковых кормовых средств, микродобавок и витаминов. Они предназначены для производства комбикормов непосредственно в хозяйствах на основе собственного зернового сырья. Их вводят в состав основной зернофуражной смеси в количестве от 5 до 30 % по массе.

*Карбамидный концентрат* содержит около 60 % протеина. Его производят путем смешивания 75...85 % дробленого зерна (кукурузы, ячменя и др.) с 10...25 % карбамида и 5 % бентонита. В прессэкструдере под воздействием высоких температур (135...160 °С) карбамид плавится и обволакивается желатинизированным крахмалом зерна.

*Премиксы* представляют собой однородную смесь измельченных до необходимого размера биологически активных веществ (витаминов, микроэлементов, антибиотиков и т. п.),

обеспечивающих наиболее полную усвояемость питательных веществ, устойчивость животных к заболеваниям, высокое качество получаемых продуктов питания.

*Заменители цельного молока (ЗЦМ)* – это специальные кормосмеси, приготовленные из высококачественных продуктов: сухого обезжиренного молока, сухой молочной сыворотки, животных и кулинарных жиров, растительных масел, витаминных и вкусовых добавок, применение которых позволяет частично или полностью заменять цельное молоко при выращивании телят, поросят и ягнят.

**Сырьем** для производства комбикормов являются ингредиенты растительного и животного происхождения, минеральные составляющие, отходы перерабатывающих производств, продукты химической и микробиологической промышленности. Основным продуктом для производства комбикормов (до 80 %) является растительное сырье.

#### ***Сырье растительного происхождения.***

К сильным кормам относятся семена зерновых и зернобобовых культур.

*Ячмень.* Используется для кормления всех видов животных и птицы. В 100 кг зерна содержится около 120 к. ед. и 10 кг переваримого протеина. По полноценности протеина, поедаемости, продуктивному действию зерно ячменя превосходит зерно пшеницы.

*Овес.* Отличается от ячменя меньшей энергетической ценностью (100 кг содержит 100 к. ед.). Зерно овса содержит 9...11 % белка. Хорошие результаты получают при введении овса в состав комбикормов в количестве 25...30 % от массы зерновых компонентов в комбикорме. Овес считается особенно желательным компонентом рационов для молодняка, племенных производителей, молочных коров и птицы.

*Пшеница.* В отличие от других злаков содержит больше белка. Она хороший ингредиент комбикормов для животных и птицы всех видов. Для производства комбикормов обычно используется пшеница с пониженными хлебопекарными свойствами, а также не отвечающая требованиям стандарта на продовольственное зерно по засоренности. В 100 кг зерна содержится в среднем 116 к. ед., 14 % сырого протеина. В состав комбикормов ее обычно включают в количестве до 70 % от массы зерновых компонентов.

*Рожь.* Зерно ржи сходно с зерном пшеницы, но отличается от всех других видов зернового сырья более низкими вкусовыми качествами. Содержит около 12 % белка. В состав комбикормов рожь вводят в количестве 7...15 %. Она хороший ингредиент комбикормов для свиней, птиц, рыб. Однако наличие в зерне ржи большого количества сильно набухающих слизей ограничивает ввод ее в комбикорма, так как набухающие продукты могут вызвать расстройство пищеварения у животных.

*Тритикале.* По сравнению с другими хлебными злаками содержит больше белка (15...16 %) с лучшим аминокислотным составом.

*Кукуруза.* Как источник энергии она превосходит все зерновые корма, но отличается от них наименьшим содержанием сырого протеина. В 100 кг зерна содержится 134 к. ед. и 8 кг переваримого протеина. Зерно кукурузы в комбикорма включают в количестве до 70 % от массы зерновых компонентов.

*Просо.* По питательной ценности зерно этой культуры приближается к зерну овса. В основном используется в комбикормах для птицы. Можно также включать в состав комбикормов для свиней и крупного рогатого скота в пределах 15...20 % зерновой смеси.

*Горох* является отличным и наиболее распространенным компонентом комбикормов. В 100 кг зерна содержится 110 к. ед. и 22 кг сырого протеина. Содержание белков в горохе в 2...3 раза выше, чем у хлебных злаков. Вводят горох в комбикорма до 25 % по массе для свиней и до 10 % – для крупного рогатого скота и птицы.

*Люпин кормовой.* В 100 кг зерна содержится около 110 к. ед. Зерно люпина богато протеином (35...40 %). В кормовых сортах люпина количество алкалоидов минимально (до 0,025 %).

*Вика и кормовые бобы.* По химическому составу и питательности близки к гороху. Они занимают незначительный удельный вес в кормовом балансе хозяйств.

*Грубые корма* (сено, солома, стержни початков кукурузы и др.). Используются при производстве полнорационных комбикормов для жвачных животных, лошадей.

### ***Сырье животного происхождения.***

Корма животного происхождения – очень ценные и в то же время наиболее дефицитные кормовые средства. Они характеризуются высоким содержанием биологически полноценного белка, в состав которого в значительном количестве входят лизин и метионин. Кроме того, они содержат фосфор, кальций, витамины, особенно группы А и D. Используются прежде всего в рационах свиней и птицы.

*Мука рыбная.* Является ценным компонентом кормов для всех возрастных групп свиней и птицы, но в первую очередь ее используют в рационах молодняка и воспроизводящего поголовья (3...12 %).

*Мясо-костная мука.* Производится из непригодных в пищу туш животных и другого мясного сырья. Муку целесообразно использовать для взрослых животных, растущего молодняка свиней с двух-трехмесячного возраста и птицы. Нормы ввода мясо-костной муки в комбикорма изменяются в зависимости от вида животных и птицы в пределах 8...15 %.

*Мясная мука.* Вырабатывается из внутренних органов животных, мясных отходов, отходов мясоконсервного производства. Нормы ввода ее в комбикорма те же, что и для мясо-костной муки.

*Мука костная.* В комбикорм ее вводят до 1 %.

*Мука кровяная.* Изготавливается из крови, фибрина и костей. Норма ввода ее в комбикорма – 7...8 %. Вводится в рационы свиней.

*Сухой обрат.* Получают на молокозаводах на специальном оборудовании. Вводят в комбикорма для молодняка животных и птицы (до 10 %).

*Казеин.* Используется в комбикормах для молодняка животных и птицы. Он содержит до 70 % полноценного белка. Норма ввода – до 10 %.

