Технология пива

Пиво- слабоалькогольный, жаждоутоляющий, игристый напиток с характерным хмелевым ароматом и приятным горьковатом привкусом. В пиве кроме воды, этилового спирта и диоксида углевода содержится значительное количество питательных и биологически активных веществ: белков, углеводов, микроэлементов и витаминов.

По цвету пиво делится на светлое и темное, а в зависимости то вида применяемых дрожжей – на пиво низкого и верхового брожения. К пиву верхового брожения относятся один сорт – пиво «Бархотное».

Около 90 % производимого пива низового брожения приходится на светлые сорта, для которых характерны тонкий, слабо выраженный солодовый вкус, хмелевой аромат и ярко выраженная хмелевая горечь. Их готовят из светлого пивоваренного солода с добавкой несоложеных материалов (ячменя, рисовой сечки, обезжиренной кукурузы, сахара), воды, хмеля или хмелевых препаратов. Типичные представители светлого пива: «Жигулевское», «Московское», «Киевское», «Рижское». При производ­стве темных сортов пива используются также специальные сорт солода (темный, карамельный и др.). Поэтому темное пиво имеет солодово-карамельный сладковатый вкус, менее выраженную хмелевую горечь и более интенсивную окраску по сравнению со светлыми сортами. К темному пиву относятся «Украипское», «Мартовское», «Бархатное», «Портер» и др.

Физико-химические показатели качества некоторых сортов пива приведены в табл. 21.1.

Таблица 21.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели качества | «Жигу­лёвское» | «Рижское» | «Московское» | «Укра­инское» | «Мар­тов­ское» | «Ленин­градское» | «Пор­тер» |

Концентрация началь-

ного сусла. мае. *%* 11,0 12,0 13,0 13,0 14,5 20.0 20,0

Содержание алкоголя,

мае. %,не менее 2,8 3,4 3,5 3,2 3,8 6,0 5,0

Кислотность, мл 1 н.

раствора NaOH на

100 мл пива 1,6...2,8 1,9...3,1 2,0...3,3 2,1.. 2,3 2,4...3,7 3,3...5,1 4,0...5,5

Цветность, мл 0,1 н.

раствора йода на

100 мл пива 1,6...2,0 0,5...1,0 0.5...1,0 4.0...8,0 4,0...6,0 1,0...2,5 8,0 и более

Содержание диоксида

углерода, мас. %,

неменее 0,30 0,33 0,33 0,30 0,30 0,33 0,35

Стойкость, сут,

не менее 7 8 12 8 8 10 17

Срок выдержки, сут,

не менее 21 42 42 30 30 90 60

Действительная

степень сбражива-ния,

% 49,0 55,0 52,0 47,5 50,0 55,5 46,0

Принципиальная технологическая схема производства пива представлена на рис. 126.

# Характеристика сырья для получения пива

**Солод и несоложеное сырье.** Основным сырьем для производства пива является ячменный пивоваренный солод (светлый, темный и специальные сорта), характеристика которого приведе­на в табл. 21.2. Основные сортовые особенности пива (цвет, вкус, запах, аромат) во многом зависят от качества солода и соотношения его видов в рецептуре. Стандартом на пиво допус­кается использование несоложеного ячменя, рисовой сечки, пшеницы, обезжиренной кукурузной муки. Главные требования, предъявляемые к качеству заменителей солода. — это чистота и соответствие требованиям на продовольственное сырье. Приме­нение несоложеного сырья экономически выгодно и технологи­чески обосновано. Поэтому при приготовлении 10...11 % светло­го пива следует обязательно применять не менее 20 % несоложе­ного сырья без использования ферментных препаратов. При использовании свыше 20 % несоложеного ячменя применение ферментных препаратов обязательно.

При производстве пива «Жигулевское» допускается использо­вание сахара-сырца в количестве до 6 % массы затираемых зернопродуктов.

**Вода.** Качество воды, ее ионный состав оказывают большое влияние на формирование органолептических показателей пива. Технологическая вода должна отвечать всем требованиям, предъ­являемым к питьевой воде. Она должна быть прозрачной, бес­цветной, приятной на вкус, без запаха, с общей жесткостью 2...4 мг-экв/л и рН 6,8. ..7,3.

Вода считается оптимальной для производства пива, если от­ношение концентрации ионов кальция к общей щелочности воды (показатель щелочности) не менее 1, а соотношение ионов кальция и магния 1:1...3:1.

Жесткость воды и ее солевой состав регулируют, применяя различные способы водоподготовки: реагентный, ионообмен­ный, электродиализный и мембранный, основанный на принци­пе обратного осмоса.

Для удаления неприятного запаха воду дезодорируют путем пропускания через колонку, заполненную активированным углем.

**Хмель и хмелепродукты.** Хмель — традиционное и наиболее дорогостоящее сырье пивоваренного производства. Он придает пиву специфический горький вкус и аромат, способствует удале­нию из сусла некоторых белков, служит антисептиком, подавляя жизнедеятельность контаминирующей микрофлоры, и повышает пеностойкость пива. Различают два основных вида хмеля: горь­кий и ароматический. В пивоварении используют преимущест­венно женские соцветия ароматического хмеля — хмелевые

шишки, содержащие лупулин. В состав последнего входят арома­тические и горькие вещества.

Горькие хмелевые вещества включают - и -кислоты. мягкие -, - и твердые смолы. Содержание -кислот в зависимости от сорта хмеля может достигать 16 %. Наиболее ценные для пиво­варения производные -кислот — изосоединения обеспечивают около 90 % горечи пива.



