МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Иркутский государственный технический университет

Е.А. Привалова

**ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАСЛИ**

***ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ***

***В БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ***

Учебное пособие для студентов специальности 260204

Технология бродильных производств и виноделие

Издательство

Иркутского государственного технического университета

2007

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент ИрГТУ Губанов Н.Д.

Привалова Е.А. Технология отрасли. Технологические расчеты в бро­дильных производствах: Учеб. пособие. Иркутск: Изд–во ИрГТУ, 2007.– 72 с.

В пособии рассмотрены основные приемы и методы технологических расчетов в бродильных производствах, приведены необходимые формулы и справочные материалы, рассмотрены примеры решения задач. Пособие предназначено для практических занятий студентов специальности 260204 «Технология бродильных производств и виноделие», а также для самосто­ятельной работы студентов.

Печатается по решению редакционно–издательского совета ИрГТУ.

© Е.А. Привалова, 2007

© Иркутский государственный

технический университет, 2007

**1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ**

**1.1. Ячмень**

Ячмень является основным сырьем для производства пивоваренного солода. Согласно ГОСТ 5060–86, по качественным показателям пивоваренный ячмень подразделяется на два класса (см. таблицу 1).

**Таблица 1.** Требования к ячменю для производства пива по ГОСТ 5060–86

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель | Класс ячменя | |
| первый | второй |
| **Органолептические показатели** | | |
| Цвет | Светло-желтый или желтый | Светло-желтый, желтый или серовато-желтый |
| Запах | Свойственный нормальному зерну ячменя (без затхлого, солодового, плесневелого запахов) | |
| Состояние | Здоровый, не греющийся | |
| **Физико–химические показатели** | | |
| Влажность, %, не более | 15 | 15,5 |
| Белок, %, не более | 12,0 | 12,0 |
| Сорная примесь,  %, не более | 1,0 | 2,0 |
| –в том числе вредная примесь\* | 0,2 | 0,2 |
| Зерновая примесь,  %, не более | 2,0 | 5,0 |
| Мелкие зерна, %, не более | 5,0 | 7,0 |
| Крупность, %, не менее | 85,0 | 60,0 |
| Зараженность вредите­лями хлебных запасов | Не допускается, кроме зараженности клещом не выше 1 степени | |
| **Физиологические показатели** | | |
| Способность прораста­ния, %, не менее | 95,0 | 90,0 |
| Жизнеспособность, %, не менее | 95,0 | 95,0 |

\*в числе вредной примеси гелиотроп опушенноплодный и триходесма седая не допускаются.

Кроме показателей, приведенных в таблице 1, для оценки качества ячменя применяются следующие показатели.

**Натура.** Натурой называется масса 1 дм3 зерна, выраженная в граммах. Натура пивоваренных ячменей колеблется от 600 до 750 г/дм3. Для технологических расчетов может использоваться и другое выражение натуры, например, кг/м3; т/м3.

**Выравненность** ячменя характеризуют наибольшим суммарным остат­ком на двух соседних ситах. Ячмень высокого качества должен содержать более 85% зерен, остающихся на ситах с отверстиями шириной 2,8 и 2,5 мм.

**Экстрактивность** — это количество веществ, которые при затирании способны раствориться и перейти в сусло. Чем выше экстрактивность ячменя, тем меньше расход зернопродуктов на получение сусла. У хороших пивоваренных ячменей экстрактивность составляет 76–82% на сухое вещество.

**Абсолютная масса** — это масса 1000 зерен ячменя. По значению этого показателя ячмени можно разделить на легкие (абсолютная масса 37–40 г), среднего веса (41–44 г) и тяжелые (свыше 45 г). Как правило, тяжелые ячмени обладают более высокой экстрактивностью.

**Пленчатость** — это содержание цветочных пленок (оболочек). У разных сортов ячменя пленчатость составляет 8–17% на сухое вещество. Для пивоварения рекомендуется использовать ячмень с пленчатостью не выше 9%, так как в процессе затирания из оболочек выщелачиваются горькие и красящие вещества, негативно влияющие на органолептические показатели пива.

**Мучнистость.** Этот показатель характеризует состояние эндосперма зерна. Зерна могут быть мучнистые, стекловидные и полустекловидные. Ячмень, содержащий повышенное количество стекловидных зерен, имеет, как правило, более высокое содержание белка, трудно перерабатывается и дает солод пониженного качества. Мучнистых зерен в ячмене должно быть не менее 80%.

**Водочувствительность** характеризует снижение способности к про­растанию даже при небольшом избытке воды и выражается разницей между количеством проросших зерен при оптимальном и избыточном количестве воды. При замачивании водочувствительных ячменей следует корректировать технологию замачивания. По водочувствительности ячмени делятся на три группы: маловодочувствительные (не более 25%), водочувствительные (26–45%) и обладающие значительной водочувствительностью (свыше 45%).

**Способность к водопоглощению** оценивается по количеству поглощенной влаги через 72 ч замачивания. Чем выше способность к водопоглощению, тем меньшее время требуется для достижения необходимой степени замачивания. Если в течение указанного времени ячмень поглотил менее 45% воды, его способность к водопоглощению оценивается как неудовлетворительная. При количестве поглощенной воды 45–47,5% способность к водопоглощению считается удовлетворительной, 47,6–50% — хорошей и более 50% — очень хорошей.

**Таблица 2.** Соотношение между

экстрактивностью и содержанием белка

|  |  |
| --- | --- |
| Отношение экстрак­тив­ности к содержанию белка | Способность  к солодоращению |
| более, чем 8,8 : 1 | очень хорошая |
| от 7,8 : 1 до 8,7 : 1 | хорошая |
| от 7,2 : 1 до 7,6 : 1 | удовлетворительная |
| менее, чем 7,2 : 1 | плохая |

**Соотношение между экст­рактивностью и содержа­нием** **белка** определяет общую спо­собность ячменя к солодораще­нию. Численные значения по­казателя приведены в таблице 2.

Для приготовления пива кроме ячменного солода ис­пользуют также несоложеный молотый ячмень, кукурузную и рисовую крупку, пшеницу, соевую муку, солодовые экстракты. Зерновое сырье частично может быть заменено сахаром или глюкозно–мальтозными сиропами.

**1.1.1. Основные расчетные формулы**

Так как зерно поступает на предприятие партиями, при его приемке определяют средневзвешенные показатели влажности и сорности по формулам

; , (1)

где ***ΣМi*** – сумма масс всех поступивших партий зерна; ***ΣПiw*** – сумма произ­ведений массы ***i***–той партии зерна на влажность этой партии; ***ΣПiс*** – сумма произ­ведений массы ***i***–той партии зерна на сорность этой партии (соответствующие произведения вычисляют по формулам, приведенным ниже).

; , (2)

где ***Мi*** – масса ***i***–той партии зерна в применяемых единицах массы; ***Wi*** и ***Сi*** – соответственно влажность и сорность ***i***–той партии зерна, %.

В процессе длительного хранения зерна на складе может произойти убыль или увеличение его массы вследствие снижения или увеличения влажности и сорности. Поэтому при направлении зерна в производство, а также для учета потерь определяют массу зерна после хранения по формуле

, (3)

где ***М***1 – масса зерна после хранения, т; ***М*** – исходная масса зерна, т; ***x*** – убыль или увеличение массы зерна после хранения, доли единицы.

Убыль массы зерна вследствие снижения его влажности и сорности можно рассчитать по формуле

, (4)

где ***W*** и ***С*** – соответственно влажность и сорность зерна до хранения, доли единицы; ***W***1 и ***С***1 – то же после хранения, доли единицы.

Если убыль массы, вычисленная по вышеприведенной формуле, имеет отрицательное значение, то имеет место увеличение массы зерна.

Определить объем (л), занимаемый зерном, зерновой или сорной примесью, можно по формуле

, (5)

где ***М*** – масса зерна или примеси, кг; ***ρ*** – объемная масса зерна или примеси, кг/м3 (для разных продуктов и отходов солодовенного производства определяется по приложению 1).

**1.1.2. Задания и задачи**

**1.** Охарактеризовать качест­во двух различных партий ячменя на основании резуль­татов его лабораторного ана­лиза (см. данные таблицы). Дать заключение о пригод­ности данных партий ячменя к солодоращению, предска­зать возможные технологи­ческие проблемы на стадии солодоращения.

**2.** Определить массу и объем сорной и зерновой примеси, которая образуется при очистке и сортировании двух партий ячменя, описанных в задании 1, если масса обеих партий составляет 3000 т.

**3.** Определить средневзвешенную влажность и сорность зерна, если на склад поступили следующие партии зерна (см. таблицу).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № партии | ***Мi***, кг | ***Wi*** % | ***Ci***, % | № партии | ***Мi***, кг | ***Wi*** % | ***Ci***, % |
| 1 | 40500 | 14,0 | 0,5 | 4 | 18000 | 14,2 | 1,2 |
| 2 | 25000 | 13,5 | 1,0 | 5 | 10000 | 15,2 | 1,3 |
| 3 | 18000 | 14,5 | 0,8 | 6 | 38200 | 15,9 | 1,8 |

**4.** Определить убыль массы зерна и массу зерна после хранения, если исходная масса (***М***), влажность и сорность зерна (***W***, ***C***), а также влажность и сорность его после хранения (***W***1, ***C***1) приведены в таблице.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № партии | ***М***, т | ***W***, % | ***С***, % | ***W***1, % | ***С***1, % |
| 1 | 280 | 14,0 | 1,1 | 13,5 | 0,9 |
| 2 | 120 | 14,2 | 2,0 | 15,0 | 1,8 |

**5*.*** Какова будет масса ячменя после сушки и первичной очистки, если зерно поступило на элеватор с начальной влажностью 19% и сорностью 2,5%, а конечная его влажность составляет 12%? При первичной очистке удаляется 50% сорной примеси. Начальная масса партии зерна составляла 2000 т.