### ***Сырье минерального происхождения.***

*Поваренная соль.* Используют для выравнивания в комбикормах необходимого соотношения между натрием и калием. Соль вводится во все виды комбикормов в количестве до 1 % для животных и 0,3...0,5 % для птицы.

*Мел* (известняк, мука ракушечная, тривертины). Необходим для обогащения комбикормов кальцием и регулирования соотношения между кальцием и фтором. Вводят в комбикорма в размолотом виде не более 2 %, для поросят – до 1 %.

*Сапропель.* Содержит органического вещества до 26 %, золы – 42 %, протеина – до 6 %, а также кальций, фосфор, кобальт, марганец, медь, молибден, бор, цинк, йод, бром. Использовать сапропель лучше в свежем виде.

### ***Кормовые и побочные продукты перерабатывающих производств.***

*Отруби.* Представляют собой частицы оболочек зерна с примесью муки и зародышей. Норма ввода пшеничных отрубей в комбикорма для крупного рогатого скота и лошадей составляет 40...60 %, для свиней и птицы – 10...30 %. Ржаные отруби вводят в комбикорма в количестве 10...30 %.

*Кормовые мучки.* В состав мучки входят частицы плодовых и семенных оболочек, зародыша, ядра зерна. По химическому составу кормовая мучка приближается к зерну. Кормовые мучки включаются в комбикорма для всех видов животных и птицы, за исключением гречневой (только для коров и птицы).

*Мельничная пыль* (белая и серая). Белая лучше по качеству и содержит меньше примесей. Ее используют в комбикормах для крупного рогатого скота и свиней на откорме. Норма ввода ее в комбикорма – 5...10 %.

*Жмыхи и шроты.* Это высокобелковые кормовые продукты, получаемые при переработке масличных культур – подсолнечника, сои, рапса, льна и др. Жмыхи получают после механического (на прессах) выдавливания масла из семян, шроты – после его экстракции органическими растворителями (бензином, гексаном).

*Свекловичный жом.* Получают при переработке сахарной свеклы на сахар. Он представляет собой высоложенную стружку. В комбикормах используется сухой жом. Перед введением в комбикорма жом размалывают.

*Кормовая патока (меласса).* Это углеводистый корм, который содержит около 50 % сахара и 10 % азотистых веществ. Она представляет собой густую вязкую жидкость темного цвета и содержит соли калия, в большом количестве микроэлемент кобальт. Ее вводят в комбикорма для крупного рогатого скота в количестве 7...10 %, для свиноматок и птицы – до 5 %.

*Мезга.* Это побочный продукт при производстве крахмала. После вымывания крахмала из измельченного зерна кукурузы, пшеницы, риса, клубней картофеля оставшиеся отходы используются на корм скоту. Это углеводистый корм.

*Барда.* Это отход спиртового производства, содержащий до 95 % воды.

*Пивная дробина.* Побочный продукт пивоваренного производства. В ней содержатся оболочки и частицы ядра зерна, много безазотистых экстрактивных веществ, почти весь жир и белок, имеющийся в ячмене. Пивную дробину вводят в комбикорма в количестве 5...10 % для взрослых свиней и 20...25 % – для коров и молодняка крупного рогатого скота.

*Солодовые ростки.* Это отходы пивоваренной промышленности, полученные путем отделения ростков от пророщенного и высушенного зерна. Ростки имеют горьковатый привкус, поэтому вводятся в комбикорма в небольших количествах – 3...5 %.

*Кормовые дрожжи* – это высокоценный витаминный корм, 100 кг кормовых дрожжей эквивалентно 100 к. ед. и содержит около 40 кг переваримого протеина. Они включаются в комбикорма для всех видов животных и птицы в количестве до 5 %.

*Карбамид.* Вещество белого цвета с содержанием азота до 46 %. По азоту 1 кг карбамида эквивалентен 2,6 кг протеина. Однако карбамид усваивается хорошо в том случае, когда содержание протеина в комбикормах не превышает 10...12 %. Он добавляется в комбикорма для жвачных животных.

*Микроэлементы.* Их используют в виде различных солей в небольших количествах. Они играют важную роль в обменных функциях организма.

*Витамины.* Недостающую потребность животных в витаминах, которые они не получают с различными кормами, восполняют путем введения в комбикорм витаминных кормовых добавок в виде БВД, премиксов или чистых витаминных препаратов.

*Антибиотики.* Вещества, которые подавляют рост и развитие микроорганизмов. К кормовым антибиотикам относятся тетрациклины, бацитрацины, витаминин, гризин.

*Аминокислоты.* Они необходимы организму не только как структурный материал, но исключительно велика их роль в биосинтезе физиологически активных веществ.

Наряду с вышеназванными группами веществ в комбикорма в небольших количествах могут включаться ферменты, гормоны, антиокислители и другие препараты.

#### **Технологическая схема производства.**

Общая технологическая схема производства комбикормов зависит от числа линий, конструкции оборудования, программы производства. Существуют следующие основные технологические схемы:

- с полным циклом производства, включающим прием, хранение, подготовку, дозирование, смешивание ингредиентов, обогащение комбикормов микроэлементами, витаминами и антибиотиками, гранулирование, хранение, т. е. выпуск полнорационных комбикормов;

- с циклом, обеспечивающим прием и хранение местного сырья, его подготовку, дозирование и смешивание с привозными БВД и премиксами. Такая схема производства наиболее перспективна в настоящее время;

- предназначенные для производства кормовых смесей, которые затем используются в качестве дополнителей к основному рациону животных.

Общая технологическая схема производства комбикорма приведена на рис. 21.



**Дозирование** относится к одной из главных технологических операций по производству комбикормов. Существуют два способа дозирования: объемный и весовой. Второй способ более точный, чем первый, и позволяет полностью автоматизировать процесс дозирования.

**Смешивание** проводится с целью получения комбикормов, однородных по составу. На комбикормовых предприятиях применяют смесители непрерывного (при объемном дозировании) и периодического действия (при весовом дозировании).

Меласса повышает вкусовые и питательные качества комбикорма, устраняет выделение мелкой пыли, в брикетированных кормах является связующим материалом. Наибольшее распространение получило введение подогретой мелассы в комбикорм через форсунки.