Ароматические вещества представлены в основном эфирным маслом, содержание которого колеблется от 0,3 до 2 %. Важная составная часть хмеля — дубильные вещества, количество кото­рых достигает 3 %.

По назначению хмель разделяют на две группы: тонкие сорта с содержанием горьких веществ около 15 % и -кислот от 3 до 5 %, используемые для производства пива по классической тех­нологии, и грубые сорта с содержанием горьких веществ более 20 %, предназначенные для изготовления порошков, гранул и экстрактов. В пивоварении используют высушенные хмелевые шишки, молотый, гранулированный или брикетированный хмель, а также различные хмелевые экстракты.



Хмель и хмелепродукты следует хранить в сухом, темном и охлажденном помещении с температурой от 0 до 2 "С и относи­тельной влажностью воздуха не выше 70 %.

**Ферментные препараты.** Используют при применении более 20 % несоложеного сырья в количестве от 0,001 до 0,075 % к массе перерабатываемого сырья.

Применяют амилолитические (Амилосубтилин Г10х, Амилоризин Пх и др.), протеолитические (Протосубтилин Г10х), цитолитические (Цитороземин П10х, Целлоконингин П10х и др.) ферментные препараты, а также их смеси в виде мультиэнзимных композиций.

Амилолитические препараты применяют при затирании при повышенном количестве несоложеного сырья и низком качестве исходного сусла. Они существенно повышают выход экстракта и улучшают качество сусла.

Протосубтилин Г10х используют при повышенных количест­вах несоложеного сырья и для улучшения качества сусла из некачественных солодов, а также для ликвидации коллоидных помутнений в пиве. Цитолитические препараты повышают выход экстракта за счет гидролиза некрахмальных полисахари-дов, в основном гемицеллюлозы. Одновременно повышаются качество сусла и стойкость пива.

Наиболее перспективным средством является применение мультиэнзимных композиций (МЭК), которые, позволяют сохра­нить высокое качество «Жигулевского» пива при использовании до 60 % несоложеного сырья.

# Подработка и дробление солода и несоложеного сырья

Основная цель дробления солода и несоложеного сырья — облегчение и ускорение физических и биохимических процессов растворения зерна для обеспечения максимального перехода экстрактивных веществ в сусло.

**Подработка зернопродуктов.** При хранении и транспортирова­нии солод и несоложеное сырье загрязняются. Поэтому перед измельчением их очищают от посторонних включений. Для уда­ления пыли и остатков ростков солод пропускают через полиро­вочную машину. Несоложеное сырье от органической и мине­ральной примесей очищают на воздушно-ситовом сепараторе и полировочной машине. Для удаления металлопримесей зернопродукты пропускают через электромагнитный сепаратор.

**Дробление солода.** Оптимальный состав помола должен обес­печить максимально возможный выход экстракта и достаточно высокую скорость фильтрования сусла, так как оболочка зерна служит хорошим фильтрующим материалом. Солод дробится в сухом или частично увлажненном (мокром) виде. Для измельче­ния сухого солода применяют четырех- и шестивальцовые дро­билки, работающие с одинаковой частотой вращения вальцов. Состав помола (%) зависит от качества солода, способов его затирания и фильтрования (табл. 21.2). При мокром помоле солод предварительно увлажняют в бункере до содержания влаги 18...32 % путем орошения водой температурой 35...50°С. При этом повышается эластичность оболочки, которая практически не измельчается на вальцовых станках, что приводит к созданию рыхлого и пористого фильтрующего слоя дробины.

Таблица 21.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Составные части помола | Размер частиц, мм | Солод при фильтровании | | Ячмень | Рис | Кукуруза |
| на фильтр-аппарате | на фильтр-прессе |
| Шелуха | Более 2,20 | 15...18 | 9...12 | 10...20 | 0...2 | 0...5 |
| Крупка: |  |  |  |  |  |  |
| крупная | 1,00...2,20 | 18...22 | 12...15 | 20...30 | 30...35 | 25...30 |
| мелкая | 0,56...1,00 | 30...35 | 30...35 | 30...35 | 40...45 | 25...34 |
| Мука | Менее 0,56 | 20...30 | 40...45 | 15...25 | 20...25 | 40...50 |

**Дробление несоложеных зернопродуктов.** Ячмень, пшеницу и рис дробят на двухвальцовом станке с нарезными вальцами, которые вращаются навстречу друг другу с разной скоростью. Для измельчения кукурузы используют молотковые дробилки. Рекомендуемый состав помола приведен в табл. 21.2.

# Получение пивного сусла

**Затирание.** Цель затирания — экстрагирование растворимых веществ солода и несоложеного сырья и превращение под дейст­вием ферментов нерастворимых веществ в растворимые с после­дующим переводом их в раствор. Вещества, перешедшие в раствор, называют *экстрактом.*

Затирание включает три стадии: смешивание измельченных зернопродуктов с водой, нагревание и выдерживание получен­ной смеси при заданном температурном режиме. При этом коли­чество единовременно обрабатываемых измельченных зернопродуктов называют засыпью, объем применяемой воды — наливом, а полученный продукт—затором.

*Превращения при затирании.* На первых стадиях затирания в раствор переходят углеводы, частично белки и про­дукты их гидролиза, пектиновые, дубильные и горькие вещества, ферменты и минеральные соли, составляющие 10...15 % сухих веществ солода. В несоложеном сырье их примерно в 2...3 раза меньше. Основные же компоненты зернопродуктов — крахмал и белки нерастворимы. Поэтому их перевод в растворимое состоя­ние осуществляется в результате направленного действия соот­ветствующих ферментов.