**1.2. Хмель**

Требования к прессованному сульфитированному хмелю, предназначенному для использования в пивоваренной промышленности, устанавливает ГОСТ 21947–76. Требования, устанавливаемые ГОСТом, могут быть базисные и ограничительные (см. таблицу 3).

Кроме прессованного цельношишкового хмеля в пивоварении используют различные хмелевые препараты — молотый брикетированный и гранули­рованный хмель, хмелевые экстракты и эссенции. Эти продукты вырабатывают для сохранения ценных компонентов хмеля и повышения степени использования горьких веществ.

**1.2.1. Основные расчетные формулы**

Норма внесения прессованного шишкового хмеля исходя из горечи сусла в г/дал горячего сусла рассчитывается по формуле

, (6)

где ***Гс*** — величина горечи сусла, г/дал; *α* — содержание α–кислот в прессованном хмеле %, ***W*** — влажность прессованного хмеля, %.

Норма внесения гранулированного хмеля в г/дал горячего сусла определяется по формуле

, (7)

где 0,9 — коэффициент снижения нормы расхода гранулированного хмеля за счет повышения степени использования горьких веществ.

**Таблица 3.** Требования к хмелю по ГОСТ 21947–76

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель | Требования | |
| базисные | оганичительные |
| **Органолептические показатели** | | |
| Цвет | От светло–желто–зеле­ного до золотисто–зеле­ного, допускаются покрас­невшие кончики лепестков | Зеленый, желтовато-зеле­ный, зеленовато-желтый, желтый с коричневыми пятнами, бурый |
| Запах | Хмелевой, чистый, не допускается прелый, затхлый сырный, дымный и др. | |
| Внешний вид | Шишки должны быть одинаковые по размеру, закрытые; не допускается хмель, пораженный плесенью, сельско­хозяйственными вредителями и болезнями, содержащий посторонние (нехмелевые) примеси. | |
| **Физико–химические показатели** | | |
| Влажность, %, не более | 13 | 11–13 |
| Содержание примесей, %, не более |  |  |
| –для хмеля машинного сбора | — | 10 |
| –для хмеля ручного сбора | — | 5 |
| Зольность, % на АСВ\*, не более | — | 14 |
| Содержание семян, %, не более | — | 4 |
| Содержание сернистого ангидри­да (SO2), % на АСВ, не более | — | 0,5 |
| Содержание α–кислоты, % на АСВ | 3,5 | не менее 2,5 |

\*АСВ – абсолютно сухое вещество

Если охмеление сусла производится с использованием хмелевых экстрактов, то норму внесения хмелевого экстракта в г/дал горячего сусла определяют по формуле

, (8)

где ***Гс*** — норма горечи сусла, г/дал; ***n*** — доля хмелевого экстракта в общем количестве хмелепродуктов (не выше 50%); α — содержание α–кислот в экстракте, %; 0,8 — коэффициент снижения норм расхода за счет более полного использования горьких веществ.

**1.2.2. Задания и задачи**

**1.** Охарактеризовать качество двух различных партий прессованного хмеля машинного сбора на основании результатов его лабораторного анализа (см. данные таблицы, размещенной на следующей странице). Дать заключение о возможности использования его в процессе охмеления сусла.

**2.** Норма задачи хмеля с содержанием α–кислот 3,5% составляет 22 г/дал горя­чего сусла. Определить норму задачи хмеля партии 1 и 2 (см. задание 1) в соот–

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | № партии | |
| 1 | 2 |
| Цвет | Золотисто–зеленый | Зеленовато–желтый |
| Запах | Хмелевой, чистый | Хмелевой, с легким затх­лым оттенком |
| Внешний вид | Шишки целые, закрытые, при­мерно одинаковой величины | |
| Влажность, % | 12,0 | 13,8 |
| Содержание примесей, % | 1,2 | 8,0 |
| Зольность, % на АСВ | 5,5 | 9,0 |
| Содержание SO2, % на АСВ | — | 0,5 |
| Содержание α–кислоты, % на АСВ | 4,2 | 2,0 |

ветствии с содержанием α–кислот.

**3.** Для охмеления сусла использовали сорт хмеля «Шпальт» с содержанием α–кислот 4,6% в коли­честве 32 г/дал. Сколько хмеля сорта «Теттнанг» с содержанием α–кислот 3,5% потребуется для охмеления 500 гл этого же сусла?

**4.** Горечь сусла составляет 1,49 г/дал. Сколько потребуется внести прессованного хмеля сорта «Каскад» с содержанием α–кислот 6% и влажностью 11% для охмеления 350 дал сусла?

**5.** Как изменится расход прессованного хмеля в условиях задачи 4, если 30% его будет заменено гранулированным хмелем с содержанием α–кислот 3,5% и влажностью 6,5%?

**6.** Горечь сусла составляет 1,24 г/дал. Сколько СО2–экстракта с содержанием α–кислот 12% необходимо внести на 1 дал сусла, если прессованный хмель заменяется экстрактом на 20%?

**1.3. Вода**

В пивоваренном и солодовенном производстве вода также является сырьем. Она используется для мойки, замачивания и увлажнения ячменя, на приготовление затора и выщелачивание пивной дробины, на мойку оборудования и тары и т.д. От качества воды зависит ход технологического процесса и показатели готового солода и пива.

Источники водоснабжения пивоваренных заводов могут быть подземные (артезианские, грунтовые) и поверхностные (речные, озерные). Вода, используемая в пивоваренном и солодовенном производстве, должна соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде (СанПиН 2.1.4.1074–01).

Технологические требования к воде по содержанию различных ионов, оказывающих влияние на технологический процесс и качество готового продукта, могут быть более строгими, чем требования санитарные. Содержащиеся в воде ионы могут:

1. изменять рН среды (сдвигать кислотно–щелочное равновесие в кислую или щелочную сторону), это ионы Ca 2+, Mg 2+, ОН–, НСО3–;
2. воздействовать на дрожжи (K+, Zn2+, Fe 2+, Fe 3+, Cu2+, NO2–, Cl– и др.);
3. действовать в качестве катализатора брожения (Ca 2+, Mg 2+);
4. вызывать изменение вкуса и цвета готового пива (Ca 2+, Mg 2+, Na+, Fe 2+, Fe3+, НСО3–, SO42–, и др.);
5. вызывать помутнения пива (Fe 2+, Fe 3+, Cu2+, SiO3 2–).

**1.3.1. Основные расчетные формулы и справочные материалы**

Оценить качество воды и определить ее пригодность к использованию в пивоваренном производстве можно по следующим показателям.

**Жесткость.** Растворенные в воде соли кальция и магния характеризуют ее жесткость. Жесткость воды выражается в мг–экв/л или ммоль/л. 1 мг–экв жесткости соответствует содержанию 20,04 мг Са2+ и 12,16 мг Mg2+ в 1 л воды. 1 ммоль жесткости соответствует содержанию 40,08 мг Са2+ и 24,31 мг Mg2+ в 1 л воды. Классификация воды по жесткости приведена в таблице 4.

**Таблица 4.** Типы воды в соответствии с жесткостью

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип воды | Жесткость, мг–экв/л | Жесткость, ммоль/л |
| Очень мягкая | До 1,5 | До 0,75 |
| Мягкая | 1,5–3 | 0,75–1,5 |
| Средней жесткости | 3–4,5 | 1,5–2,25 |
| Довольно жесткая | 4,5–6 | 2,25–3 |
| Жесткая | 6–10 | 3–5 |
| Очень жесткая | Свыше 10 | Свыше 5 |

Для приготовления светлых сортов пива используют в основном мягкую воду с карбонатной жесткостью 0,8 мг–экв/л и некарбонатной 0,4–0,8 мг–экв/л. Для темного пива жесткость воды может быть выше: карбонатная 3–4,8 мг–экв/л, некарбонатная — незначительная.

**Щелочность.** Способность воды связывать кислоты характеризуется величиной щелочности, т. е. количеством в воде ионов ОН–, СО32–, НСО3– и некоторых других анионов слабых кислот. Щелочность выражают в мг–экв/л.

Для оценки качества воды по щелочности необходимо знать содержание в воде ионов Ca2+, НСО3–, СО32–, ОН–. При одновременном их присутствии в заторе его рН устанавливается в зависимости от их количественного соотношения. Это соотношение называется **показатель пригодности воды по щелочности (*Пщ*).**

Показатель пригодности находится из соотношения

, (9)



где ***GСa*** — содержание в воде ионов кальция, мг–экв/л; ***Щ0*** — общая щелочность, мг–экв/л.

Вода, имеющая ***Пщ*** < 1, повышает рН затора, а имеющая ***Пщ*** > 1 — понижает. При значениях ***Пщ*** близких к единице, вода считается пригодной для технологических целей.

**Остаточная щелочность.** Поскольку ионы Са2+ и Mg2+ способны компенсировать отрицательное воздействие углекислых солей, в воде для пивоварения важно учитывать не общее количество карбонатов, а то их количество, которое остается в свободном состоянии после частичной компенсации ионами кальция и магния. Это количество называется остаточной щелочностью и определяется по формуле

, (10)

где ***GMg*** — содержание в воде ионов магния, мг–экв/л; остальные обозначения те же, что и в формуле (9).

Для светлых сортов пива используют воду с остаточной щелочностью не более 0,54 мг–экв/л.

