ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное учреждение высшего профессионального образования

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИИ

"КАЛМЫЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Кафедра аграрных технологий и переработки сельскохозяйственной продукции

**Технология производства спирта из зернового сырья**

Курсовая работа по переработке продукции животноводства

студента 5 курса о/о

специальности "ТППСХП"

Проверил:

Элиста 2010

Содержание

Введение

Сырье и дополнительные материалы

Технология производства спирта

Выводы

Список использованной литературы

## Введение

Этиловый спирт - основной продукт, находящий широкое применение в пищевой, микробиологической, медицинской и других отраслях промышленности.

В пищевой промышленности спирт используют при изготовлении ликерно-водочных изделий, плодово-ягодных вин, пищевых ароматизаторов и т.д.

Отечественная спиртовая промышленность до 1917 г. была представлена мелкими заводами мощностью около 22 тыс. дал спирта в год. Советский период характеризуется появлением крупных предприятий с мощностью 6000 - 12000 дал в сутки. В 1980 г. в СССР действовало около 400 крупных заводов, а производство спирта составило 200 млн. дал. Далее производство спирта неуклонно снижалось, особенно в периоды перестройки и экономических кризисов. Также снижение производство обуславливалось ужесточением отраслевого законодательства, увеличением стоимости лицензий, установлением минимальных порогов по уставному капиталу для производителей спирта, введением требования о полной переработке отходов спиртового производства. Но главной причиной снижения является большой теневой оборот спирта, делающий легальное производство менее рентабельным.

На данный момент в России действуют 126 предприятия, а суммарное производство пищевого спирта составляет около 42 млн. дал в год.

Технология производства спирта относится к биотехнологии, так как производство связано с использованием катализаторов (ферментов), имеющих биологическое происхождение. При должном подходе производство спирта является безопасным и безотходным: в производстве кроме спирта получают диоксид углерода, барду, эфироальдегидную фракцию, сивушные масла.

## Сырье и дополнительные материалы

**Характеристика зернового сырья.** На спирт перерабатывают любое зерно, в том числе и непригодное для пищевых и кормовых целей. Ежегодный объем переработки составляет (%): пшеницы 50 (преимущественно дефектной), ячменя 20, ржи 12, кукурузы 8, проса 5, овса 2 и прочих культур (гречиху вики, гороха, риса и др.) 3. Для приготовления солода употребляют кондиционное высококачественное зерно.

***Кукуруза.*** Из зерновых культур лучшим сырьем для производства спирта является кукуруза (Zea mays). В ней содержится относительно больше крахмала, меньше клетчатки, больше жира (что повышает кормовое достоинство барды). Урожайность кукурузы в 2...3 раза выше урожайности других зерновых культур.

В России кукурузу возделывают на Северном Кавказе, Нижней Волге, в Воронежской и Курской областях.

В зависимости от формы зерна и степени развитости роговидной части эндосперма кукурузу подразделяют на 7 ботанических групп: кремнистая, зубовидная, крахмалистая, восковидная, лопающаяся, сахарная, чешуйчатая. Для производства спирта предпочтительнее легко развариваемая крахмалистая и зубовидная кукуруза.

***Рожь, пшеница, ячмень и овес.*** Рожь (Secale), пшеница (Triticum), ячмень (Hordeum) и овес (Avena) широко возделыва-ются в России: рожь (преимущественно озимая) - в северных, северо-западных и центральных районах, во многих районах Сибири и Урала; пшеница - в Западной и Восточной Сибири, Поволжье; ячмень (преимущественно яровой) и овес - повсеместно - от субтропиков до Заполярья.

В небольших количествах перерабатывают крупяные культуры - просо, гречиху и рис, некоторые продовольственные (горох) и кормовые (вику).

***Солод и ферментные препараты.*** Для осахаривания крахмала па спиртовых заводах используется солод и ферментные препараты.

Солодом называют зерно, которое проросло в определенных условиях. При прорастании в зерне образуются амилолитические, протеолитические и другие ферменты. Солод па спиртовых заводах получают из ячменя, ржи, пшеницы, овса и проса по следующей схеме:

1) очистка зерна;

2) замачивание;

3) проращивание;

4) измельчение;

5) смешивание с водой.