Гидролиз крахмала начинается при солодоращении. При зати­рании крахмал проходит три стадии: клейстеризацию, разжиже­ние и осахаривание. Собственно гидролиз крахмала (осахарива-ние) представляет собой разжижение крахмального клейстера, которое сопровождается накоплением в среде декстринов, маль­тозы и глюкозы.

Схематически гидролиз крахмала можно представить в виде схемы: Крахмал *—>* Амилодекстрины -> Эритродекстрины -> Ах-родекстрины -> Мальтодекстрины -> Мальтоза -» Глюкоза.

Процесс осахаривания контролируется по йодной реакции, так как крахмал и декстрины дают различный цвет с йодом: крахмал и амилодекстрины — синий, Эритродекстрины — крас­нобурый, ахродекстрины и другие продукты гидролиза цвет йо­дного раствора не изменяют. Поэтому термин «осахаривание» в бродильном производстве означает не процесс превращения крахмала в сахара, а исчезновение окраски йодного раствора.

К гидролизу крахмала при затирании предъявляют следующие требования: сусло не должно содержать амило- и эритродекстри-нов, дающих окраску с йодом, но кроме мальтозы в сусле долж­ны содержаться ахро- и мальтодекстрины, придающие пиву пол­ноту вкуса и повышающие его вязкость. При правильно прове­денном затирании, из крахмала должно образоваться 20... 30 % декстринов и 70.-.80 % «сырой» мальтозы, к которой относятся **все** продукты гидролиза крахмала, обладающие редуцирующей способностью, в пересчете на мальтозу.

Цнголитическпс ферменты гидролизуют гемицеллюлозы и гумми-вещества, глолящие в состав клеточных стенок зернового сырья. При этом образуются декстрины, глюкоза, ксилоза и арабиноза. Продукгы гидролиза некрахмальных полисахарилов повышают выход экстракта, снижают вязкость раствора, благо­приятно влияют на вкус пива, образование пены и ее устойчи­вость.

Однако гидролиз некрахмальных полисахаридов зависит от действия протеолитических ферментов на белок, с которым эти вещества связаны

Как и крахмал, белки начинают гидролизоваться в процессе солодоращения. Их гидролиз происходит в основном под дейст­вием эндопептидаз солода. Ферментативное расщепление белков можно представить в следующем виде: Белки -> Альбумоэы *—>* Пептоны -> Полипептиды *->* Пептиды *—>* Аминокислоты. Около 35 % белков (от общего содержания в сырье) должно переходить при затирании в сусло. Рекомендуется следующее соотношение фракций продуктов гидролиза белка (%):

А:В:С = 25:15:60. Пептоны и полипептиды (фракция В) обуслов­ливают образование пены пива, а пептиды и аминокислоты (фракция С) необходимы для питания дрожжей. Высокомолекулярные продукты гидролиза белка (фракция А) влияют на стой­кость пива. Поэтому недостаточный гидролиз белка приводит к резкому снижению органолептических свойств пива и его стой­кости при хранении.

При затирании протекают также многочисленные нефермен­тативные процессы: экстракция образующихся растворимых ве­ществ, образование меланоидинов, частичная коагуляция белка и др.

Факторы, влияющие на затирание. Основные факторы, влияющие на выход экстракта и его состав, — это со­отношение фермент: субстрат, продолжительность процесса, температура и рН затора.

С увеличением концентрации затора ферментативные реак­ции замедляются. Поэтому концентрация затора обычно не пре­вышает 16 %. Обычно на затирание 100 кг зернопродуктов рас­ходуют 350.-.500 л воды.

В табл. 21.3 приведены оптимальные значения температуры и рН важнейших ферментов, гидролизуюших крахмал, не­крахмальные полисахариды и белки при затирании. Влияние температуры обусловлено температурным оптимумом и термо­стабильностью ферментов. Так, при 63 "С образуется большое количество мальтозы и мало декстринов. С повышением же температуры до 70 °С гидролиз крахмала протекает быстрее, но вследствие инактивации -амилазы накапливаются пре­имущественно декстрины.



506

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Та б л и на 21.3 | |
| Источник фермента | Фермент | Оптимальные значения |
| Температур С | рН |
| Солод | а-Амилаза | 70 5,7 |
|  | р-Ам плаза | 63 4,8 |
|  | Эндопептидаза | 45...50 4,6...5.0 |
|  | Экюпептидаза | 40 7,0...8.0 |
|  | Фосфотаза | 48 5,0...5.5 |
|  | Цитолитическце | 35...45 4,6...5.0 |
| Лмилосубтилин Г10х | -Амилаза + -амнлаза | 60 6,3...6.6 |
| Амилосубтилин Г20х | Псптидаэа | 60 5,4...6.0 |
|  | Цитолитичсские | 40...52 5,4...6.0 |
| Амилоризин Пх | -Амила за | 65 6,0 |
| Амилорнзин П10х | Псптияаза | 45...55 4,5...4,6 |
| Протосубтилнн Г10х | Эндопсптидаза | 45...52 6,0...9.5 |
| Цитороземин Пх | Цитолитпческие | 50...65 3,0...5.6 |

Оптимум рН для действия ферментов зависит от температуры среды. Как правило, с повышением температуры повышается и рН-оптимум. Так, для совместного действия амилаз при темпе­ратуре затора 65 "С рН-оптимум 5,6.