**Гранулирование и брикетирование** комбикормов. Рассыпные комбикорма отличаются рядом недостатков: имеют повышенную гигроскопичность, подвергаются самосортированию, имеют малую объемную массу, подвержены распылу, менее стойки при хранении. Все эти недостатки исключаются или значительно сокращаются при гранулировании. Для придания мучнистому комбикорму формы плотных брикетов иногда его брикетируют. Брикетированный комбикорм занимает меньший объем при хранении по сравнению с рассыпным. В состав брикетированных кормов входят измельченное сено и солома.

**Хранение комбикормов.** Комбикорма – это сложные объекты хранения, так как в их состав входит значительное количество компонентов с различными физическими и химическими свойствами. Повышение температуры и относительной влажности воздуха приводит к развитию микроорганизмов, усиленному размножению вредителей, самосогреванию и порче комбикормов. Хранят комбикорма насыпью и в таре в сухих складах. Относительная влажность воздуха в складах должна быть не выше 70...75 %, температура – не выше 6...8 °С. Высота насыпи при влажности комбикормов до 13 % не должна превышать 3, при большей – 2 м.

### 3.1.5. Технология производства пивоваренного солода

Сóлод (рис. 22) – намоченные и пророщенные семена злаков: чаще всего ячменя, реже – ржи, пшеницы, кукурузы, тритикале. Проращивание зерен злаковых культур позволяет запустить процесс ферментации и преобразования основного запасного вещества зерна – крахмала – в сахара. Солод служит основой для производства ферментированных напитков – пива, кваса и др.



Рис. 22. Солод

Наибольший объем ячменного солода потребляет пивоваренная промышленность. Решающую роль в определении пригодности ячменя для изготовления солода играет равномерная прорастаемость. Большое значение имеет величина зерна и его выравненность. В этом отношении предпочтение отдается двухрядным сортам ячменя. Шестирядные сорта ячменя также могут использоваться для пивоварения после предварительной сортировки по величине. Голозерный ячмень в пивоварении не используется из-за отсутствия цветочных оболочек.

Сорта ячменя с высоким содержанием белка (более 12 %) обычно для пивоварения не используются, так как они хуже солодятся, дают меньший выход экстракта, пиво хуже осветляется и получается не светлое. Ячмень, богатый белком и с высоким содержанием клейковины, склонен к согреванию в процессе соложения и дает нестойкое пиво. Высокобелковый ячмень предпочтительно использовать для изготовления темных солодов. Бедный белками ячмень (менее 8 %) также нежелателен для пивоварения. Он дает пиво со слабой пеной и неполным вкусом. Желательно, чтобы ячмень, идущий на соложение, принадлежал к одному сорту, имел одинаковые химический состав и физиологическую активность.

Основное сырье (ячмень) при поступлении на завод перед хранением обязательно очищают, а перед переработкой на солод сортируют. При очистке зерно последовательно пропускают через сепараторы, магнитные аппараты и триеры. Зерно освобождается от сорной и зерновой примесей. При сортировании ячмень разделяют по величине на несколько фракций, так как выравненность ячменя имеет первостепенное значение при замочке и проращивании зерна.

Производство солода включает несколько этапов: замачивание и соложение ячменя, сушка, отделение ростков и созревание солода.

Замочка ячменя имеет три цели: удалить пыль, легкие примеси, оставшиеся после очистки и сортировки; продезинфицировать зерно; замочить ячмень до влажности 42...45 %, при которой процесс прорастания протекает нормально.

Существуют различные способы замачивания зерна: воздушно-водяное, замачивание в непрерывном токе воды и воздуха и оросительное замачивание.

*Воздушно-водяное замачивание* проводится в замочном чане, который на  $\frac{2}{3}$  его объема наполняется водой, а затем при продолжающемся поступлении воды или продувании воздуха засыпается зерно. Первой стадией замачивания является мойка зерна. После 1...2 ч пребывания зерна под водой удаляется слав, а затем тщательно промывается зерно.

Для дезинфекции во вторую замочную воду добавляют хлорную известь (300...400 г на 1 т зерна). Из других дезинфицирующих средств может применяться негашеная известь, формалин.

В процессе замачивания зерно поочередно оставляют в воде и без воды. Такое чередование повторяется через 3...6 ч до тех пор, пока ячмень не достигнет требуемой влажности – для светлого солода 41...43 %, для темного – 46...48 %. Продолжительность замачивания зависит от температуры воды и качества ячменя. Для обеспечения дыхания зерна во время замачивания через каждые 30...40 мин в течение 3...5 мин продувается воздух, независимо от того, находится зерно под водой или нет.

Один раз в смену перед спуском воды зерно перемешивают сжатым воздухом около 40 мин. Процесс замачивания значительно ускоряется при использовании теплой воды температурой 17...25 °С.

Лучше зерно недомочить, чем перемочить. Перемоченное зерно плохо прорастает и даже теряет способность к прорастанию. Недостаточно замоченное зерно имеет низкую активность прорастания и замедленный рост корешков. Все это уменьшает количество экстракта, получаемого из готового солода.

*Замачивание в непрерывном токе воды и воздуха.* При обычном замачивании растворенный в воде кислород быстро потребляется зерном и по истечении 15...20 мин свободного кислорода в воде практически нет. Периодическое продувание воздуха при замачивании также не обеспечивает равномерного и постоянного дыхания зерна. Продукты анаэробного дыхания не только угнетают нормальные жизненные процессы, но и ведут к разрушению структуры тканей зерна.

Для замачивания зерна в непрерывном токе воды и воздуха замочные чаны оборудуются барботерами. В замочный чан непрерывно подается вода, предварительно насыщенная воздухом, чем обеспечивается минимальный приток кислорода.

В замочный чан на  $\frac{1}{2}$  его объема набирают воду, засыпают ячмень и одновременно тщательно перемешивают его воздухом. Через 5...10 мин прекращают подачу воздуха, а поднявшийся на поверхность сплав снимают. Через час вновь размешивают замачиваемое зерно воздухом, снимают остатки сплава и спускают грязную воду. Затем, открыв водяной и воздушный вентили, наполняют чан свежей водой и устанавливают равномерный непрерывный ток воды и воздуха. Время замачивания составляет 38...42 ч. Прорастание при этом способе идет значительно быстрее.

*Оросительное замачивание.* После мойки зерна в замочном чане поверхность зерна непрерывно орошается распыленной водой, которая проходит через толщину зерна и удаляется в канализацию. Таким образом создается непрерывная аэрация зерна и благоприятные условия для его жизненных функций. Оросительное замачивание неприменимо при наличии больших и глубоких чанов.