Для осахаривания крахмала в спиртовом производстве кроме солода используются ферментные препараты, получаемые из культур мицелиальных грибов и бактерий. Выпускаемые специальными заводами или специализированными цехами спиртовых заводов ферментные препараты представляют собой либо жидкости с содержанием сухого вещества не менее 50%, либо порошки с определенной стандартной ферментативной активностью. Ферментные препараты, используемые в спиртовой промышленности, получают из мицелиальных грибов рода Aspergillus, бактерий Вас. mesentericus, Вас. subtilis и других. Эти микроорганизмы образуют а-амилазу, а некоторые глюкоамилазу (фермент, расщепляющий крахмал до глюкозы). Применение ферментных препаратов микробного происхождения в спиртовой промышленности взамен солода позволяет существенно снизить расход высококачественного зерна на получение солода и способствует повышению выхода спирта.

***Дрожжи.*** В спиртовом производстве в качестве возбудителей брожения используются дрожжи семейства сахаромицетов. Они продуцируют комплекс ферментов, под действием которого сахара сусла превращаются в этиловый спирт и диоксид углерода. В спиртовом производстве применяют расы (разновидности, отличающиеся несколькими особенностями) дрожжей верхового брожения, обладающие высокой энергией брожения. Они образуют максимальное количество спирта, сбраживают моно- и дисахариды и часть декстринов. Дрожжи, используемые в производстве спирта из мелассы, должны быстро сбраживать субстрат в среде с высоким осмотическим давлением (осмофильные дрожжи).

Вначале дрожжи размножают по методу чистой культуры из одной дрожжевой клетки в стерильных условиях. Спиртовые заводы получают чистую культуру дрожжей и размножают их по определенной схеме. Далее их культивируют по методу естественно чистой культуры, при котором создаются оптимальные условия для развития дрожжей (температура, рН, аэрация и др.) и неблагоприятные для посторонних микроорганизмов, в первую очередь бактерий.

В качестве питательной среды для размножения дрожжей служит сусло, содержащее вещества, необходимые для их питания. Иногда в сусло добавляют дробленый зеленый солод в качестве источника дополнительного питания. Для подавления развития посторонних микроорганизмов сусло подкисляют серной или молочной кислотой до рН 3,8 - 4,0. Температуру поддерживают на уровне 28 - 30 °С. Размножение дрожжей осуществляют в аппаратах - дрожжанках. Аппарат представляет собой вертикальный цилиндр с коническим днищем, снабженный двумя змеевиками для нагрева и охлаждения сусла. Процесс-размножения дрожжей ведут периодическим или полунепрерывным способами. При периодическом сусло из осахаривателя перекачивают в дрожжанку, нагревают до 70 °С и выдерживают при этой температуре 20 мин с целью пастеризации. Затем охлаждают до 50 °С, подкисляют серной кислотой, перемешивают, охлаждают до 30°С и вносят 10% дрожжей от объема сусла. При размножении дрожжей поддерживают температуру на уровне 30°С, регулируя ее путем подачи в змеевики дрожжанки холодной воды. При снижении концентрации сусла на 1/3 от первоначальной производят отбор дрожжей. Длительность размножения дрожжей около 20 ч.

Полунепрерывный способ размножения дрожжей проводят в установке из двух дрожжанок и пастеризатора, в котором пастеризуют, подкисляют и охлаждают сусло. Подготовленное сусло подают в одну из дрожжанок, вводят в нее дрожжи и оставляют на 6 - 8 ч при 28 °С. Затем половину объема дрожжей переводят во вторую дрожжанку и обе доливают суслом из пастеризатора. Через 6 - 8 ч зрелые дрожжи из одной дрожжанки спускают в бродильный аппарат. Свободную дрожжанку моют и стерилизуют, после чего половину дрожжей из второй дрожжанки переводят в свободную, доливают оба аппарата суслом из пастеризатора и процесс повторяется.

## Технология производства спирта

Технология спирта включает в себя следующие процессы: подготовка сырья к развариванию, разваривание зерна водой для разрушения клеточной структуры и растворения крахмала, охлаждение разваренной массы и осахаривание крахмала ферментами солода или культур плесневых грибов, сбраживания сахаров дрожжами в спирт, отгонку спирта из бражки и его ректификацию.