С увеличением продолжительности затирания в сусле накап­ливаются низкомолекулярные продукты гидролиза крахмала и белков.

Важнейшими температурными паузами при затирании явля­ются 50...52; 60.-.65; 70 "С. во время которых максимальную активность соответственно проявляют эндопептидаза, - и -амилаза.



Способы и технологические режимы зати­рания. Приготовление затора начинают со смешивания дроб­леных зернопродуктов с водой при температуре 37...40 "С, кото­рое осуществляется в заторном аппарате при включенной ме­шалке. Далее затирание ведут настойным или отварочным способом.

Настойный способ заключается в постепенном нагреве всего затора от 40 до 70 "С со скоростью 1 "С/мин и выдерживании при температуре 40; 52; 63 и 70 "С по 30 мин. Далее затор нагревают до 72 "С и выдерживают до полного осахаривания по пробе на йод. Затем осахаренный затор подогревают до 76...77 **'С** и направ­ляют на фильтрование. Полученное этим способом сусло богато ферментами, содержит много мальтозы и аминокислот, мало дек­стринов и поэтому сильно сбраживается. Однако выход экстракта при отварочном способе выше. Это обусловлено тем, что при отварочных способах затор подвергают не только ферментативно­му, но и физическому воздействию (кипячению).

Сущность отварочкого способа состоит в том, что отдельные части затора (отварки) кипятят, а затем смешивают с остальной частью затора, постепенно повышая его температуру до 75 "С. При кипячении крахмальные зерна из крупных частиц дробле­ных зернопродуктов переходят в раствор, клейстеризуются и подвергаются действию ферментов. Различают следующие вари­анты отварочных способов: с одной, двумя, тремя отварками или кипячением всей густой части. Наиболее распространенные — одно- и двухотварочные способы. При отварочных способах за­тирание ведут в двух заторных аппаратах, один из которых ис­пользуют для кипячения отварки.

Несоложеное сырье затирают в смеси с солодом или подраба­тывают отдельно, а затем смешивают с солодом и готовят общий затор.

В табл. 21.4 в качестве примера рассмотрен технологический режим одноотварочного способа затирания, при котором все сырье — солод, ячмень и ферментный препарат — затирают одновременно, начиная с температуры 40 "С.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Таблица 21.4 | |
| Операция | Температура, °С | Продолжитель­ность, мин | Примечание |
| Смешивание солода, несо­ | 40 | 60 Работает мешалка | |
| Ложеного ячменя, фермент­ |  |  | |
| ного препарата с водой |  |  | |
| Выдерживание | При 40 | 20 То же | |
| Подогрев | До 52 | 10 | |
| Выдерживание | При 52 | 30 | |
| Подогрев | До 63 | 10 | |
| Выдерживание | При 63 | 30...40 | |
| Выдерживание | При 63 | 20 Мешалка выключена | |
| Откачка жидкой части во | При 63 | 15...25 С помощью | |
| второй заторный аппарат |  | декантатора | |
| Подогрев гуши | До 70 | 10 Мешалка работает | |
| Выдерживание гущи | При 70 | 15...20 Тоже | |
| Подогрев гущи | До 100 | 20...25 | |
| Кипячение гущи | 100 | 30 Мешалка выключена | |
| Объединение густой части | 70 | 10 Мешалка работает | |
| затора с жидкой |  |  | |
| Выдерживание | При 70 | До 30 То же | |
| Подогрев | До 72...73 | 5 | |
| Выдерживание | При 72...73 | До полного | |
|  |  | осахаривания | |
| Подогрев | До 76 | Перекачка | |
|  |  | затора на | |
|  |  | фильтрование | |
|  |  |  | |

**Фильтрование** затора. Осахаренный затор представляет собой суспензию, состоящую из двух фаз: жидкой (пивное сусло) и твердой (пивная дробина). Цель фильтрования — отделение пив­ного сусла от дробины. Фильтрование затора подразделяется на две стадии: собственно фильтрование первого (основного) сусла и вышелачивание — вымывание экстракта, задерживаемого дро­биной. Сусло и промывные воды должны быть прозрачными во избежание затруднения последующих технологических операций и ухудшения качества пива.

*Превращения при фильтровании затора.* Фильтрование первого сусла представляет собой в основном фи­зический процесс. А при выщелачивании дробины водой проте­кает конвективная диффузия, а также различные химические процессы, главным образом обменные реакции. С понижением концентрации сусла его рН возрастает от 5,7 до 6,2, что приво­дит к увеличению растворения кремниевой кислоты, полифенольных, дубильных, горьких и других веществ оболочки зернопродуктов. Это повышает цветность пива, что может служить причиной ухудшения его вкуса.

*Факторы, влияющие на фильтрование за­тора.* На скорость фильтрования влияют состав и высота фильтрующего слоя. При фильтровании на фильтраппарате фильтрующим слоем является слой дробины, образующийся при отстаивании затора. Солод хорошего растворения, имеющий ре­комендуемый состав помола (см. табл. 21.2), дает рыхлый, легко­проницаемый слой.

На скорость фильтрования существенно влияет температура, которая должна быть не выше 78 "С во избежание инактивации -амилазы. Последняя завершает доосахаривание остатков крах­мала. Кроме того, более высокая температура способствует уве­личению растворимости продуктов гидролиза белка, полифенольных и других веществ, что влияет на стойкость пива.