Соложение зерна проводится с целью накопить и перевести в активное состояние ферменты и изменить состав запасных веществ зерна так, чтобы можно было получить из солода пивное сусло определенного состава.

В основе соложения лежат сложные процессы, которые можно разделить на четыре группы:

- 1) биологические – прорастание зародыша и в связи с этим синтез новых веществ и дыхание зерна; формирование новых и разрушение старых морфологических структур;
- 2) биохимические – гидролиз запасных веществ эндосперма;
- 3) химические – взаимодействие полученных веществ с образованием ароматических и вкусовых компонентов;
- 4) физические – передвижение растворенных запасных веществ от эндосперма к зародышу и обратно.

Солод готовится в специальных помещениях – солодовнях (рис. 23).



Рис. 23. Солодовня

Способы проращивания подразделяются на следующие виды: токовое (проращивание ведется на полу), пневматическое (проращивают в ящиках и барабанах, продуваемых увлажненным воздухом), ящичное (проращивание ведется в открытых ящиках).

При солодоращении в прорастающем зерне происходят те же физиологические и

биохимические изменения, что и при естественном прорастании в почве. Как и в почве, так и при искусственном проращивании зерну необходимы влага, тепло и кислород.

Процессы прорастания зерна сопровождаются интенсивным дыханием, повышается температура, накапливаются растворимые сахара, происходит активизация ферментов, глубокому изменению подвергаются белки. Все изменения, происходящие при проращивании, способствуют тому, что впоследствии получается сусло надлежащего качества.

Порядок и режим работы в солодовне зависят от способа солодоращения (табл. 22).

Таблица 22. Режим соложения светлого солода

Сутки проращивания	Высота грядки, см	Максимальная температура зерна, °С	Число перелопачиваний в сутки	Характеристика зерновки
1-е	50...40	17	2	Наклеивание зерна. Эндосперм резиноподобный
2-е	35...25	18	2	Появление 2...3 корешков. Около зародыша едва заметная зона растворения эндосперма
3-е	30...20	18	2...3	Хорошее развитие корешков
4-е	30...20	19	3	Пышные и сочные корешки. Зародышевый листочек больше половины длины зерна. Эндосперм растворен в нижней половине зерна
5...6-е	25...20	20	3	То же
7-е	20...15	19	2	Небольшое подвяливание корешков. Листочек равен $\frac{3}{4}$ длины зерна. Не растворена только верхушка эндосперма
8-е	15...12	18	2	Сильное подвяливание корешков. Листочек достигает длины зерна. Эндосперм полностью растворен

Солод делится на два вида – светлый и темный. Основные качественные различия этих солодов – аромат, вкус и цветность – достигаются в процессе сушки солода. Для производства темного солода проращивание проводится при повышенном содержании углекислоты 9 дней. Темные сорта пива должны обладать приятным солодовым ароматом, иметь компактную обильную пену. Поэтому при солодоращении должно быть накоплено большое количество аминокислот и сахаров, чтобы при сушке солода можно было получить красящие и ароматические вещества. Для получения светлого солода проращивание проводится 8 дней при более низкой температуре и хорошей аэрации. Конечным продуктом проращивания является зеленый солод. Зерно ячменя характеризуется наличием корешков, развитием зародышевого листочка, разрыхлением эндосперма.

Затем (для образования ароматических и красящих веществ и для длительного хранения) солод подвергается сушке нагретым воздухом в специальных сушилках при медленном повышении температуры. При производстве темного солода температура агента сушки выше, чем при сушке светлого, однако она не должна превышать 105 °С.

Для придания пиву окраски и определенного вкуса также приготавливаются специальные солода: карамельный и жженный. Карамельный солод – это сильно окрашенный и ароматический продукт, получаемый из сухого светлого солода путем осахаривания в целых зернах при температуре 70 °С и быстрого обжаривания при температуре 120...170 °С. Жженный солод –

очень интенсивно окрашенный продукт, получаемый из светлого сухого солода в результате предварительного увлажнения водой и быстрого обжаривания при температуре 160...200 °С.

После сушки из солода на росткоотбойной машине отделяются ростки (2,5...4,0 %). Затем солод направляется на отлежку в течение 4...5 недель. Неотлежавшийся солод непригоден для пивоварения. Солод хранится так же, как и ячмень.

### 3.1.6. Технология производства пива

Пиво – это слабоалкогольный напиток, приготовляемый из зернового сырья, хмеля и воды, сброженный специальными расами пивных дрожжей и насыщенный углекислым газом. В результате сложных физико-химических реакций и биохимических превращений в процессе производства получается слабоалкогольный напиток с хмелевым ароматом и горечью. Пиво утоляет жажду и компенсирует потерю влаги в организме. В пиве в зависимости от сорта содержится от 1,5 до 9,0 % алкоголя. Экстрактивные несброженные вещества пива состоят из сахаров, белков, аминокислот, минеральных солей, органических веществ и небольшого количества витаминов. Это делает пиво питательным и калорийным продуктом.

В настоящее время в республике выпускаются несколько десятков сортов светлого и темного пива. Сорта светлого пива вырабатывают из светлого солода, для сортов темного пива используют темный, карамельный и жженный солод. По способу обработки пиво подразделяется на пастеризованное и непастеризованное.

Основным сырьем для пивоварения является ячмень. Кроме ячменя, для приготовления пива применяются и другие зерновые культуры – пшеница, рис, кукуруза. Они используются преимущественно в виде несоложенных материалов. Иногда из пшеницы и кукурузы готовят солод. Для производства солода из пшеницы предпочтительнее использовать пшеницу мягкую с меньшим содержанием клейковины. Для пивоваренной пшеницы считается нормальным содержание белка 12...13 %. Из пшеницы готовят солод, используемый для производства специальных сортов пива.

Рис содержит очень мало белков и жиров, поэтому используется для производства лучших сортов пива. Он богаче экстрактивными веществами, чем солод. В первую очередь для пивоварения используется рисовая сечка, которая богата крахмалом.

Кукуруза богата жиром, который крайне нежелателен для приготовления пива. Поэтому в пивоварении используется обезжиренная кукурузная мука, получаемая из кукурузы после отделения от нее зародышей. Повышенное содержание жира в муке недопустимо, так как ухудшается аромат, вкус и пенообразовательная способность пива.