**Отношение ионов Са2+/Mg2+.** В пивоварении обращают внимание не только на общее содержание ионов кальция и магния в воде, но и на их отношение. При этом предпочтение отдается ионам Са2+, а ионы Mg2+ могут содержаться в минимальных количествах или даже полностью отсутствовать. Отношение концентрации ионов кальция и магния в воде рассчитывается в мг–экв/л. Предельное значение отношения 1:1. Оптимальное — 4:1. При значениях отношения Са2+/Mg2+ ниже предельного пиво может иметь неприятный вкус.

**Содержание ионов**, оказывающих влияние на технологический процесс и органолептические показатели пива. Дополнительные требования по ионному составу воды установлены технологической инструкцией по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков (ТИ 10–5031536–73–90).

**Таблица 5.** Требования к качеству воды в пивоварении

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Значение | Показатель | Значение |
| рН | 6,0–6,5 | Магний, мг/л | следы |
| Окисляемость, мг О2/л | 2 | Марганец, мг/л | 0,1 |
| Щелочность, мг–экв/л | 0,5–1,5 | Медь, мг/л | 0,5 |
| Общая жесткость, мг–экв/л | 2–4 | Цинк, мг/л | 5,0 |
| Катионы: |  | Анионы: |  |
| Алюминий, мг/л | 0,5 | Нитраты, мг/л | 10 |
| Железо (суммарно), мг/л | 0,1 | Нитриты, мг/л | 0 |
| Кальций, мг–экв/л | 2–4 | Сульфаты, мг/л | 100–150 |
| Кремний, мг/л | 2 | Хлориды, мг/л | 100–150 |

**1.3.2. Задания и задачи**

**1.** Вода содержит 150 мг/л ионов кальция и 40 мг/л ионов магния. Рассчитать ее кальциевую и магниевую жесткость в мг–экв/л и ммоль/л. Определить общую жесткость воды и отнести воду к определенному типу по жесткости.

**2.** Общая жесткость воды составляет 5,2 мг–экв/л, содержание ионов магния в ней 20 мг/л, а общая щелочность 3,4 мг–экв/л. К какому типу жесткости относится данная вода? Рассчитать пригодность воды по щелочности. Для приготовления каких сортов пива эту воду можно использовать без предварительной водоподготовки?

**3.** Вода содержит 50 мг/л ионов кальция и 10 мг/л ионов магния, а общая щелочность ее составляет 4 мг–экв/л. Какое влияние эта вода будет оказывать на вкусовые качества пива? К какому типу жесткости относится данная вода?

**1.3.3. Пример**

Вода содержит 280 мг/л ионов кальция и имеет общую щелочность 17,5 мг–экв/л. Сколько мл соляной кислоты концентрацией 37% и плотностью 1,19 г/см3 нужно добавить к 1 м3 такой воды, чтобы довести показатель пригодности по щелочности до единицы?

**Решение.** Кальциевая жесткость воды составляет

 мг–экв/л.

Пригодность по щелочности вычислим по формуле (9).

.

Превышение щелочности над содержанием ионов кальция составляет

17,5 – 13,97=3,53 мг–экв/л.

Для того чтобы довести показатель пригодности воды по щелочности до единицы, необходимо избыток щелочности нейтрализовать кислотой. Поскольку вещества реагируют в эквивалентных количествах, для связывания щелочности требуется

3,53∙36,5=128,845 мг соляной кислоты,

где 36,5 — эквивалент соляной кислоты.

Товарная соляная кислота содержит 37% НСl, то есть потребуется

 мг кислоты.

Требуемый объем кислоты на нейтрализацию избыточной щелочности в 1 л воды составит

 мл, т.е. 292 мл на 1 м3.

**1.4. Контрольные задания и задачи**

**1.** Определить средневзвешенную влажность и сорность зерна, если на склад поступили следующие партии зерна:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса партии, кг | Вариант | | | | | | | |
| ***Wi*** % | ***Ci***, % | ***Wi*** % | ***Ci***, % | ***Wi*** % | ***Ci***, % | ***Wi*** % | ***Ci***, % |
| **1** | | **2** | | **3** | | **4** | |
| 4000 | 14,0 | 0,5 | 15,0 | 1,2 | 14,8 | 0,8 | 13,2 | 1,0 |
| 2000 | 13,5 | 1,0 | 14,0 | 1,0 | 14,0 | 0,7 | 14,2 | 0,5 |
| 1500 | 14,5 | 0,8 | 14,5 | 1,5 | 15,0 | 0,5 | 14,8 | 0,8 |
| 1800 | 14,2 | 1,2 | 15,3 | 1,7 | 13,7 | 1,0 | 14,5 | 1,2 |
|  | **5** | | **6** | | **7** | | **8** | |
| 1000 | 14,8 | 0,8 | 13,2 | 1,0 | 15,0 | 1,0 | 14,5 | 0,5 |
| 4500 | 14,0 | 0,7 | 14,2 | 0,5 | 13,7 | 0,8 | 14,2 | 0,7 |
| 1500 | 15,0 | 0,5 | 14,8 | 0,8 | 14,2 | 0,5 | 14,4 | 1,0 |
| 2000 | 13,7 | 1,0 | 14,5 | 1,2 | 14,0 | 1,1 | 13,7 | 0,9 |
| 2000 | 13,5 | 1,5 | 14,0 | 1,3 | 14,7 | 0,6 | 15,6 | 2,0 |
|  | **9** | | **10** | | **11** | | **12** | |
| 3000 | 14,5 | 0,2 | 14,0 | 1,0 | 14,0 | 0,5 | 15,0 | 1,2 |
| 3500 | 15,0 | 0,4 | 14,2 | 1,2 | 13,5 | 1,0 | 14,0 | 1,0 |
| 2500 | 15,2 | 1,0 | 14,7 | 1,4 | 14,5 | 0,8 | 14,5 | 1,5 |
| 4000 | 13,9 | 0,5 | 14,9 | 0,8 | 14,2 | 1,2 | 15,3 | 1,7 |
|  | **13** | | **14** | | **15** | | **16** | |
| 1700 | 15,0 | 1,0 | 14,8 | 0,8 | 13,2 | 1,0 | 15,0 | 0,9 |
| 1200 | 13,7 | 0,8 | 14,0 | 0,7 | 14,2 | 0,5 | 14,5 | 0,8 |
| 2100 | 14,2 | 0,5 | 15,0 | 0,5 | 14,8 | 0,8 | 14,2 | 1,0 |
| 1500 | 14,0 | 1,1 | 13,7 | 1,0 | 14,5 | 1,2 | 15,1 | 1,1 |
| 1500 | 14,7 | 0,6 | 13,5 | 1,5 | 14,0 | 1,3 | 14,8 | 1,2 |
|  | **17** | | **18** | | **19** | | **20** | |
| 10000 | 15 | 0,4 | 14,0 | 1,0 | 14,5 | 0,5 | 14,6 | 0,7 |
| 15000 | 14,5 | 0,5 | 14,2 | 1,2 | 14,2 | 0,7 | 14,8 | 0,9 |
| 8500 | 14,8 | 0,9 | 14,7 | 1,4 | 14,4 | 1,0 | 14,2 | 0,5 |
| 7000 | 15,5 | 1,2 | 14,9 | 0,8 | 13,7 | 0,9 | 15 | 1,0 |

**2.** Определить убыль массы зерна и массу зерна после хранения, если исходная масса (***М***), влажность и сорность зерна (***W***, ***С***), а также влажность и сорность его после хранения (***W1***, ***С1***) приведены в таблице.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***М***, кг | Вариант | | | | | | | | | |
| **1–4** | | **1** | | **2** | | **3** | | **4** | |
| ***W***, % | ***С***, % | ***W1***, % | ***С1***, % | ***W1***, % | ***С1***, % | ***W1***, % | ***С1***, % | ***W1***, % | ***С1***, % |
| 200 | 14,2 | 1,0 | 13,5 | 0,8 | 14,0 | 1,5 | 13,0 | 0,4 | 14,6 | 0,6 |
|  | **5–8** | | **5** | | **6** | | **7** | | **8** | |
| 450 | 15,5 | 0,6 | 15,7 | 0,8 | 13,2 | 0,5 | 13,7 | 0,4 | 15,0 | 1,0 |
|  | **9–12** | | **9** | | **10** | | **11** | | **12** | |
| 600 | 17,0 | 1,2 | 13,1 | 1,0 | 14,0 | 0,5 | 12,5 | 1,5 | 14,5 | 0,9 |
|  | **13–16** | | **13** | | **14** | | **15** | | **16** | |
| 750 | 14,0 | 2,0 | 12,0 | 1,5 | 14,7 | 0,5 | 13,5 | 1,2 | 12,7 | 1,0 |
|  | **17–20** | | **17** | | **18** | | **19** | | **20** | |
| 1550 | 15,0 | 1,7 | 14,3 | 1,5 | 13,5 | 1,0 | 14,0 | 1,3 | 15,2 | 0,9 |

**3.** Известна общая щелочность воды и содержание в ней ионов Ca2+ и Mg2+ (см. таблицу).

1. Рассчитать кальциевую и магниевую жесткость воды в мг–экв/л и ммоль/л.
2. Рассчитать общую жесткость в мг–экв/л и ммоль/л; отнести воду к определенному типу жесткости.
3. Рассчитать показатель пригодности воды по щелочности и сделать вывод о влиянии данного типа воды на рН затора.
4. Рассчитать отношение ионов Ca2+/Mg2+ и сделать вывод о влиянии воды на вкусовые качества пива.
5. Для производства каких сортов пива можно использовать эту воду без предварительной водоподготовки?