**Прием зерна.** Для приготовления солода используют высококачественные ячмень, рожь, овес и просо, которые должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблице №1. Цвет ячменя светло-желтый, допускается потемневший; овса белый или желтый; проса желтый, красный, серый, белый; ржи желтый и зеленый разных оттенков; запах, свойственный зерну; не допускается затхлый, плесенный и другие посторонние запахи.

Таблица №1. Характеристика качества зерна

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Рожь | Ячмень | Овес | Просо |
| Влажность,%, не более | 15,5 | 15,5 | 16,0 | 15,0 |
| Засоренность общая,%, не более | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Засоренность сорная,%, не более | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 3,0 |
| Засоренность зерновая,%, не более | --- | 3,0 | 3,0 | 4,0 |
| Всхожесть на 5-е сутки,%, не менее | --- | 92 | 92 | 92 |
| Энергия прорастания на 3-и сутки,%, не менее | 85\* | 85 | 85 | 85 |
| . \* на 4-е сутки |

Качество зерна, идущего на разваривание, не регламентируется. Желательно, чтобы зерно было здоровое, высокой крахмалистости, влажностью 14 - 17% в зависимости от культуры и с небольшой засоренностью. Предварительно здоровое зерно оценивают органолептически.

**Подготовка зерна.** Все виды зерна, поступающего в производство, очищают от пыли, земли, камней, металлических и других примесей. Зерно, предназначенное для приготовления солода, освобождают также от щуплых зерен, половинок и семян сорных растений.

***Воздушно-ситовое сепарирование.*** Примеси, отличающиеся от зерна данной культуры толщиной (шириной) и аэродинамическими свойствами (парусностью), отделяют на воздушно-ситовом сепараторе. При очистке ячменя, овса и проса производительность сепаратора снижается на 20...30%. В очищенном зерне содержание примесей не должно превышать 1%.

***Магнитное сепарирование.*** Мелкие металлические примеси, содержащиеся в зерне после очистки в воздушно-ситовых сепараторах, удаляют с помощью магнитных сепараторов.

***Отделение семян сорных растений.*** С помощью сит зерно можно разделить только по толщине и ширине. Примеси, отличающиеся от основной культуры длиной зерна, выделяют на машинах, называемых триерами. Рабочий орган триера - цилиндр или диск с ячейками, выбирающими из зерновой массы короткие частицы. В зависимости от назначения различают два вида триеров: куколеотборники - выделяющие из основной культуры половинки зерен и шаровидные примеси, например семена куколя; овсюгоотборники - выделяющие зерно основной культуры, например ячменя, ржи, из смеси его с длинными зернами овса и овсюга.

**Разваривание сырья.** Разваривание осуществляют для разрушения клеточных стенок, освобождения крахмала из клеток и перевода его в растворимую форму, в которой он быстрее и легче осахаривается ферментами. Разваривание крахмалсодержащего сырья проводят путем обработки его паром с избыточным давлением 400 - 500 кПа.

При разваривании происходит ряд сложных физических, физико-химических и химических изменений. При тепловой обработке в процессе разваривания идет интенсивное набухание крахмала, его кластеризация и переход в растворимую форму, обусловленные интенсивным поглощением воды. При выходе разваренной массы из варочного аппарата давление снижается до атмосферного, что вызывает превращение содержащейся в клетках воды в пар, объем которого в несколько раз превышает объем воды. Такое резкое увеличение объема приводит к разрыву клеточных стенок сырья и превращению его в однородную массу. Процесс разваривания сопровождается увеличением содержания сахаров и декстринов за счет частичного гидролиза крахмала под действием собственных ферментов сырья и естественной кислотности. Высокая температура па стадии разваривания вызывает протекание процессов меланоидинобразования (взаимодействие сахаров с аминокислотами), термического разложения сахаров (карамелизапня) и других, что приводит к снижению количества сбраживаемых сахаров.