Картофельная мука – сушеный картофель, размолотый в муку. При добавлении к солоду до 10 % картофельной муки сусло получается светлое, с малым содержанием азотистых веществ, брожение протекает нормально.

В некоторых случаях для улучшения брожения и пенообразования используется соя в количестве до 0,5 % к массе затора.

Хмель – один из основных компонентов, так как определяет ароматические и вкусовые свойства пива, повышает его биологическую стойкость, влияет на пенообразование и стойкость пены. В пивоварении используются высушенные шишки хмеля (женские соцветия), которые содержат горькие кислоты и смолы, дубильные соединения, хмелевое эфирное масло.

При изготовлении некоторых сортов пива сахар добавляется в солодовое сусло при его варке в количестве до 15...18 % без нарушения нормального хода брожения.

Вода используется в пивоварении для производственных целей и как вспомогательный материал при замочке, мойке и др. Качество воды является одним из главных факторов, определяющих качество пива. Вода влияет на кислотность затора и сусла, соли воды влияют на ферментативный гидролиз крахмала, процесс брожения, другие процессы и тем самым – на выход и качество готового пива. Каждый тип пива развивался благодаря определенному солево-минеральному составу воды в данной местности. Поэтому к воде, используемой для пивоварения, предъявляются более высокие требования, чем к хорошей питьевой.

Важное значение также имеет биологический состав воды, который может оказывать существенное влияние на биологические процессы, происходящие при производстве пива.

Схема производства пива (рис. 24) включает несколько стадий:

- получение суслу из солода, несоложенных материалов и хмеля;
- сбраживание пивного суслу специальными пивными дрожжами;
- выдержка (созревание) пива;
- фильтрация и розлив.

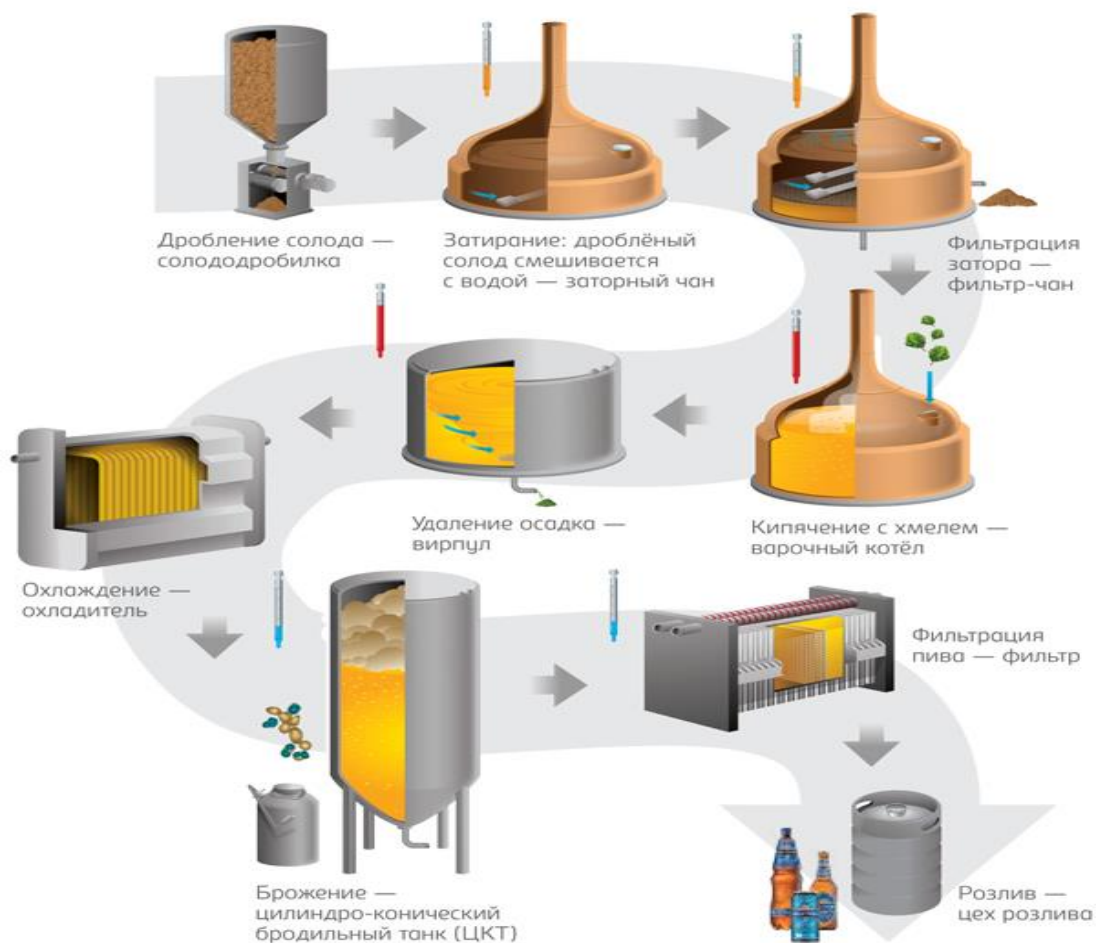


Рис. 24. Технологическая схема производства пива

Получение пивного суслу проводится в несколько этапов.

Дробление солода проводится с целью облегчения и ускорения физических и биохимических процессов, происходящих в солодовом зерне при затириании, с тем, чтобы обеспечить максимально возможный перевод экстрактивных веществ в суслу.

Дробление солода проводится вальцовыми дробилками. При дроблении цветочная оболочка должна быть сохранена, так как она является в заторе фильтрующим и дренирующим слоем. Хороший помол содержит 12...18 % лузги, 25...30 % муки, 38...48 % мелкой и 12...14 % крупной крупки.

Дроблёный солод и несоложенные материалы смешивают с четырех-пятикратным количеством воды температурой около 50 °С и подвергают осахариванию ферментами солода при температуре 62...72 °С. Осахаренный затор состоит из твердой фазы (пивной дробины) и жидкой (суслу). Его фильтруют в специальных фильтрационных чанах или прессах и получают сладкое осахаренное суслу. Остатки суслу из затора вымывают горячей водой (промывные воды). Количество воды по объему должно быть в 3,5...4 раза больше массы затираемого солода. Продолжительность затириания составляет 3...4 ч.