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Содержание, мг/л | | ***Що***,  мг–экв/л | Вариант | Содержание, мг/л | | ***Що***,  мг–экв/л |
| Ca2+ | Mg2+ | Ca2+ | Mg2+ |
| 1 | 225 | 40 | 8 | 11 | 150 | 40 | 2 |
| 2 | 120 | 5 | 4 | 12 | 100 | 20 | 1 |
| 3 | 120 | 25 | 8 | 13 | 30 | 25 | 5 |
| 4 | 90 | 5 | 5 | 14 | 215 | 50 | 7 |
| 5 | 75 | 18 | 6 | 15 | 150 | 60 | 10 |
| 6 | 7 | 2 | 0,5 | 16 | 50 | 10 | 12 |
| 7 | 200 | 60 | 5,5 | 17 | 45 | 45 | 3,5 |
| 8 | 16 | 3 | 0,8 | 18 | 60 | 45 | 4,7 |
| 9 | 40 | 20 | 17,5 | 19 | 57 | 17 | 2,9 |
| 10 | 60 | 30 | 14 | 20 | 48 | 23,5 | 2,2 |

**4.** Вода имеет следующие показатели (см. таблицу). Рассчитать объем кислоты, который нужно внести для исправления щелочности воды (в мл на 1 м3).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Показатели качества воды | | Показатели кислоты, применяемой для исправления щелочности | | |
| Содержание Са2+, мг/л | ***Що***,  мг–экв/л | название | концентрация, % | плотность, г/см3 |
| 1 | 150 | 10 | соляная | 37 | 1,19 |
| 2 | 200 | 12 |
| 3 | 265 | 17 |
| 4 | 180 | 10 |
| 5 | 257 | 14 |
| 6 | 130 | 7 |
| 7 | 165 | 10 | молочная | 40 | 1,1 |
| 8 | 230 | 12 |
| 9 | 320 | 17,5 |
| 10 | 180 | 10 |
| 11 | 270 | 14 |
| 12 | 117 | 7 |
| 13 | 150 | 10 | серная | 98 | 1,8 |
| 14 | 200 | 12 |
| 15 | 280 | 17,5 |
| 16 | 180 | 10 |
| 17 | 250 | 14 |
| 18 | 120 | 7 |
| 19 | 50 | 3,2 |
| 20 | 120 | 7,5 |

**2. ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДОВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Основными стадиями производства пивоваренного солода являются: вторичная очистка и сортирование ячменя, замачивание, проращивание зерна, сушка свежепроросшего солода, удаление ростков и выдерживание сухого солода.

**2.1. Технологические расчеты на стадии замачивания**

Цель замачивания состоит в удалении пыли и легких сорных примесей, дезинфекции зерна и активизации жизненных процессов в зерне. Замачивание осуществляется одним из следующих способов: воздушно–водяное, оросительное, воздушно–оросительное, замачивание в непрерывном токе воды и воздуха, замачивание с продолжительными воздушными паузами и перезамачивание.

**2.1.1. Основные расчетные формулы и справочные материалы**

Приблизительный объем замочного чана можно установить из условия, что на 1 т замачиваемого ячменя требуется 2,2–2,4 м3 объема аппарата. Более точно объем замочного аппарата можно определить по формуле

, (11)

где ***G*** — масса одновременно замачиваемого ячменя, кг; ***ρ*** — насыпная плот­ность зерна, кг/м3; 1,5 — коэффициент, учитывающий увеличение объема ячменя к концу замачивания на 40–50% и необходимый запас вместимости аппарата (5–10%) во избежание выброса зерна и воды при мойке и перекачи­вании зерна.

По приложению 2 подбирают подходящий замочной аппарат и определяют его геометрические размеры. Если вместимость одного аппарата недостаточна, принимают к установке несколько замочных аппаратов. При этом в каждом порядке аппаратов предусматривают 1 запасной аппарат.

Примерный расход воды и сжатого воздуха на замачивание находят, пользуясь приложениями 3 и 4, в зависимости от способа замачивания. Расход воздуха определяют при нормальном давлении (0,1 МПа). Пересчет объема сжатого воздуха рабочего давления на объем при нормальных условиях ведут по формуле

, (12)

где ***Vр*** — объем потребляемого сжатого воздуха при рабочем давлении, м3; ***ρр*** и ***ρн*** — плотность воздуха соответственно при рабочем и нормальном давлении, кг/м3; ***τ*** — продолжительность операции, ч.

**2.1.2**. **Задания и задачи**

**1.** Рассчитать и подобрать замочной чан для одновремного замачивания 7 т ячменя в сутки. Определить примерный расход воды на замачивание. Зама­чивание воздушно–водяное, трехсуточное. Средняя натура перерабатываемого ячменя 650 кг/м3.

**2.** В условиях задачи 1 рассчитать примерный расход воды на замачивание зерна при воздушно–оросительном замачивании и при замачивании в непрерывном токе воды и воздуха.

**3.** График проведения воздушно–водяного замачивания приведен в таблице. Определить примерный расход воздуха на проведение замачивания. Расчет провести при нормальном давлении на 1 т замачива­емого зерна.

**4.** На мойку 24 т ячменя за­трачено 120 м3 сжатого воз­духа давлением 0,15 МПа. Пересчитать этот объем на объем при нормальном давлении и сравнить с нор­мативным. Продолжитель­ность продувки зерна во вре­мя мойки составила 20 мин.

**5.** Замочное отделение для трехсуточного воздушно–водяного замачивания ячме­ня оборудовано 4 замочны­ми чанами емкостью 30 м3. Определить суточный рас­ход воды в отделении.

**6.** Замачивание ячменя проводится по графику, приведенному в таблице. Как изменится расход свежей воды на замачивание, если на первичную мойку зерна использовать замочную воду, сливаемую из аппаратов после водяного замачивания?

**2.2. Определение расхода воздуха на проветривание зерна**

Проращивают ячмень в ящичных солодовнях типа «передвижная грядка», барабанных солодовнях, непрерывных и статических солодорастильных установках. Обязательным условием солодоращения является подвод к прорастающему зерну необходимого количества кондиционированного воздуха и отвод диоксида углерода, образующегося при дыхании зерна. Кроме того, зерно необходимо периодически ворошить во избежание слеживания и срастания корешков.

**2.2.1. Основные расчетные формулы и справочные материалы**

Для определения количества кондиционированного воздуха, который необходимо подать в солодовню, составляют тепловой баланс солодовни (см. таблицу 6).

**Таблица 6.** Тепловой баланс солодовни

|  |  |
| --- | --- |
| Приход тепла | Расход тепла |
| Тепло, вносимое в аппарат с замочен­ным зерном, кДж ***Q1=Мзя cзя t1*** | Тепло, выносимое из аппарата с соло­дом, кДж ***Q5=Мпс cпс t2*** |
| Тепло, выделяемое при проращивании зерна, кДж ***Q2=q Мпд*** | Тепло, выносимое из аппарата отрабо­тавшим воздухом, кДж ***Q6=LIо*** |
| Теплота самого аппарата при загрузке,  кДж ***Q3*= *Ма cа t1*** | Теплота самого аппарата при выгрузке, кДж ***Q7=Ма cа t2*** |
| Тепло, вносимое в аппарат с воздухом, кДж ***Q4=LIк*** | Потери тепла в окружающую среду, кДж ***Q8=αFΔtτ*** |

В таблице приняты следующие обозначения:

***Мзя*** и ***Мпс*** — масса замоченного ячменя и свежепроросшего солода, кг;

***t1***и***t2*** — температура зерна при загрузке и солода при выгрузке, °С;

***сзя*** и ***спс*** — удельная теплоемкость зерна и солода, кДж/(кг⋅К);

***q*** — удельное количество теплоты, выделяемой при проращивании зерна на 1 кг потерь сухих веществ, кДж; при приближенных расчетах ***q***=17982 кДж/кг; для точных расчетов количества выделяемой теплоты используют формулу профессора И.Я. Веселова

,

где ***a***, ***b***, ***c*** — количество ячменя, солода и ростков, кг; ***qa***, ***qb***, ***qc*** — теплота сго­рания ячменя, солода и ростков; для некоторого определенного сорта ячменя эти величины соответственно составляют 17848, 17940 и 18422 кДж/кг;

***Мпд*** — потери сухих веществ на дыхание при проращивании, кг;

***Ма*** — масса частей аппарата (барабана или ящика), нагреваемых при солодо­ращении, кг;

***Са*** — удельная теплоемкость материала аппарата, кДж/(кг⋅К);

***Iк*** и ***Iо*** — энтальпия кондиционированного и отработавшего воздуха, кДж/кг;

***L*** — расход воздуха на проветривание солода, кг;

**α** — коэффициент теплоотдачи от поверхности солода в окружающую среду (или от поверхности барабана для барабанных солодовен), 25,12 Вт/(м2⋅ч⋅К).

***F*** — площадь поверхности барабана или открытой поверхности солода в ящиках, м2;

***Δt*** — разность температур солода и воздуха в помещении солодовни, °С;

***τ*** —продолжительность проращивания солода, ч.

Итак, уравнение теплового баланса пневматической солодовни будет иметь вид

***Q1+Q2+Q3+LIк=Q5+LIо+Q7+Q8***.

Так как теплота аппарата при разгрузке ***Q7*** мало отличается от теплоты его при загрузке ***Q3***, исключим эти составляющие и решим уравнение относительно ***L***. В результате получим

. (13)

**2.2.2. Пример**

Рассчитать примерный расход воздуха на проветривание 16 т ячменя в солодовне с передвижной грядкой при следующих условиях: влажность исходного (очищенного) ячменя 13,5%, влажность замоченного ячменя 45%, влажность свежепроросшего солода 44%, температура замоченного ячменя 12°С, конечная температура свежепроросшего солода 15°С, средняя темпе­ратура солода 16°С, температура воздуха в солодовне 14°С, высота слоя замоченного зерна 0,6 м, продолжительность проращивания солода 8 суток. Параметры кондиционированного и отработанного воздуха приведены в таблице 7.