В щелочной воде легко растворяются дубильные и горькие вещества оболочек. Но при длительном экстрагировании даже вода нормального состава извлекает из оболочек вещества, обу­словливающие неприятный вкус пива.

*Способы и технологические режимы фильтрования.* Наиболее распространены периодические способы фильтрования с использованием фильтрационного ап­парата или фильтр-пресса. Непрерывные способы фильтрования, центрифугирование, вакуум-фильтрование, автоматизация про­цесса по той или иной причине пока не нашли широкого рас­пространения.

На первой фазе фильтрования затор перекачивают в фильтрационный, аппарат, где он отстаивается для формирования фильт­рующего слоя высотой 30...40 см. Затем начинают фильтрование. причем первое мутное сусло возвращают в фильтр-аппарат. По

окончании фильтрования первого сусла дробину промывают водой температурой 70...80 °С. Промывание ведут до содержания сухих веществ в промывной воде 0,5 %. Дальнейшее нымыванне •экстракта экономически нецелесообразно, так как ведет к выщс-лачиванию веществ, ухудшающих вкус пива, и перерасходу топ­лива на выпаривание избытка воды.

В фильтр-прессе в качестве основного фильтрующего слоя используется салфетка из специальной ткани, поэтому допуска­ется более тонкий помол зернопродуктов (см. табл. 21.2). После сбора первого сусла дробину промывают водой температурой 75...80 °С до плотности промывных вод 0,5...0,7 %.

**Кипячение сусла с хмелем.** Отфильтрованное сусло и промыв­ные воды собирают в сусловарочном аппарате п кипятят с хме­лем. Цель кипячения — стерилизация сусла, стабилизация и аро­матизация его состава горькими веществами хмеля.

*Превращения при кипячении сусла с хме­лем.* Дробленые зернопродукты всегда содержат некоторое ко­личество микроорганизмов. При кислой реакции среды сусла стерилизация достигается уже через 15 мин кипячения.

При кипячении хмеля в сусло переходит значительная часть его углеводов, белковых, горьких, дубильных, ароматических и минеральных веществ. Ароматизация сусла происходит в резуль­тате растворения в нем специфических составных частей хмеля и продуктов реакции меланоидинообразования.

С повышением температуры сусла происходит денатурация белков, которая внешне характеризуется появлением мути. Ки­пячение сусла с хмелем сопровождается снижением его вязкости и повышением цветности в результате реакции меланоидинооб­разования, карамелизации Сахаров, окисления полифенольных веществ и растворения красящих веществ хмеля.

*Факторы, влияющие на процесс кипячения сусла с хмелем.* На процессы, происходящие при кипяче­нии сусла с хмелем, существенное влияние оказывают его про­должительность, рН и состав воды, концентрация сусла.

При длительном кипячении сусла с хмелем раствор насыща­ется горькими кислотами, что приводит к изменению рН сусла. Это является причиной выпадения их в осадок. Коагуляция бел­ков наиболее полно проходит при рН 5,2 в присутствии сульфа­тов и хлоридов. Дубильные вещества хмеля ускоряют коагуля­цию белков.

При работе с мягкой водой образующиеся кислоты способст­вуют осаждению горьких веществ, тем самым снижая ощущение горечи. При использовании карбонатных вод действие кислот в начале брожения нейтрализуется.

При высокой концентрации сусла в среде возрастает количе­ство коагулируемого белка, который при осаждении выводит из раствора горькие вещества. Поэтому при упаривании концентри­рованного сусла дозу вводимого хмеля увеличивают.

*Способы и технологические режимы кипя­чения сусла с хмелем.* Сусло с хмелем кипятят в сусловарочных аппаратах. Поступающее в сусловарочный аппарат сусло должно иметь температуру 63...75 "С, для того чтобы предохранить ею от инфипирования и максимально продлить активность ферментов. В конце набора проверяют полноту осахаривания пробой на йод. При отрицательной реакции в сусло добавляют вытяжку из следующего затора и выдерживают при температуре не выше 75 °С до полного осахаривания. Сусло кипятят только после заполнения аппарата. Продолжительность кипячения не должна превышать 2 ч при скорости испарения поды 5...6 % в час к массе сусла. Наиболее интенсивно сусло кипятят в середине варки. В начале варки стараются избежать сильного вспенивания, а в конце — гарантировать хорошее обра­зование хлопьев.

Расход хмелепродуктов ( г **СВ)** на 1 дал готового пива рассчитывают по формуле



= (100 + /П) /(100/),



где — содержание горечи хмеля, вводимого в сусло для данного сорта пива. г СВ на 1 дал пива: П *—* обшис нормируемые потери жидкой фазы для пива данного сорта, %; - содержание горечи в 1 г сухих веществ хмеля, г.



Горечь хмеля обусловлена в основном содержанием -кислоты:



= ( + 1) / 100,



где — содержание -кислот. %; 1 — содержание горечи -фракции, %.



Удельный расход хмеля на 1 дал пива в зависимости от сорта хмеля и вида пива составляет от 20 до 60 г. Хмелепродукты в сусло вносят в два. три или четыре приема.

Конец кипячения сусла определяют по содержанию сухих веществ в нем, свертыванию белково-дубильных веществ, обра­зованию хлопьев и прозрачности горячего сусла.

**Отделение сусла от хмелевой дробины.** После окончания ки­пячения охмеленное сусло поступает в хмелеотделитель. Хмеле­вая дробина задерживается на сите, сусло проходит сквозь него и центробежным насосом перекачивается в сборник для охлаж­дения и осветления. Затем хмелевую дробину промывают горя­чей водой для дополнительного выщелачивания экстрактивных веществ хмеля. Промывные воды присоединяются к суслу в сусловарочном аппарате.