Полученное сусло вместе с промывными водами собирают в сусловарочном котле, где его кипятят с хмелем. Во время кипячения происходит упаривание сусла до нужной плотности, инактивация ферментов, свертывание белков, растворение хмелевых веществ, которые придают суслу характерный аромат и повышают стойкость пива.

Процесс кипячения сусла с хмелем продолжается 1,5...2 ч. Конец кипячения определяется по прозрачности сусла и содержанию в нем сухих веществ. Количество расходуемого хмеля зависит от сорта пива и изменяется в пределах 17...60 г/дкл.

Горячее сусло пропускают через хмелецедильник и перекачивают в чаны для охлаждения и отстоя. Из сусла удаляют свернувшиеся белки, и оно охлаждается до 4...6 °С. Для ускорения освобождения сусла от мути может проводиться его осветление в сепараторах.

Сбраживание пивного сусла проводят специальными пивными дрожжами при низких температурах. Кроме основных продуктов брожения в сусле накапливаются и другие побочные продукты (жиры, органические кислоты). К концу брожения основная масса дрожжей оседает на дно. Продолжительность брожения в зависимости от сорта пива составляют 6...12 суток. После главного брожения полученный продукт представляет собой довольно мутную жидкость, содержит небольшое количество углекислого газа и имеет своеобразный вкус и аромат молодого пива. Окончание главного брожения определяется по видимому содержанию сухих веществ в зеленом пиве. Для светлых сортов видимая степень сбраживания должна быть в пределах 57...66 %, для темных – 55...60 %. Выход зеленого пива от холодного сусла колеблется в пределах 97,5...98,5 %.

Молодое пиво поступает в танки для окончательного дображивания. Дображивание ведется при более низкой температуре – 1...3 °С, под избыточным давлением CO<sub>2</sub> от 0,3 до 0,7 атм. В пиве в это время протекают сложные химические, физико-химические и физические процессы. В результате пиво приобретает характерный для сорта букет и аромат, заканчивается осаждение белковой и дрожжевой мути, углекислота растворяется в пиве. Продолжительность дображивания зависит от сорта пива. Более плотное пиво с содержанием большого количества алкоголя выдерживается большой срок (от 40 до 100 суток). Наименьший срок выдержки составляет 10...11 суток. Проба выдержанного пива за 1...2 суток до розлива отбирается лабораторией для анализа по стандартным показателям.

Выдержанное и созревшее пиво снимают с осадка и для придания ему прозрачности и блеска фильтруют через хлопчатобумажный или другой фильтр. Розлив пива включает разнообразные операции: подготовка тары, налив пива, укупорка, оформление, бракераж и укладка бутылок в ящики. Иногда перед розливом пиво насыщают углекислотой.

С целью увеличения срока хранения пиво подвергают пастеризации. При этом погибают все вегетативные формы микроорганизмов – дрожжи, споры плесневых грибов и др. Разновидностью пастеризации является горячий розлив.

Готовое пиво хранится при температуре 3...12 °С в течение 7...12 суток. Пастеризованное пиво может храниться без изменений качества 3...6 месяцев.

### 3.1.7. Технология производства спирта

Производство спирта из крахмалосодержащего сырья (картофеля, зерна и т. п.) состоит из следующих основных технологических стадий: подготовка сырья к переработке, водно-тепловая обработка (разваривание), осахаривание разваренной муки, культивирование производственных дрожжей, сбраживание осахаренного сусла, выделение спирта из бражки и его очистка (рис. 25).

Подготовка *картофеля* к переработке состоит в доставке сырья на завод, отделении примесей, измельчении и приготовлении замеса. Картофель в производство из накопительных закрюмов подается гидротранспортером. Легкие, грубые и тяжелые примеси отделяют в соломо- и камнеловушках. При гидравлическом транспортировании картофеля отмывается только часть земли. Оставшаяся часть земли, а также встречающиеся примеси отделяются при мойке. Вымытый картофель взвешивается на ковшовых автоматических весах.