В настоящее время разваривание крахмалсодержащего сырья производят тремя способами: периодическим, полунепрерывным и непрерывным. Наибольшее распространение получило непрерывное разваривание по двум схемам. По первой схеме разваривание осуществляют при пониженной температуре (130 - 140°С), но длительное (50 - 60 мни). По второй схеме температура разваривания 165 - 172 °С и продолжительность варки 2 - 4 мин. При непрерывном разваривании сырье постоянным потоком движется через варочный аппарат.д.ля обеспечения равномерности потока сырье измельчают.

Непрерывное разваривание измельченного сырья включает операции: дозирование сырья и воды, приготовление замеса и разваривание в две стадии (нагрев замеса до температуры варки и выдержка замеса при этой температуре). Процесс непрерывного разваривания осуществляется следующим образом. Измельченное зерно смешивают с водой в количестве 2,0 - 3,5 л на 1 кг зерна. Воду добавляют с таким расчетом, чтобы концентрация зернового замеса составляла 16 - 17% сухого вещества. Зерновой замес нагревают вторичным паром до 70 - 75°С и подают насосом в контактную головку, где происходит мгновенный нагрев замеса (кашки) паром до 100 110°С. Затем подогретый замес подают в варочный аппарат, состоящий из 2 - 4 ступеней (колонн).

**Охлаждение разваренной массы и её осахаривание.** При осахаривании охлажденную разваренную массу обрабатывают солодовым молоком или ферментными препаратами для расщепления крахмала и белков. При этом основным процессом является гидролиз крахмала до сбраживаемых дрожжами Сахаров.

При осахаривании разваренной массы солодовым молоком: крахмал гидролизуется на 70 - 75% до мальтозы и глюкозы и на 25 - 30% до предельных декстринов, которые расщепляются: до Сахаров на стадии брожения. При использовании солодового молока получается сусло, содержащее 71 - 78% мальтозы и 22 - 29% глюкозы от суммы всех сбраживаемых Сахаров. Сусло, полученное при осахаривании ферментными препаратами микробного происхождения, содержит 14 - 21% мальтозы и 79 - 81% глюкозы.

Такое различие в продуктах гидролиза крахмала при использовании разных осахаривающих материалов связано с тем, что в солодовом молоке содержатся A - и (B-амилаза и декстриназа, а ферментные препараты микробного происхождения содержат A-амилазу и глюкоамилазу. Все эти ферменты отличаются по характеру действия на крахмал и по отношению к температуре и кислотности среды. В зависимости от происхождения A-амилазы могут расщеплять крахмал только до декстринов (A-амилазы бактериального происхождения) или образуют и декстрины, и сахара (большинство A-амилаз грибного происхождения и ферменты солода). Поэтому осахаривание разваренной массы осуществляют при определенных температуре, кислотности, концентрации субстрата и осахаривающего материала.

Наиболее прогрессивным способом осахаривания является непрерывное осахаривание с вакуум-охлаждением. Сущность его заключается в снижении давления, что приводит к мгновенному охлаждению разваренной массы вследствие затрат тепла на испарение воды. Охлаждение под вакуумом предотвращает тепловую инактивацию ферментов осахаривающих материалов. К охлажденной массе добавляют осахариваюшие материалы. Оптимальная температура действия амилолитических ферментов 57 - 58 °С. Непрерывное осахаривание разваренной массы производят по одно или двухпоточному способу. При однопоточном способе в осахариватель (цилиндрический аппарат с коническим днищем и мешалкой) подают разваренную массу, все расчетное количество осахаривающих материалов и выдерживают в течение 10 - 15 мин. При двухпоточном способе разваренную массу разделяют на два равных потока и направляют в два осахаривателя. В первый осахариватель подают 2/3 осахаривающих материалов, во второй частично осахаренное сусло охлаждают и подают на брожение в первый и второй головные аппараты бродильной батареи.

Готовое сусло должно содержать 16 - 18% сухого сахара, в том числе 13 - 15% сбраживаемых сахаров; кислотность 0,2 - 0,3 град. При пробе на йод окраска сусла не должна изменяться.