**Таблица 7.** Параметры кондиционированного и отработанного воздуха

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | Воздух | |
| кондиционированный | отработанный |
| Температура, °С | 12 | 16 |
| Влажность, % | 98 | 84 |

**Решение.** Массу сухих веществ сортированного ячменя можно рассчитать по формуле

, (14)

где ***Мя*** — масса сортированного ячменя, кг; ***Wя*** — масса воды, содержащейся в ячмене, кг.

При влажности сортированного ячменя 13,5% масса сухих веществ в нем составит

кг.

Суммарные потери сухих веществ при замачивании (***Пз***) складываются из потерь на сплав (1%) и на выщелачивание (0,6%), т.е. составляют 1,6%. Поэтому масса сухих веществ в ячмене после замачивания

 кг. (15)

Масса замоченного ячменя

 кг, (16)

где ***Wзя*** — влажность замоченного ячменя, %.

Потери сухих веществ на дыхание (***Пд***) при проращивании составляют 5,7%, поэтому масса потерь на дыхание будет

 кг. (17)

Отсюда масса сухих веществ свежепроросшего солода

 кг, (18)

а масса свежепроросшего солода при влажности его 44%

 кг. (19)

Для расчета тепла, вносимого в солодовню с замоченным зерном, необходимо определить удельную теплоемкость зерна. Удельную теплоемкость всякого влажного продукта можно определить как средневзвешенную величину удельных теплоемкостей сухих веществ данного продукта и воды по формуле

, (20)

где ***сСВ*** и ***св*** — удельная теплоемкость сухих веществ и воды соответственно, кДж/(кг∙К); ***Х*** — массовая доля сухих веществ во влажном продукте.

Удельная теплоемкость сухих веществ зерна или солода для ячменя, овса, проса и ржи составляет 1,423 кДж/(кг∙К), для пшеницы 1,51 кДж/(кг∙К). Удельная теплоемкость воды составляет 4,19 кДж/(кг∙К). Подставив все необходимые значения в формулу (20), найдем

 кДж/(кг∙К).

Тепло, вносимое в солодовню с замоченным зерном

 кДж.

Аналогично рассчитаем удельную теплоемкость свежепроросшего солода и тепло, выносимое из солодовни со свежепроросшим солодом:

 кДж/(кг∙К);

 кДж.

Тепло, выделяющееся при проращивании солода, составляет

 кДж.

Потери тепла в окружающую среду происходят преимущественно с открытой поверхности солода. Площадь открытой поверхности солода можно принять примерно равной площади сит солодовни. Замоченный ячмень будет иметь объем

 м3,

где 660 — объемная масса замоченного ячменя, кг/м3 (см. приложение 1).

Высота слоя замоченного зерна по условию составляет 0,6 м, следова­тельно, замоченный ячмень будет занимать площадь ***F***=37,5/0,6=62,5 м2. Отсюда потери тепла в окружающую среду составят

 кДж.

Энтальпию кондиционированного и отработанного воздуха можно определить по формуле

, (21)

где ***свзд*** — удельная теплоемкость абсолютно сухого воздуха (1,005 кДж/(кг∙К)); ***сп*** — удельная теплоемкость водяного пара (1,88 кДж/(кг∙К)); ***t*** — температура воздуха, °С; ***x*** — влагосодержание влажного воздуха, кг/кг (определяется по диаграмме ***I–x*** или по приложению 5); ***r*** — теплота испарения воды при 0°С (2500 кДж/кг); ***φ*** — относительная влажность воздуха, доли единицы.

Подставив соответствующие значения для кондиционированного и отработанного воздуха, получим:

***Iк***= 1,005⋅12 + 1,88⋅12⋅0,0089⋅0,98 + 2500⋅0,0089⋅0,98 = 34,06 кДж/кг;

***Iо***= 1,005⋅16 + 1,88⋅16⋅0,01159⋅0,84 + 2500⋅0,01159⋅0,84 = 40,71 кДж/кг.

Все вычисленные значения подставляем в выражение (13)

 кг.

Объемный расход воздуха за весь период солодоращения составит

 м3,

где 1,239 — плотность воздуха при нормальном давлении и температуре 12єС, кг/м3.

При восьмисуточном проращивании проветривание солода проводится в течение 6,5 суток, т.е. удельный часовой расход воздуха на проветривание составит

 м3/ч.

**2.3. Определение показателей работы солодовни**

При производстве солода неизбежны технологические потери. Из–за больших изменений, которые претерпевает объем и масса зерна в процессе переработки на солод, потери сухих веществ сложно учитывать. Обычно потери при солодоращении вычисляют по разности между массой сортированного ячменя, поступающего на замачивание, и массой готового выдержанного солода. Эти потери можно условно разделить на истинные и кажущиеся. Кажущиеся потери возникают из–за разницы во влажности ячменя и готового солода. Истинные потери — это потери на сплав, выщелачивание, дыхание и образование ростков.

Количество потерь зависит от сорта вырабатываемого солода, качества исходного зерна, режима замачивания и проращивания.

**2.3.1**.**Расчетные формулы и справочные материалы**

Суммарные потери при солодоращении

, (21)

где ***Мя*** и ***Мвс*** — масса сортированного ячменя и выдержанного солода соответственно, кг.

Истинные потери определяют продуктовым расчетом или учитывая сухие вещества сортированного ячменя и готового солода:

. (22)

Потери можно также определить как разницу между 100% и выходом солода на сухое вещество (***ВСВ***), который рассчитывается по формуле

, (23)

где ***Wя*** и ***Wвс*** — соответственно влажность сортированного ячменя и готового выдержанного солода, %.

Оценить качество работы солодовни можно, сравнивая плановый выход солода с фактическим, рассчитанным по уравнению (23). Плановый выход солода определяется по формуле

, (24)

где ***ВСВбаз*** — базисный выход солода на сухое вещество, принятый при круп­ности ячменя 60%, массовой доле белковых веществ в ячмене 11,0% на сухое вещество и продолжительности проращивания 7 суток (87,6%); **Δ*Ск*** — уточне­ние на качество сортированного ячменя, %; **Δ*Сп*** — уточнение на продолжи­тельность солодоращения, %. Поправки **Δ*Ск*** и **Δ*Сп*** определяют по таблицам 8 и 9.

**Таблица 8.** Уточнения базисного выхода солода на качество

сортированного ячменя

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание белка, %СВ | **Δ*Ск*** (%) при крупности ячменя, % | | | | | |
| 40–50 | 51–59 | 60–64 | 65–70 | 71–85 | 86–90 |
| 9,0–10,5 | –0,4 | –0,1 | +0,1 | +0,3 | +0,5 | +0,6 |
| 10,6–11,4 | –0,5 | –0,2 | 0 | +0,2 | +0,4 | +0,5 |
| 11,5–12,0 | –0,6 | –0,3 | –0,1 | +0,1 | +0,3 | +0,4 |
| 12,1–13,5 | –0,7 | –0,4 | –0,2 | –0,1 | +0,1 | +0,2 |

**Таблица 9.** Уточнения базисного выхода солода на

продолжительность проращивания

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Δ*Сп*** (%) при продолжительности проращивания, сут | | | |
| 5 | 6 | 7 | 8 |
| +1,5 | +1 | 0 | –0,8 |

**2.3.2. Пример**

Определить общие, ка­жущиеся и истинные потери при солодора­щении, если за отчетный период было переработано 5000 кг ячменя влажностью 14,2% и крупностью 65% и получено 3900 кг готового солода влажностью 5%. Содержание белка в исходном ячмене составляло 11,6%. Солодоращение восьмисуточное.

**Решение.** Общие потери определяем по формуле (21)

 кг.

Истинные потери находим как разницу между массой сухих веществ сортированного ячменя и готового солода

 кг.

Таким образом, кажущиеся потери составляют

 кг.

Выход солода на сухое вещество за отчетный период найдем по формуле (23)

 %,

тогда потери сухих веществ составят  %.

Плановый выход солода установим по формуле (24) с учетом поправок, найденных по таблицам 8 и 9:

%.

Сравнение планового и фактического выходов солода дает возможность установить, что за отчетный период солодовней произведено солода меньше на 0,54%.