**Охлаждение и осветление сусла.** Цель охлаждения и осветле-ния сусла— понижение температуры до 6...16 "С '(вг зависимости от способа брожения), насыщение его кислородом воздуха и осаждение взвешенных частиц.

*Превращения при охлаждении и осветлении сусла.* В охлаждаемом сусле остаются скоагулированные белки, которые находятся в состоянии тонких взвесей (суспен­зий). При понижении температуры они осаждаются.

В течение всего процесса охлаждения сусло поглощает кисло­род воздуха, который при температуре выше 40 "С расходуется на окисление органических веществ сусла, что приводит к потемне­нию сусла, снижению хмелевого аромата и хмелевой горечи.

Охлаждение сусла сопровождается испарением некоторого ко­личества воды, что приводит к уменьшению его объема и по­вышению концентрации.

*Факторы, влияющие на процессы при ох­лаждении и окислении.* Крупные взвеси осаждаются на протяжении всего процесса охлаждения сусла. Тонкий осадок образуется при снижении температуры до 5...7 °С.

Растворение кислорода в сусле начинается при температуре 40 °С и ускоряется при перемешивании, увеличении площади и продолжительности контакта, снижении концентрации сусла. Одновременно протекают окислительные процессы и сусло на­сыщается кислородом.

Сусло температурой 20...40 "С является благоприятной средой для инфицирующей микрофлоры. Поэтому его охлаждают в две стадии. Первую стадию от 90 до 60 "С проводят в течение 2 ч для обеспечения максимального осаждения крупных взвесей, а вторую—от 60 до 6...16 "С проводят быстро с использованием пластинчатых теплообменников.

*Способы и технологические приемы ох­лаждения и осветления сусла.* Для охлаждения сусла до 60 "С используют холодильные тарелки (тонкий слой сусла толщиной 150...250 мм), отстойный и гидроциклонный ап­параты (высокий слой сусла). Сусло охлаждается до 60 "С в тонком слое в течение 2...6 ч, в высоком слое—до 2 ч. По достижении 60 "С сусло перекачивают на вторую ступень охлаж­дения в пластинчатые теплообменники.

Белковый отстой содержит значительное количество сусла, поэтому его фильтруют или сепарируют, стерилизуют и добавля­ют в сусло, которое идет на брожение.

Для осветления сусла используют также центробежные сепа­раторы, которые позволяют быстро получить прозрачное сусло и сократить потери экстракта с отстоем.

После охлаждения до 6...16 "С сусло аэрируют воздухом не­посредственно в трубопроводе или аппарате предварительного брожения. Начальная концентрация охлажденного пивного сусла, его кислотность и цветность должны соответствовать виду пива.

**Выход экстрактивных веществ и потерн при получении пивного сусла.** Оценить работу варочного цеха и определить правиль­ность режима затирания можно на основании расчета выхода экстракта (%)

*Э = Vmd \** 0,96/М,

где *V —* количество горячего сусла в сусловарочном аппарате, л: *т —* содержание сухих веществ в сусле, *%; d—* плотность сусла, кг/л; 0,96 — поправочный коэффициент на уменьшениеобъема сусла при его охлаждении: *М —* масса перераба­тываемых зернопродуктов, кг.

При хорошей работе варочного отделения разница между вы­ходом экстракта и экстрактивностью переработанных зернопродуктов не должна превышать 1,6...2,2 %.

В зависимости от сорта пива потери экстракта в варочном цехе колеблются от 2,6 до 2,8 %, а потери в пивной и хмелевой дробине (к объему горячего сусла) на стадии осветления и охлаждения сусла — от 5,5 до 7,0 %, в том числе 4 % составляют мнимые потери объема в результате сжатия сусла при его охлаж­дении от 100 до 20 "С.

# Сбраживание пивного сусла и дображивание пива

Основной процесс, в результате которого сусло превращается в пиво. — спиртовое брожение. При этом химический состав сусла существенно изменяется и оно превращается в вкусный ароматный напиток. Сбраживание пивного сусла проходит в две стадии: главное брожение и дображивание. На первой стадии происходит интенсивное сбраживание Сахаров сусла, в результа­те которого образуется молодое (мутное) пиво, имеющее своеоб­разные вкус и аромат, еще непригодное к употреблению. При дображивании оставшиеся сахара медленно сбраживаются, пиво приобретает характерные органолептические свойства, осветля­ется и насыщается оксидом углерода, т. е. происходит его созре­вание и пиво превращается в товарный продукт.

**Дрожжи, используемые для производства пива.** Дрожжи должны отвечать следующим требованиям: иметь высокую бродильную активность, хорошо образовывать хлопья и осветлять пиво в про­цессе брожения, придавать пиву чистый вкус и приятный аромат.

Бродильная активность дрожжей характеризуется степенью сбраживания сусла (%)

С= *(Е-е)100/Е,*

где *Е, е —* содержание экстрактивных веществ в начальном сусле и в пиве соот­ветственно, %.

Подготовка чистой культуры дрожжей к брожению сводится к накоплениюих биомассы в условиях микробиологической стерильности в количестве, необходимом для начала процесса брожения. Кроме чистой культуры широко используют семенные дрожжи, представляющие собой дрожжи, которые осели в конце главного брожения. На практике семенные дрожжи после пред­варительной подготовки используются до 10 генераций.