**Сбраживание.** Сбраживание осахаренной массы (сусла) начинается с момента введения в нее производственных дрожжей; Под действием ферментов дрожжей идет расщепление мальтозы до глюкозы, которая затем сбраживается в спирт и диоксид углерода - основных продуктов брожения. Наряду с этим образуются вторичные и побочные продукты брожения: высшие спирты, кислоты и эфиры. По мере сбраживания моно - и дисахаридов под действием амилолитических ферментов происходит доосахаривание декстринов и крахмала, содержащихся в сусле. От скорости этого процесса зависит длительность брожения.

В процессе брожения сусла можно выделить три периода: взбраживание, главное брожение и дображивание. В первом периоде происходит интенсивное размножение дрожжей и сбраживание Сахаров. Второй период характеризуется энергичным сбраживанием Сахаров и сопровождается бурным выделением диоксида углерода. В третьем периоде идет медленное дображивание Сахаров, образующихся в результате доосахаривания декстринов сусла.

Процесс брожения проводят в закрытых бродильных аппаратах для предотвращения потерь спирта и выделения диоксида углерода в производственное помещение. Герметически закрытый бродильный аппарат представляет собой вертикальный цилиндр со сферическим или коническим днищем, внутри него установлен змеевик для охлаждения бродящего сусла.

Брожение сусла проводят периодическим, циклическим и непрерывнопоточным способами. Наиболее совершенным и эффективным является непрерывнопоточный метод, осуществляемый па установке, состоящей из двух дрожжанок, взбраживателя и 8 - 10 бродильных аппаратов, последовательно соединенных переточными трубами. Дрожжанки и взбраживатель предназначены для приготовления необходимого количества производственных дрожжей. Процесс происходит следующим образом. Дрожжанку заполняют суслом, пастеризуют его при 80°С в течение 30 мин, охлаждают до 30°С, доводят рН до 3,6 - 3,8 серной кислотой и вводят из второй дрожжанки засевные дрожжи в количестве 25 - 30% от объема. Размножение дрожжей идет до достижения содержания сухого вещества в сусле 5 - 6% - Затем 70 - 75% дрожжей переводится во взбраживатель, куда одновременно подается охлажденное сусло, производится подкисление всей массы до требуемой кислотности. Массу в таком виде оставляют для брожения и размножения дрожжей. Оставшаяся часть дрожжей (25%) подается во вторую дрожжанку для размножения.

Когда содержание сухого вещества достигнет 5 - 6%, массу подают в первый головной бродильный аппарат, в который одновременно подается охлажденное сусло. При заполнении первого головного бродильного аппарата сбраживаемое сусло на него перетекает, во второй головной аппарат, из него - в третий и т.д. Длительность брожения составляет 60 ч. Из последней, аппарата зрелая бражка подается на перегонку. При брожении в аппаратах поддерживается определенная температура: в первом - 26 - 27 °С, во втором - 27, в третьем - 29 - 30, в последующих - 27 28 °С.

Выделяющийся при брожении диоксид углерода вместе с парами спирта из бродильных аппаратов поступает в специальные ловушки, и которых происходит растворение спирта и отделение диоксида углерода. Водно-спиртовая жидкость из ловушки направляется вместе с бражкой на перегонку, а диоксид углерода - в специальный цех для получения сухого льда или жидкого диоксида углерода.

Зрелая бражка должна соответствовать установленным нормам. Крепость бражки (содержание этилового спирта в объемных процентах) должна находиться в пределах 8,0 - 9,5 об.%: содержание несброженных Сахаров не должно превышать 0,4 - 0,5%; кислотность зрелой бражки не должна превышать 0,5-0,6 град.

**Отгонка спирта из бражки и его ректификация.** Получаемая в результате брожения зрелая бражка имеет сложный состав. Кроме воды и спирта она содержит различные органические и неорганические соединения: сахара, декстрины, минеральные вещества, летучие соединения (эфиры, спирты, альдегиды, кислоты) и др. Состав и содержание примесей зависит от вида сырья, его качества, режимов его переработки в ходе технологического процесса.