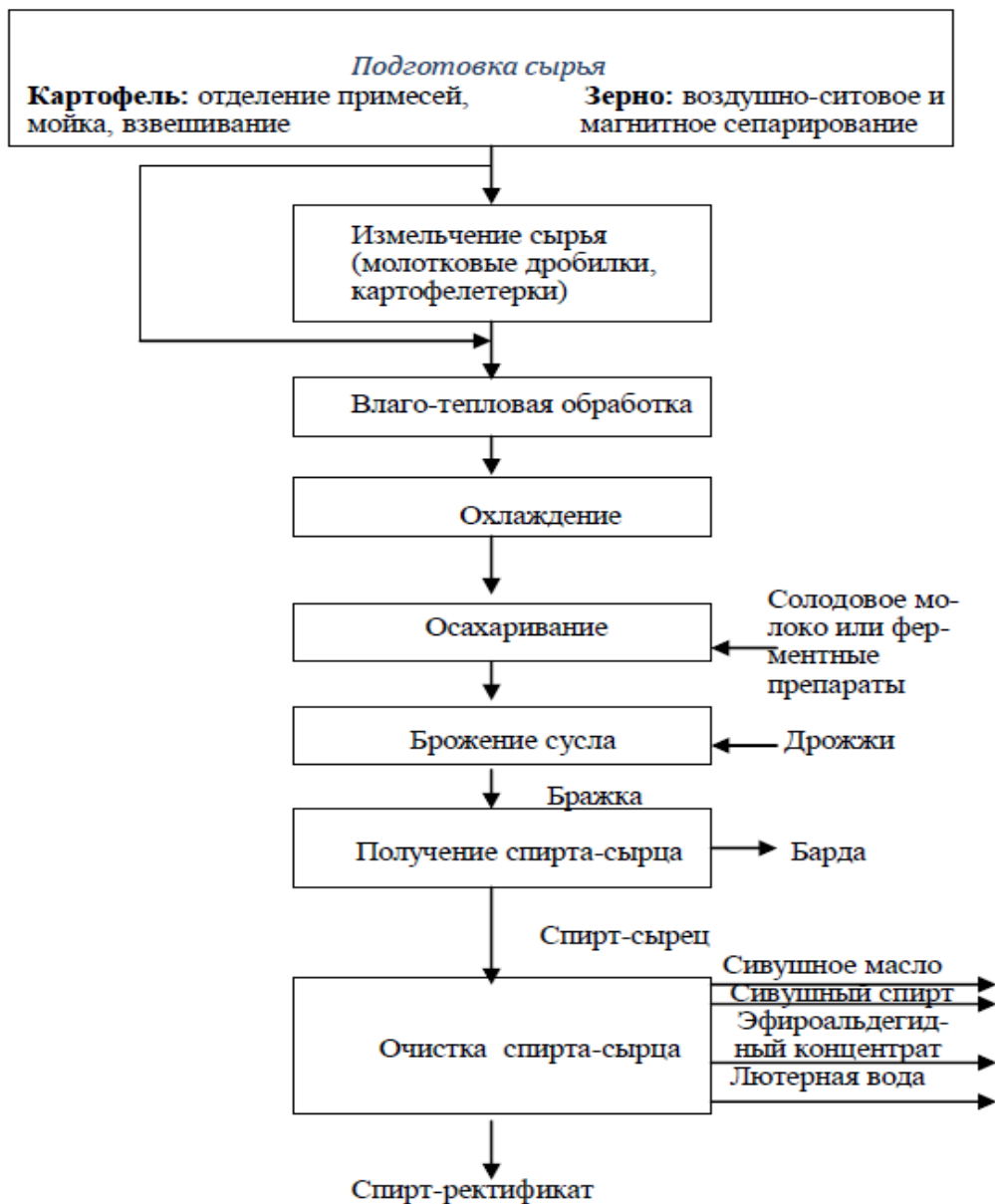


Рис. 25. Технологическая схема получения спирта-ректификата

Подготовка *зерна* включает очистку от пыли, земли, камней, металломагнитных примесей, щуплых и дробленых зерен, семян сорняков. Очищается зерно в воздушно-ситовом и магнитном сепараторах, на триерах.

Основная цель водно-тепловой обработки сырья – подготовка к осахариванию крахмала амилолитическими ферментами солода или микробных препаратов. Осахаривание наиболее полно и быстро проходит тогда, когда крахмал доступен для их действия (не защищен клеточными стенками), оклейстеризован и растворен, что можно достичь следующими способами:

- развариванием (тепловой обработкой цельного сырья при повышенном давлении);
- сверхтонким механическим измельчением сырья на специальных машинах;
- механическим измельчением сырья до определенных размеров частиц с последующим развариванием (комбинированный способ).

Широкое распространение получил комбинированный способ. Такой способ тепловой обработки в сочетании с непрерывностью процесса считается наиболее прогрессивным, так как при относительно небольших затратах электроэнергии на измельчение сырья и теплоты на разваривание, благодаря «мягкости» режима разваривания, обеспечивающего минимальные потери сбраживающих веществ, позволяет хорошо подготовить сырье к осахариванию.

Картофель перед тепловой обработкой измельчается в кашку на молотковых дробилках или картофелетерках до крупности не более 3 мм. При этом освобождается около 70 % крахмала. Картофельную кашку предварительно подогревают до температуры 40 °С.

Продукты дробления зерна должны иметь такие размеры, чтобы 50...60 % их проходило через сито с отверстием 1 мм.

**Влаго-тепловая обработка.** Перед подвариванием крупку смешивают с водой температурой 40...50 °С в соотношении от 1:2,5 до 1:3,5 с таким расчетом, чтобы после осахаривания концентрация сусла была 16...18 %. Подваривание производится при температуре 85...95 °С. После подваривания сырье поступает в разварники, где подвергается воздействию более высоких температур (140...170 °С при давлении 0,27...0,71 МПа).

При нагревании в воде крахмал набухает и превращается в гель. Крахмальная гранула поглощает воды в 25...30 раз больше своего объема. При определенной температуре нарушается целостность крахмальных гранул и происходит клейстеризация. Температура клейстеризации пшеничного крахмала составляет 54...62 °С, ржаного – 50...55, ячменного – 60...80, кукурузного – 65...75, картофельного – 59...64 °С. Наряду с физико-химическими изменениями крахмала происходят и химические. Ферментативному гидролизу крахмал подвергается при подваривании сырья благодаря содержащимся в нем амилазам (самоосахаривание), кислотному гидролизу – при разваривании в слабокислой среде.

**Охлаждение** разваренной массы под вакуумом предотвращает тепловую инактивацию ферментов осахаривающих средств и обеспечивает более полное осахаривание крахмала, что позволяет увеличить выход спирта. Одновременно с охлаждением из сусла вместе с неконденсируемыми газами удаляются такие летучие примеси, как метанол, фурфурол, летучие кислоты, что облегчает ректификацию спирта.

**Осахаривание** заключается в обработке охлажденной разваренной массы солодовым молоком или ферментными препаратами для гидролиза полисахаридов, белков и других веществ. Основным процессом при этом является ферментативный гидролиз крахмала до сбраживаемых сахаров, потому процесс и называется осахариванием. В результате осахаривания разваренной массы получают сусло спиртового производства. Осахаривание включает следующие операции: охлаждение разваренной массы до определенной температуры, смешивание охлажденной массы с солодовым молоком (микробной культурой), осахаривание крахмала, охлаждение сусла до начальной температуры брожения, перекачивание сусла в бродильное отделение завода.

С момента введения производственных дрожжей в охлажденное сусло начинается **брожение**. В настоящее время на заводах применяют непрерывно-поточный, поточно-рециркуляционный и циклический способы брожения. Периодическое сбраживание проводят только на малых заводах. Процесс брожения можно разделить на три периода: взбраживание (размножение дрожжей), главное брожение (происходит сбраживание основного количества сахара), дображивание (оканчивается доосахаривание декстринов и крахмала амилитическими ферментами с последующим их дображиванием дрожжами).

При периодическом брожении все его стадии протекают в одном аппарате. Продолжительность брожения составляет 72 ч.

Для непрерывно-поточного, поточно-рециркуляционного и циклического способов брожения требуются отдельные емкости (дрожжанки, дрожжегенераторы, батарея бродильных аппаратов). Продолжительность брожения сусла по этим методам составляет 60...62 ч. Необходима периодическая стерилизация системы.

Технологические показатели зрелой бражки: содержание спирта – 8...9,5 %, сбраживаемых углеводов – 0,25...0,45, крахмала – 0,003...0,2 %. Нарастание кислотности в процессе брожения не должно превышать 0,2 %. Увеличение кислотности снижает выход спирта.