**2.4. Контрольные задания и задачи**

**1.** Определить выход свежепроросшего солода из сортированного ячменя при следующих исходных данных:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Вариант | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| ***Wя***, % | 14 | 14,5 | 15 | 15,5 | 14,8 | 10 | 12 | 12,5 | 14,2 | 10,5 |
| ***Wзя***, % | 43 | | 45 | | 46 | | 47 | | 48 | |
| ***Wпс****,* % | 42 | | 43 | | 44 | | 44,5 | | 45 | |
| ***Мя***, т | 20 | | | | 25 | | | | 28 | |
|  | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| ***Wя***, % | 11 | 11,5 | 13 | 13,5 | 13,8 | 16 | 14 | 13,5 | 14,7 | 13 |
| ***Wзя***, % | 43 | | 45 | | 44 | | 45 | | 43 | |
| ***Wпс****,* % | 42 | | 43 | | 42 | | 43 | | 42 | |
| ***Мя***, т | 28 | | 35 | | | | 18 | | | |

**2.** Определить примерный расход воздуха на проветривание зерна в солодовне с передвижной грядкой в условиях задачи 1. Дополнительные данные для расчета приведены в таблице.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Вариант | | | |
| **1–5** | **6–10** | **11–15** | **16–20** |
| Параметры кондиционированного воздуха |  | | | |
| Температура, °С | 12 | | | |
| Влажность, % | 98 | | 99 | |
| Объемная масса, кг/м3 | 1,23 | | | |
| Параметры отработанного воздуха |  | | | |
| Температура, °С | 16 | | 17 | |
| Влажность, % | 85 | | 82 | |
| Температура замоченного ячменя, °С | 12 | 11 | 13 | 14 |
| Конечная температура солода, °С | 15 | | 16 | |
| Средняя температура солода, °С | 16 | | 17 | |
| Температура воздуха в солодовне, °С | 14 | | 16 | |
| Высота слоя замоченного зерна, м | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| Продолжительность проращивания, сут | 8 | | | |

**3.** Определить общие, кажущиеся и истинные потери при солодоращении по данным, приведенным в таблице. Оценить качество работы солодовни.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Исходный ячмень | | | | Готовый солод | | Продолжи­тель­ность солодора­щения, сут |
| ***Мя***, кг | ***Wя***, % | Крупность, % | Белок,  % СВ | ***Мвс***, кг | ***Wвс***, % |
| 1 | 2000 | 14,2 | 60 | 11 | 1600 | 4,8 | 8 |
| 2 | 15 | 63 | 11,4 | 5 | 7 |
| 3 | 13,2 | 56 | 12,1 | 4,5 | 7 |
| 4 | 14 | 66 | 9,5 | 4 | 7 |
| 5 | 4500 | 14,5 | 68 | 10 | 3500 | 4,3 | 7 |
| 6 | 14,8 | 71 | 10,5 | 4,5 | 8 |
| 7 | 15 | 54 | 9 | 5 | 8 |
| 8 | 14,5 | 66 | 11,7 | 5,2 | 8 |
| 9 | 8000 | 14,1 | 68 | 12 | 6120 | 4,5 | 6 |
| 10 | 13,5 | 75 | 12,5 | 5 | 6 |
| 11 | 13,2 | 58 | 11,8 | 5,3 | 6 |
| 12 | 14,3 | 60 | 11,5 | 5,5 | 5 |
| 13 | 5600 | 14 | 67 | 12,2 | 4200 | 6 | 5 |
| 14 | 14,5 | 59 | 12,3 | 4,9 | 6 |
| 15 | 13,9 | 69 | 9,8 | 5,1 | 7 |
| 16 | 14,5 | 65 | 10,1 | 5,7 | 7 |
| 17 | 12 000 | 14,4 | 72 | 9,7 | 9500 | 5,2 | 8 |
| 18 | 14,1 | 70 | 10,4 | 4,8 | 8 |
| 19 | 13,5 | 71 | 12 | 5,8 | 7 |
| 20 | 14 | 77 | 11,2 | 6 | 7 |

**3. ТЕХНОЛОГИЯ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**3.1. Технологические расчеты на стадии затирания**

Смесь зернопродуктов с водой называется **затором**, масса зернопродуктов, загружаемая в заторный аппарат, — **засыпью**, количество воды, расходуемое на приготовление затора — **наливом**. Отношение массы засыпи к общему количеству воды, используемой на затирание, называют **гидромодулем**. Практически гидромодуль составляет от 1:3,5 до 1:4.

Затирание производится настойным или отварочным способом. Иногда используют специальные способы затирания. Их применяют с целью увеличения выхода экстрактивных веществ, понижения конечной степени сбраживания или улучшения качества пива.

**3.1.1. Основные расчетные формулы и справочные материалы**

Рецептуры засыпей некоторых сортов пива приведены в приложении 6. Объем воды (в л на 100 кг зернопродуктов), необходимой для приготовления затора, можно определить по формуле

, (25)

где ***Е*** — экстрактивность лабораторного сусла, %; ***В*** — желаемая концентрация первого сусла, %.

Начальную температуру затора, устанавливающуюся после смешивания солода и воды, вычисляют по уравнению теплового баланса

, (26)

где ***Qс***, ***Qв*** и ***Qз*** — соответственно теплота солода (зернопродуктов), воды и затора, кДж.

Уравнение (26) можно переписать в виде



и выразить из него температуру затора:

, (27)

где ***Мс***, ***Мв*** и ***Мз*** — соответственно масса солода (зернопродуктов), воды и затора, кг; ***tс***, ***tв*** и ***tз*** — соответственно температура солода, воды и затора, °С; ***сс***, ***св***, ***сз*** — соответственно удельная теплоемкость солода, воды и затора, кДж/(кг∙К).

Удельную теплоемкость солода, несоложеных зернопродуктов и затора можно вычислить по уравнению (20).

Расход пара известных параметров (температуры, давления) на приготовление затора можно также определить, пользуясь уравнениями теплового баланса. Например, количество тепла, требуемое для нагрева заторной массы до некоторой температуры, можно определить по формуле

, (28)

где ***t***1 и ***t***2 — соответственно начальная и конечная температуры затора, °С.

Если греющий пар только конденсируется, то количество тепла, которое он отдает заторной массе, равно

, (29)

где ***G*** — расход пара, кг; ***r*** — удельная теплота парообразования, кДж/кг.

В том случае, если конденсат охлаждается, количество тепла, передаваемое заторной массе, будет

, (30)

где ***ск*** — удельная теплоемкость конденсата при средней температуре между температурой насыщенного пара и конечной температурой конденсата, кДж/(кг∙К); ***tп*** — температура насыщенного пара, °С; ***tкк*** — конечная температура конденсата, °С.

В случае приготовления затора отварочным способом объем отварки (***Vотв***) определяется по формуле

, (31)

где ***t***1 — температура фазы затирания, на которую планируется перевести затор после возврата отварки, °С; ***t***0 — температура основной части затора, °С; ***Vз*** — объем затора, дал (гл).

**3.1.2. Примеры**

**Пример 1.** Рассчитать объем воды, необходимый для приготовления затора для Рижского пива, если единовременная засыпь составляет 3000 кг, экстрактив­ность лабораторного сусла 72%, а желаемая плотность первого сусла 15%. Какую начальную температуру будет иметь затор, если солод на затирание поступает с температурой 12°С и смешивается с водой, имеющей температуру 56°С?

**Решение.** По приложению 6 находим, что засыпь для Рижского пива состоит из 100% светлого ячменного солода. По формуле (25) определяем объем воды в л на каждые 100 кг солода

.

Далее с помощью пропорции рассчитываем полный объем налива (***Vн***)

 л.

Удельную теплоемкость солода, имеющего влажность 5% (см. приложение 1), определяем по формуле (20)

 кДж/(кг∙К).

Для определения теплоемкости затора уравнение (20) запишем в виде

, (32)

где ***сс*** и ***св*** — соответственно удельные теплоемкости солода и воды, кДж/(кг∙К); ***Мс***, ***Мв*** и ***Мз*** — соответственно масса солода, воды и затора, кг.

В данном конкретном случае для расчета удельной теплоемкости затора удобнее оперировать массами, а не массовыми долями. Подставив необходимые величины в формулу (32), получим

 кДж/(кг∙К).

Отсюда начальная температура затора

°С.

**Пример 2.** Определить расход пара избыточным давлением 0,245 МПа на затирание 3000 кг зернопродуктов в условиях задачи 1. Затирание производится настойным способом. Начальная температура воды, используемой для затирания, 10°С. Теплоту, отдаваемую паром, рассчитать при условии, что образующийся конденсат охлаждается до 100°С.

**Решение.** Тепло при проведении затирания расходуется на нагрев воды до температуры 56°С (***Q***1) и на прогрев заторной массы от температуры 52°С до 75°С (***Q***2). Рассчитаем теплоты по уравнению (28):

 кДж.

 кДж.

Поскольку образующийся конденсат охлаждается до 100°С, для определе­ния расхода пара воспользуемся уравнением (30). По справочным таблицам (см. приложение 7) определяем, что удельная теплота парообразования для пара избыточным давлением 0,245 МПа составляет 2157,5 кДж/кг, а температура этого пара 137,4°С. Тогда требуется определить удельную теплоемкость конденсата при средней температуре (137,4+100)∙0,5=119°С. Она составляет 4,23 кДж/(кг∙К) (см. приложение 8). Отсюда расход пара на затирание составит

 кг.

В пересчете на каждые 100 кг затираемых зернопродуктов это составит

 кг.

**3.1.3. Задания и задачи**

**1.** Рассчитать состав засыпи для Жигулевского пива, если общая масса засыпи составляет 5500 кг.

**2.** Рассчитать объем воды, необходимый для приготовления затора в условиях задачи 1, если экстрактивность лабораторного сусла составляет 73,5%, а желаемая концентрация первого сусла 14%?

**3.** В условиях задач 1 и 2 определить начальную температуру затора, если зернопродукты поступают на затирание с температурой 12°С, а вода — с температурой 47°С. Какие ферменты будут активизироваться при этой температуре в заторе прежде всего?

**4.** На затирание поступает 1500 кг зернопродуктов, имеющих температуру 13°С. Какова должна быть температура воды, подаваемой в заторный котел, если гидромодуль затора 1:3,5, а начальная температура затора должна составлять 52°С?

**5.** Определить общий и удельный расход пара избыточным давлением 0,245 МПа на приготовление затора настойным способом в условиях задачи 4 при условии охлаждения конденсата до 100°С. Начальная температура технологической воды 15°С.