**Превращения при сбраживакии пивного сусла и дображиванни** пива.. Основной процесс при главном брожении—биохимичес­кое превращение сбраживаемых углеводов в этиловый спирт и оксид углерода. Наряду с основными продуктами брожения об­разуются вторичные и побочные продукты, которые в значитель­ной степени определяют органолептические показатели пива.

Образование спирта сопровождается выделением в среду теп­лоты. которую необходимо отвести для поддержания заданных температурных условий.

На первых этапах брожения происходит энергичное размно­жение дрожжей, что обусловлено полноценностью питательной среды. По мере обеднения среды, накопления продуктов броже­ния, создания избыточного давления скорость размножения дрожжей уменьшается.

В результате главного брожения сусло превращается в моло­дое пиво, которое еще не является товарным продуктом. Поэто­му его направляют на дображивание и созревание. При дображивании протекают в основном те же процессы, что и при главном брожении, но более медленно. Выделяющийся в процессе дображивания оксид углерода (IV) растворяется и связывается в пиве, что приводит к насыщению пива оксидом углерода.

При созревании пива происходят различные окислительно-восстановительные реакции, в результате которых исчезают ха­рактерные для молодого пива привкус дрожжей и хмелевая го­речь.

При дображивании пиво осветляется. Это обусловлено выпа­дением в осадок дрожжей, которые адсорбируют на себе белко­вую муть и другие взвеси. Так же происходят коагуляция и осаждение хмелевых смол, белковых и дубильных веществ.

**Факторы, влияющие на сбраживание сусла и дображивание пива.** Наибольшее влияние на ход брожения оказывают темпера­тура и количество дрожжей. Различают холодное (7...9 °С) и теплое (12...14 °С) брожение. Норма введения дрожжей зависит от способа брожения и колеблется от 0,4 до 1 л на 1 гл сусла. Сусло должно быть осахаренным, содержать достаточное коли­чество ассимилируемых дрожжами азотистых веществ и правиль­ное соотношение Сахаров и несахаров. рН сусла не должно пре­вышать 5,8. Лучше всего сбраживается сусло с начальной кон­центрацией 10...12 %.

**Способы и технологические режимы главного брожения и дображивания.** Главное брожение проводят в открытых или закры­тых бродильных аппаратах периодическим, полунепрерывным или непрерывным способом. Последний пока не нашел широко­го распространения. При периодическом брожении пивное сусло температурой 5...7 °С направляется в бродильный аппарат. Се­менные дрожжи задают в количестве 0,4...0,5 л на 1 гл сусла. Пивное сусло сбраживают в течение 7...11 сут в зависимости от концентрации начального сусла. На третьи сутки допускается повышение температуры до 8...10 °С с последующим постепен­ным снижением до 4...5 "С. Видимая степень сбраживания моло­дого пива должна составлять 59,1...67,5 %.

Полунепрерывное брожение проводят только в закрытых бро­дильных аппаратах, которые комплектуют в батареи, состоящие из разбраживателя и пяти бродильных аппаратов. Норма задачи дрожжей 0.6...1 л на 1 гл. Разбраживатель заполняют суслом тем­пературой 6...8 "С, перемешивают в течение 30 мин и сбражива­ют 24 ч, а далее половину объема с содержанием видимого экстракта 8,4...8,6 перекачивают в первый бродильный аппарат. Затем оба аппарата доливают свежим суслом до полного объема. С интервалом в одни сутки заполняют все бродильные аппараты. Пивное сусло сбраживают при избыточном давлении в течение 5...6 сут до содержания видимого экстракта 4,5...4 %.

Дображивание пива проводят при температуре от 0 до 2 "С в закрытых аппаратах под избыточным давлением 0,03...0,06 МПа. При дображивании контролируют давление в аппарате, органо-лептические показатели и степень осветления пива. Продолжи­тельность дображивания зависит от сорта пива и колеблется от 21 сут для пива «Жигулевское» до 90 сут для пива «Портер».

Регулируя температурный режим, оказалось возможным со­вместить процессы брожения и дображивания в одном аппарате. Процесс осуществляется в цилиндроконических бродильных ап­паратах, которые снабжены двумя-тремя охлаждающими рубаш­ками на цилиндрической части и одной — на нижней конической части. Сусло температурой 7...9 "С подают в аппарат и заполняют его на 85 %. В ток сусла задают дрожжи в количестве 0,7...! л на 1 гл. Первые 50 % сусла аэрируют из расчета 0,5...0,7 мУч. В первые сутки брожения температура повышается до 13...14 °С. При этой температуре сусло бродит б...7 сут. Затем пиво охлажда­ют в нижней части аппарата до 1...2 °С, в результате чего образу­ется плотный осадок дрожжей, который выводят из аппарата. На восьмые сутки пиво охлаждают до 3...4 "С, на девятые — до 1...2 "С и выдерживают при этой температуре 5...6 сут для завер­шения процессов дображивания.

Совмещение процессов брожения и дображивания позволило сократить их продолжительность до 14... 18 сут в зависимости от концентрации начального сусла. Эта технология характеризуется простотой, а капитальные затраты при установке аппаратов вне помещения существенно сокращаются.

При периодическом способе потери в .отделении главного брожения составляют 2,3-..2,5 % к объему холодного сусла, а в отделении дображивания и фильтрования — 2,35...3 % к объему молодого пива. При совмещенном способе суммарные потери составляют 4,65 *%* к объему холодного сусла.