Бражка представляет собой сложную многокомпонентную систему, состоящую из воды (82...90 мас.%), сухих веществ (4...10 мас.%), этанола с сопутствующими летучими примесями (7...9 мас.%, или 8...11 % об.).

Спирт из бражки выделяют с помощью ректификации на сырцовых ректификационных

установках. При этом вместе с ним отгоняется и значительная часть сопутствующих летучих примесей. Получаемый продукт называется спиртом-сырцом.

**Ректификация** – процесс разделения жидких летучих примесей на компоненты или группы компонентов (фракции) путем многократного двустороннего массо- и теплообмена между противоточнодвижущимися паровым и жидкостными потоками. Необходимое условие процесса ректификации – различная летучесть отдельных компонентов.

Спирт-сырец получают на одно- (рис. 26) и двухколонных ректификационных установках. Бражка нагревается в дефлегматоре 1 и поступает в среднюю часть колонны 2. В нижней части колонны спирт извлекается из бражки паром. В верхней части колонны устанавливают 9...10 сетчатых или многоколпачковых тарелок 3, на которых происходит концентрация спирта в поднимающемся потоке пара. Спиртовой пар концентрацией около 88 % об. из колонны поступает в дефлегматор, где значительная часть конденсируется, отдавая теплоту бражке и воде. Оставшаяся часть (около  $\frac{1}{3}$ ) спиртового пара поступает в холодильник 4, где конденсируется. Спирт-сырец при этом охлаждается.

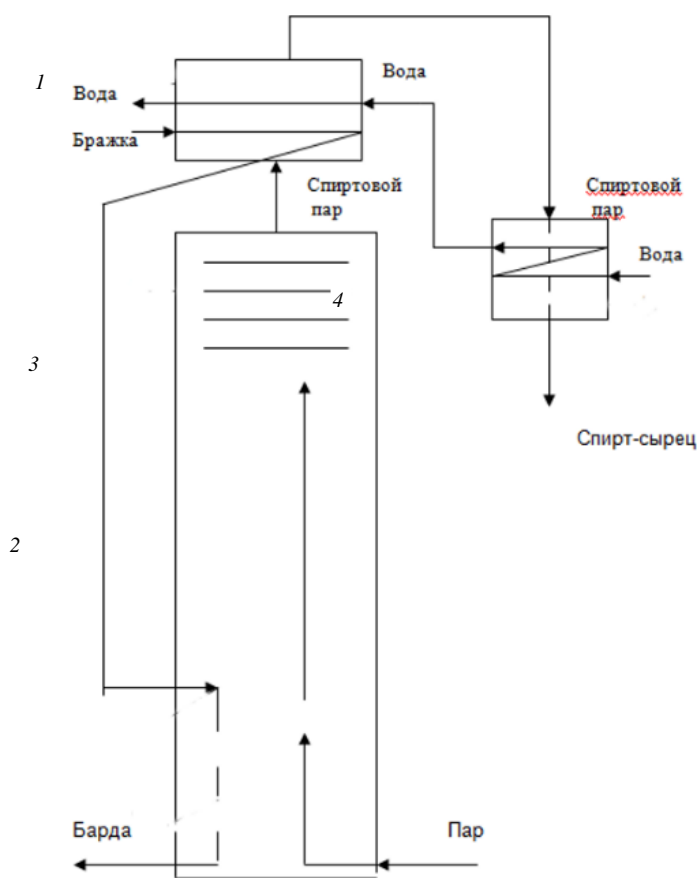


Рис. 26. Схема одноколонной сырцовой установки:  
1 – дефлегматор; 2 – колонна; 3 – тарелки; 4 – холодильник

Ректифицированный спирт может быть получен из спирта-сырца или непосредственно из бражки. Из спирта-сырца ректифицированный спирт получают на периодически или непрерывно действующих ректификационных установках. Получение ректифицированного спирта непосредственно из бражки осуществляется на непрерывно действующих брагоректификационных установках. Этот способ считается экономически более целесообразным.

**Очистка спирта.** Летучие примеси влияют на органолептические и аналитические показатели спирта, некоторые из них являются сильными ядами. Метиловый и пропиловый спирты при небольшом содержании не влияют на органолептическую оценку, однако они обладают

высокой токсичностью: метанол токсичнее этанола в 80 раз, пропанол – в 4 раза. Метиловый спирт вызывает тяжелые отравления, сопровождающиеся потерей зрения. Фурфурол в малых концентрациях придает приятный аромат ржаного хлеба, но он, как и метанол, токсичен, поэтому наличие этих примесей в ректифицированном спирте недопустимо. Присутствие спиртов, содержащих четыре и более атома углерода, ухудшает вкус и запах этилового спирта. Бутиловый и амиловый спирты имеют сивушный запах и жгучий вкус, гексиловый – запах и привкус прогорклого масла. Все они ядовиты. Цель процесса очистки спирта – освободить его от большинства сопутствующих примесей и получить спирт стандартной концентрации.

Летучая часть бражки обусловлена пятью основными компонентами: этиловым спиртом, головными примесями, промежуточными примесями, концевыми и хвостовыми примесями (рис. 27).



Рис. 27. Примерная шкала зон максимальных концентраций примесей в зависимости от концентрации этанола

К головным примесям относятся те, которые обладают большей летучестью, т. е. большим коэффициентом испарения, чем этанол. К их основным представителям относятся уксусный и масляный альдегиды, акролеин, муравьино-этиловый, уксусно-метиловый, уксусно-этиловый, диэтиловый эфиры и др. Летучесть хвостовых примесей всегда меньше летучести спирта, поэтому они будут уходить в остаток. Типичными представителями хвостовых примесей являются уксусная кислота и фурфурол.

Промежуточные примеси (изоамиловый, изобутиловый, пропиловый спирты; изовалерианово-изоамиловый, уксусно-изоамиловый, изовалерианово-этиловый эфиры) обладают двойными свойствами: при высоких концентрациях этанола они проявляют характер хвостовых примесей, при низких – характер головных. Промежуточные примеси в полной ректификационной колонне отбирают, как правило, в средней части, где они максимально накапливаются.

В нижней части колонны промежуточные примеси ведут себя как головные и стремятся двигаться вверх, а в верхней – как хвостовые и оттесняются вниз более летучим компонентом – этанолом.

Концевые примеси (метанол) по сравнению с промежуточными не накапливаются в середине, а в зависимости от концентрации этанола идут или вверх по колонне (головная примесь), или вниз (как хвостовая).