**6.** Какой объем затора необходимо отобрать на отварку после белковой паузы, если после возврата отварки планируется поднять температуру затора до 72°С? Объем затора 10,5 м3.

**7.** Рассчитать расход пара избыточным давлением 0,245 МПа на приготовление затора одноотварочным способом. Единовременная засыпь 3000 кг, гидромодуль 1:4. Начальная температура технологической воды 15°С, температура солода 12°С, начальная температура затора 52°С. Отварку отбирают после белковой паузы в количестве 45% от массы затора. Во время кипячения отварки испаряется 2% воды. Расчет провести при условии, что конденсат греющего пара охлаждается до 100°С. КПД заторных аппаратов 0,95.

**3.2. Технологические расчеты на стадии кипячения сусла с хмелем**

При кипячении сусла с хмелем ценные вещества хмеля переходят в раствор, происходит инактивация ферментов, коагуляция белков, стерилизация сусла и увеличение его концентрации до заданной плотности. Процесс кипячения продолжается 1,5–2,5 ч, за это время массовая концентрация сухих веществ в сусле возрастает на 1,6–2%. Часовое испарение воды составляет 8–12% от общего объема сусла.

**3.2.1. Основные расчетные формулы**

Количество сухих веществ в сусле до и после кипячения является величиной постоянной. Поэтому количество испарившейся в процессе кипячения воды (***W***) находят из уравнения материального баланса

, (33)

где ***М*** — начальная масса сусла, кг (т); ***Хн*** и ***Хк*** — концентрация сусла в начале и конце кипячения, массовые доли.

Выразим из уравнения (33) массу испаренной воды:

 (34)

Для определения расхода пара на кипячение сусла пользуются уравнениями теплового баланса (28–30).

Зерновое сырье, применяемое для изготовления пива, не всегда обладает одинаковым качеством, из–за чего каждая следующая варка несколько отличается от предыдущей. Для выравнивания качества сусла и пива используют прием смешивания сусла одного сорта, но разных варок. Иногда смешивают сусло с различной начальной экстрактивностью для корректировки плотности. Материальный баланс в случае смешивания сусла различной плотности будет иметь вид

, (35)

где ***V***1 и ***V***2 — смешиваемые объемы сусла, л; ***В***1 и ***В***2 — концентрации смешиваемых сусел, %; ***В***3 — требуемая концентрация сусла, %.

**3.2.2. Пример**

Начальный объем сусла в сусловарочном аппарате 9,75 м3. Плотность сусла 1033,9 кг/м3. Начальная концентрация сухих веществ в сусле 9%; конечная — 11%. Рассчитать расход пара избыточным давлением 0,245 МПа на кипячение сусла, при условии, что конденсат греющего пара охлаждается до 100°С. Начальная температура сусла 68°С. КПД сусловарочного аппарата 0,95.

**Решение.** Определим массу воды, испаряемой в процессе кипячения, по уравнению (34)

кг.

Удельную теплоемкость сусла с концентрацией сухих веществ 9% определим по формуле (20)

 кДж/(кг∙К).

Количество тепла, требуемое для нагревания сусла до температуры кипения, находим по формуле (28)

 кДж.

Количество тепла, требуемое для испарения воды, найдем по уравнению (29)

 кДж.

Расход греющего пара определим по уравнению (30)

 кг.

**3.2.3. Задания и задачи**

**1.** Определить количество воды, выпариваемой при варке сусла, если начальная концентрация сухих веществ 11%, конечная — 13%, а количество сусла в котле на момент начала кипячения составляло 19,3 м3.

**2.** Кипячение сусла продолжалось 2 ч. За это время испарилось 5062 кг воды. Какова была начальная концентрация сусла, если готовилось Рижское пиво? Начальная масса сусла 40493 кг.

**3.** В процессе кипячения 9,75 м3 сусла с концентрацией сухих веществ 13,6% было выпарено 11% воды. Какова концентрация сусла в конце кипячения?

**4.** Рассчитать расход пара избыточным давлением 0,3 МПа на варку сусла для Мартовского пива, если начальная концентрация сухих веществ в сусле 12,7%. Начальная температура сусла 70°С, начальный объем сусла в котле 38,4 м3. Расход пара определить при условии, что конденсат охлаждается до 100°С.

**5.** Рассчитать расход пара на приготовление сусла для пива «Московское» в варочном агрегате с единовременной засыпью 3000 кг. Начальная температура холодной воды 10°С, начальная температура затирания 52°С, способ затирания одноотварочный. Избыточное давление пара 0,4 МПа, конденсат отводится при температуре конденсации. Гидромодуль 1:4, расход воды на промывание пивной дробины 430 л на каждые 100 кг зернопродуктов.

**6.** Получено 1567 дал сусла с содержанием сухих веществ 12,5%. Сколько воды необходимо добавить в сусло, чтобы снизить его концентрацию до 12%?

**7.** Имеется 5200 дал сусла экстрактивностью 11%. Какой объем сусла экстрактивностью 20% необходимо добавить, чтобы получить сусло с содержанием сухих веществ 13,5%?

**8.** Какую концентрацию будет иметь смесь 2000 дал сусла экстрактивностью 14% и 520 дал сусла экстрактивностью 11,5%?

**9.** Сколько воды необходимо добавить в сусло, полученное в задаче 3, если известно, что готовилось Самарское пиво?

**3.3. Определение выхода экстракта в варочном цехе**

Под выходом экстракта понимают количество растворимых веществ, перешедших в сусло из затертых зернопродуктов. В варочном цехе потери сусла происходят в солодовой и хмелевой дробине, кроме того, имеют место кажущиеся потери объема сусла в результате его сжатия при охлаждении.

Для оценки работы варочного цеха определяют выход экстракта за определенный период и сравнивают его со средневзвешенной экстрактив­ностью израсходованных зернопродуктов. Разница между средневзвешенной экстрактивностью сырья по данным лаборатории и выходом экстракта в варочном цехе должна составлять 1,6–2,2%. Более высокие потери указывают на необходимость усовершенствования технологических процессов дробления зернопродуктов, промывания дробины или затирания.

**3.3.1. Расчетные формулы**

Выход экстракта в варочном отделении рассчитывают по формуле

, (36)

где ***Е*** — выход экстракта, %; ***V*** — объем горячего сусла, л; ***В*** — массовая доля сухих веществ в сусле, %; ***d*** — относительная плотность сусла при 20°С, кг/дм3; ***Р*** — масса израсходованных зернопродуктов, кг; 0,96 — коэффициент, учиты­вающий уменьшение объема сусла при его охлаждении от 100 до 20°С и изменение объема за счет внесения хмеля и коагуляции белков.

Потери экстракта вычисляют по разности между массой экстрактивных веществ в затертых зернопродуктах и массовой долей сухих веществ в сусле

, (37)

где ***Пэ*** — потери экстракта в варочном цехе, кг; ***Ес*** — экстрактивность солода на сухое вещество, %; ***Р*** — количество израсходованного солода, кг.

Потери экстракта, %

. (38)

В случае использования в составе засыпи значительного количества несоложеных зернопродуктов или специальных солодов экстракт, вносимый с этими зернопродуктами учитывают отдельно. Если в состав засыпи входит сахар, то при расчетах его количество вычитают:

, (39)

где ***S*** — масса сахара в составе засыпи, кг.

**3.3.2. Задания и задачи**

**1.** Рассчитать выход экстракта в варочном цехе, если при затирании 1250 кг солода получено 8750 л горячего сусла с содержанием сухих веществ 10,23% и относительной плотностью 1,041 кг/дм3.

**2.** Определить потери в варочном цехе, если из 3000 кг солода с экстрактивностью 76% было получено 15672 л горячего сусла с содержанием сухих веществ 14% и относительной плотностью 1,057 кг/дм3.

**3.** Определить потери в варочном цехе при изготовлении сусла для Жигулевского пива, если для затирания было израсходовано 1500 кг зернопродуктов и получено 9915 л горячего сусла концентрацией 11% и относительной плотностью 1,0399 кг/дм3. Экстрактивность использованного светлого солода составляла 75%, экстрактивность ячменя 72%.

**4.** Определить выход экстракта при изготовлении сусла для Самарского пива, если масса засыпи составляла 3000 кг. Было получено 14520 л сусла концентрацией 14,5%.

**3.4. Технологические расчеты на стадии сбраживания**

Классический процесс сбраживания пивного сусла принято делить на главное брожение и дображивание. Во время главного брожения сбраживается основное количество сахаров, содержащихся в сусле, образуется спирт, диоксид углерода и побочные продукты брожения. При дображивании в молодом пиве сбраживаются остаточные сахара, происходит осветление, созревание пива и насыщение его диоксидом углерода.

**3.4.1. Основные расчетные формулы**

О ходе брожения и количестве сброженного экстракта судят по степени сбраживания. Различают видимую и действительную степени сбраживания. Видимая степень сбраживания (***ССв***) определяется с помощью сахарометра. Так как показания сахарометра искажаются из–за присутствия спирта, степень сбраживания называется видимой.

, (40)

где ***В*** — массовая доля сухих веществ в начальном сусле, %; ***n*** — массовая доля видимого экстракта в сбраживаемом сусле, %.

Действительную степень сбраживания (***ССд***) определяют после отгонки спирта и замены отогнанного количества спирта водой.

, (41)

где ***е*** — массовая доля действительного экстракта в сбраживаемом сусле, %.