# Осветление и розлив пива

После дображивания и созревания для придания товарного вида и желаемой прозрачности пиво осветляют с помощью сепа­рирования или фильтрования. При этом из пива удаляют нахо­дящиеся во взвешенном состоянии дрожжевые клетки, белковые и полифенольные вещества, хмелевые смолы, соли тяжелых ме­таллов и различные микроорганизмы.

Лучшие результаты получают при фильтровании пива на кизельгуровых фильтрах. Для придания прозрачности, блеска, а также повышения стойкости при хранении пиво дополнительно фильтруют на фильтр-прессах с использованием специальных сортов картона.

При фильтровании пиво теряет некоторую часть диоксида углерода, поэтому перед розливом его подвергают карбонизации путем продувки через пиво диоксида углерода.

После карбонизации пиво выдерживают 6—8 ч в сборниках, а затем направляют на розлив. Пиво разливают в бутылки вмести­мостью 0,33 и 0,5 л из темного стекла на автоматических розливных линиях, на которых после мойки бутылок последовательно осуществляют операции розлива пива, этикетирования, бракеража, укладки в ящики или контейнеры. Часть пива разливают в алюминиевые и деревянные осмоленные бочки, а также в пивовозы.

Пиво, бутылочный квас, а также минеральные воды содержат диоксид углерода, поэтому их разливают под некоторым избы­точным давлением и без перепадов давления — изобарически. Для этого в таре (бутылке, бочке, автоцистерне) сначала создают давление, равное тому, под которым находится разливаемая жид­кость, а затем приступают к наполнению тары напитком. Темпе­ратура пива при розливе не должна превышать 3 °С.

Пиво разливают по уровню в автоматах Р-3, Р-6 и РУ-12 соответственно производительностью 3300, 6600 и 13000 бутылок в час. Бутылки, в которые поступает пиво или безалкогольные газированные напитки под избыточным давлением 0,05...0,3 МПа, укупоривают стальными колпач­ками с упругой пробкой или синтетической прокладкой. Для этой цели используют укупорочные автоматы, например марки У6-А производительностью 6000 бутылок в час.

Потери пива при фильтровании составляют 1,55 %, при роз­ливе в бутылки — 2, в бочки — 0,50, при бестарной перевозке — 0,33 %.

# Аппаратурно-технологическая схема производства пива

Отлежавшийся солод из склада (рис. 127) подают в воздушно-ситовой сепаратор 1, а затем шнеком 2 в сборник очищенного солода 3. Ячмень шнеком 2 также подают в воздушно-ситовой сепаратор 7, а затем норией в сборник ячменя 15. Солод и ячмень пропускают через магнитную колонку *4,* взвешивают на автомати­ческих весах 5 и измельчают: солод на установке для мокрого дробления 6*,* а ячмень на мельничном станке *16.* Вода на техно­логические нужды поступает из сборников 1*0* и 11. Затирание проводят в заторно-варочном аппарате 7, в который дробленый солод поступает самотеком, а измельченный ячмень из сборника *17—* с помощью шнека 2 Сюда же поступает сахарный раствор, приготовленный в реакторе *9* и профильтрованный через ловушку *8.* Затор фильтруют в фильтрацией ном аппарате *14.* Прозрачное сусло и промывные воды насосом *13* перекачивают в сусловарочный аппарат *18,* в котором сусло упаривается до заданной началь­ной концентрации. Хмель из склада подают в расходный сборник *12,* откуда заданные порции хмеля через воронку поступают в сусловарочный аппарат *18.* Пивную дробину насосом перекачива­ют в расходный сборник для реализации.

Горячее сусло из сусловарочного аппарата *18* самотеком на­правляется в хмелеотборный аппарат, откуда насосом оно перека­чивается в гидроциклонный аппарат *28* для осветления. Насос *20* перекачивает осветленное сусло в пластинчатый теплообменник *29,* где оно охлаждается до 6 °С, а затем поступает в аппарат главного брожения *34.*

Для приготовления чистой культуры дрожжей предусмотрена установка, состоящая из стерилизаторов сусла 25, 27 и цилиндра для разбраживания дрожжей *26.* Сброженная чистая культура дрожжей сжатым воздухом перелавливается в ток сусла, поступа­ющего на брожение. Избыточные дрожжи из аппаратов главного брожения *34* с помощью вакуума отбираются в вакуум-монжю *31.* Семенные дрожжи воздухом перелавливаются на вибросито *30* для очистки. Очищенные дрожжи самотеком поступают в монжю *31* на хранение. С помощью вакуум-насоса *32* они направляются в производство. Воду для заливки дрожжей охлаждают в баке *24.* Избыточные дрожжи, пройдя монжю *31,* сжатым воздухом на­правляются в сборник *33,* из которого насосом *20* перекачиваются на реализацию.

Дезинфицирующие растворы готовят в сборниках *19, 21* и 22 После фильтрования на фильтре *23* они подаются на дезинфек­цию оборудования.

Молодое пяво из аппаратов *-34* насосом *.20.* перекачивают в аппараты для дображивания и созревания пива (лагерные танки) *35.* По окончании дображивания через смесительный фонарь *36* пиво насосом *37* подается для охлаждения в пластинчатый теплообменник 38, а затем для фильтрования в диатомировый фильтр 39. Сортовое пиво дополнительно фильтруют через картонный фильтр 40, охлаждают до 1 С в теплообменнике 41, насыщают оксидом углерода (4) в карбонизаторе 42 и собирают в сборниках-мерниках 43, откуда они поступает на розлив.