Для выделения спирта из бражки и его очистки применяется ректификация. Ректификацией называется процесс разделения смеси, состоящей из двух или большего числа компонентов, кипящих при разных температурах. При кипении такой смеси компонент с более высокой упругостью пара (более летучий) переходит в паровую фазу в относительно больших количествах, а паровая фаза обогащается более летучим компонентом. Температура кипения этого компонента при постоянном давлении ниже. Поэтому при кипении смеси летучих компонентов паровая фаза обогащается компонентом, имеющим более низкую температуру кипения. В водно-спиртовом растворе упругость паров спирта при любой температуре значительно выше упругости паров воды. Вследствие этого содержание спирта в парах больше, чем в кипящем водно-спиртовом растворе.

Очистка спирта от примесей путем перегонки основана на различии коэффициентов их испарения. Коэффициентом испарения называется отношение концентрации данного вещества в паровой фазе к концентрации в жидкой фазе. Коэффициенты испарения отдельных примесей отличаются один от другого и изменяются в зависимости от содержания этилового спирта. Для определения возможности очистки этилового спирта от примесей необходимо сравнить коэффициент испарения примесей с коэффициентом испарения этилового спирта.

При коэффициенте ректификации, равном единице, перегонка неэффективна, так как дистиллят после нее остается без изменения. Если коэффициент ректификации больше единицы, то в дистилляте больше примесей, чем в первоначальной смеси. Если коэффициент ректификации меньше единицы, то в дистилляте меньше примесей, чем в перегоняемой смеси. Для головных примесей коэффициент ректификации больше единицы, для хвостовых - меньше.

Очистку спирта-сырца от примесей производят в настоящее время преимущественно на ректификационных установках непрерывного действия, в которых спирт-сырец освобождается от примесей в соответствии со значениями коэффициентов испарения. Такие установки используются на ликеро-водочных заводах, где основным сырьем является спирт-сырец.

Ректификованный спирт в настоящее время на спиртовых заводах получают непосредственно из бражки на брагоректификационных установках косвенного действия. В установку входят три колонны: бражная. эпюрациопная и ректификационная. В бражной колонне из бражки выделяют этиловый спирт и летучие примеси, в эпюрационной отделяют головные примеси, в ректификационной получают ректификованный спирт. В состав установки входят две дополнительные колонны - сивушная и окончательная. Сивушная колонна предназначена для выделения фракции высших спиртов (сивушное масло) и их концентрации, а окончательная колонна - для дополнительного освобождения этилового спирта от примесей.

На установке косвенного действия процесс ректификации осуществляется следующим образом. Бражку подогревают до 90°С в бражном подогревателе и подают на верхнюю тарелку бражной колонны, в которую снизу поступает греющий пар. Пары, поднимающиеся из бражной колонны, поступают в конденсатор через бражный подогреватель, где отдают тепло поступающей в бражную колонну зрелой бражке. В конденсаторе пар полностью конденсируется и полученный конденсат крепостью 45 - 55 об.% поступает в эпюрационную колонну.

## Выводы

Выполняя выше изложенную работу, я следующие выводы, касающиеся технологии производства спирта:

Производство качественного пищевого спирта в нужных объемах нуждается в постоянном наличии сырья, будь то зерно или картофель.

Технология производства спирта - это многоэтапный технологический процесс.

Технология производства спирта состоит из различных по характеру и происхождения операциям от механических (подготовка сырья) до тепло-массообменных (ректификация), а также использование ферментов микробиологического и биологического происхождения вместе с дрожжами.

Не смотря на давность становления технологии производства, существует множество способов усовершенствования производства и увеличения выхода и качества продукции: модернизации старого оборудования, разработка новых аппаратов, улучшение штаммов микроорганизмов и дрожжей, ведение селекционной работы по получению высококачественного сырья.

## Список использованной литературы

1. Процессы и аппараты пищевой промышленности. В 2-х книгах. - М.: "КолосС", 2004.
2. Технология спирта / Яровенко В.Л., Маринченко В.А., Смирнов В.А. - М.: "Колос", "Колос - пресс", 2002.
3. Рынок спирта: история, перспективы, прогнозы // "Спиртные напитки и пиво" журнал/Степанец М., №7, июль 2006, стр.61
4. Ректификационные установки // "Спиртные напитки и пиво" журнал/ №10, октябрь 2008.
5. http://food-tech.ru/tech/spirtovoe-proizvodstvo/rektifikatsionnye-ustanovki.html
6. http://akcyz.com.ua/analytics/spirt/742.html