Соотношение между видимой и действительной степенью сбраживания выражает формула

. (42)

Рабочий объем бродильного аппарата определяется по формуле

, (43)

где ***V*** — полезная емкость бродильного аппарата, дал; ***Vхс*** — объем холодного сусла, получаемого с одной варки, дал; ***k*** — количество варок, направляемых в один бродильный чан (***k***=1ч4); 0,9 — коэффициент заполнения бродильного аппарата суслом.

В ходе главного брожения выделяется тепло, количество которого зависит от интенсивности процесса брожения. При сбраживании 1 кг мальтозы выделяется 613,8 кДж тепла. В конце главного брожения производят охлаждение молодого пива перед его перекачиванием в аппараты дображивания. Количество теплоты, которое необходимо при этом отвести, можно рассчитать по уравнению (28).

**3.4.2. Задания и задачи**

**1.** Начальное сусло с концентрацией сухих веществ 11,2% на восьмые сутки брожения имело массовую долю видимого экстракта 4,5%, а действительного экстракта — 5,75%. Рассчитать видимую и действительную степень сбраживания.

**2.** Московское пиво к моменту окончания главного брожения имело массовую долю видимого экстракта 5,2%. Рассчитать видимую и действительную степень сбраживания пива.

**3.** Определить требуемый объем аппарата главного брожения для одновре­менного сбраживания сусла с двух варок жигулевского пива. Единовременная засыпь зернового сырья 3000 кг.

**4.** Определить количество тепла, выделяющегося в процессе сбраживания 18,3 м3 сусла от 12 до 5,5% сухих веществ.

**5.** Определить количество тепла, которое нужно отвести от молодого пива при его охлаждении от 6 до 1,5°С. Объем пива 11 м3. Удельная теплоемкость молодого пива 4,006 кДж/(кг∙К), плотность молодого пива 1,02 кг/дм3.

**3.5. Контрольные задания и задачи**

**1.** Условия проведения затирания приведены в таблице. Определить темпе­ратуру воды, подаваемой на приготовление затора. Рассчитать общий и удельный расход пара на затирание настойным и одноотварочным способом при условии, что образующийся конденсат охлаждается до 100єС. Условия отбора и кипячения отварки принять аналогично задаче 7 (п 3.1.3). КПД заторных аппаратов принять 0,95.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Начальная температура затирания, єС | Температура технологичес­кой воды, єС | Масса засыпи, т | Температура зернопродук­тов, єС | Давление греющего пара, МПа | Гидро­модуль |
| 1 | 37 | 10 | 0,5 | 12 | 0,245 | 1:4 |
| 2 | 42 |
| 3 | 45 | 12 | 1,0 |
| 4 | 52 |
| 5 | 37 | 15 | 1,5 | 13 |
| 6 | 42 |
| 7 | 45 | 18 | 2,0 |
| 8 | 52 |
| 9 | 37 | 10 | 3,0 | 14 | 0,3 | 1:3,5 |
| 10 | 42 |
| 11 | 45 | 12 | 4,0 |
| 12 | 52 |
| 13 | 37 | 15 | 5,5 | 15 | 0,4 | 1:4 |
| 14 | 42 |
| 15 | 45 | 18 | 7,0 |
| 16 | 52 |
| 17 | 37 | 10 | 7,0 | 16 |
| 18 | 42 |
| 19 | 45 | 15 | 8,5 |
| 20 | 52 |

**2.** Кипячение сусла с хмелем проводится в условиях, описанных в таблице. Определить количество выпариваемой в процессе кипячения сусла воды и рас­считать расход пара на технологическую операцию. Давление греющего пара, условия отвода конденсата и КПД аппаратов принять аналогично задаче 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Начальная концен­трация сусла, % | Начальная температура сусла, єС | Сорт пива | Начальный объем сусла, м3 |
| 1 | 11 | 70 | Московское | 2,89 |
| 2 | 10 | 68 |
| 3 | 12,5 | 70 | Невское |
| 4 | 13 | 68 |
| 5 | 12,1 | 65 | Казанское | 6,5 |
| 6 | 11,3 | 72 |
| 7 | 14 | 65 | Праздничное | 6,5 |
| 8 | 14,5 | 72 |
| 9 | 6 | 70 | Столовое | 9,75 |
| 10 | 6,8 | 68 |
| 11 | 18,2 | 70 | Ленинградское |
| 12 | 18 | 68 |
| 13 | 13,6 | 65 | Двойное золотое | 19,3 |
| 14 | 14 | 72 |
| 15 | 18,1 | 65 | Портер |
| 16 | 18,5 | 72 |
| 17 | 11,7 | 70 | Украинское | 38,4 |
| 18 | 11 | 75 |
| 19 | 15,5 | 70 | Останкинское |
| 20 | 15 | 75 |

**4. ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Основными способами приготовления безалкогольных напитков являются объемно–смесительный и синхронно–смесительный. По объемно–смеситель­ному способу купажный сироп дозируется в бутылки, которые затем заполняются газированной водой до номинального объема. По синхронно–смесительному способу купажный сироп и деаэрированная вода смешиваются в определенных пропорциях в синхронно–смесительной установке и затем насыщаются углекислым газом. Напитки, приготовленные синхронно–смесительным способом, обладают более стабильными физико–химическими показателями и более высокой стойкостью.

**4.1. Расчет компонентов сахарного сиропа и колера**

Сахарный сироп входит в состав купажей безалкогольных и слабоалко­гольных напитков, товарных сиропов, кваса. Различают белый и инвертный сахрный сироп. Белый сахарный сироп представляет собой концентрированный водный раствор сахарозы. В безалкогольном производстве используют сироп с концентрацией сухих веществ 60–65%. Инвертный сахарный сироп содержит, кроме сахарозы, инвертный сахар (смесь эквимоле­кулярных количеств глюкозы и фруктозы). Инвертирование сахарного сиропа проводят при температуре 70°С в присутствии органических кислот, например, лимонной. Для варки сахарного сиропа разрешается использовать промывные воды, содержащие сахар, и чистый брак напитков.

Колер — это водный раствор карамелизованной сахарозы. Его исполь­зуют для подкрашивания товарных сиропов, безалкогольных напитков и кваса. Колер готовят при температуре 180–200°С в колероварочных котлах с электро­обогревом. Для плавления сахара добавляют 2% воды, после расплавления сахара и побурения массы вносят дополнительно 8% воды от массы сахара. Содержание сухих веществ в готовом колере не менее 70±2% массовых.

**4.1.1. Примеры**

**Пример 1.** Рассчитать расход компонентов на приготовление 500 л сахарного сиропа концентрацией 65%, если при варке сиропа испаряется 10% воды.

**Решение.** По приложению 10 находим, что сахарный сироп концентрацией 65% при 20єС имеет относительную плотность 1,319. Масса 500 л такого сиропа составит 500∙1,319=659,5 кг. В соответствии с заданной концентрацией 100 кг сиропа должны содержать 65 кг сахара и 35 кг воды, а в пересчете на 500 л

659,5∙0,65=428,675 кг сахара,

659,5–428,675=230,825 кг воды.

Поскольку товарный сахар–песок имеет влажность 0,15%, фактически сахара необходимо задать

 кг.

Воды с учетом потерь на испарение потребуется 230,825∙1,1=253,9 кг.

**Пример 2.** Рассчитать расход компонентов на приготовление 100 кг колера с содержанием сухих веществ 70%, если потери при варке колера составляют 28% от массы сухих веществ сахара.

**Решение.** 100 кг готового колера с содержанием сухих веществ 70% будет содержать 70 кг сухих веществ. С учетом потерь при варке необходимо задать сухих веществ 70∙1,28=89,6 кг. При влажности сахара 0,15% его понадобится

 кг.

Воды потребуется 10% от массы сахара, то есть 89,73∙0,1=8,97 кг.

**4.1.2. Задания и задачи**

**1.** Рассчитать расход компонентов на приготовление 650 л сахарного сиропа концентрацией 62%. Потери воды при варке сиропа принять 10%.

**2.** Для варки сахарного сиропа с концентрацией сухих веществ 65% планируется использовать чистый брак напитка с содержанием сухих веществ 6% в количестве 25 л. Сколько сахара и воды требуется задать в сироповарочный котел, если объем приготавливаемого сиропа 100 л?

**3.** Для варки сахарного сиропа с концентрацией сухих веществ 62,5% применяют промывные воды с содержанием сухих веществ 3,2% в количестве 16 л. Сколько сахара и воды требуется задать в сироповарочный котел если объем приготавливаемого сиропа 250 л?

**4.** Рассчитать расход компонентов на приготовление 125 кг колера с содержанием сухих веществ 71,5%. Потери сухих веществ при варке колера принять 28%.

**5.** На варку колера взято 100 кг сахарного песка влажностью 0,15%. Рассчитать выход готового колера в кг, если он составляет 105% от количества сухих веществ сахара. Какова будет концентрация сухих веществ в готовом колере, если потери при варке составляют 28%?

**4.2. Расчет компонентов купажного сиропа**

Купажные сиропы готовят горячим, полугорячим и холодным способами. Горячий и полугорячий способы применяют при изготовлении напитков на натуральных соках и морсах. Холодный способ используют в случае применения пищевых эссенций, ароматизаторов, композиций и концентратов. Сырье и полуфабрикаты закладываются в купажный чан в соответствии с рецептурой в строго определенной последовательности. Готовый купажный сироп должен быть прозрачным, иметь хорошо выраженный вкус, цвет и аромат, характерный для изготавливаемого напитка.

**4.2.1. Основные расчетные формулы**

Сахар вводится в купаж в виде сахарного сиропа. Его необходимое количество в л вычисляют по формуле

, (44)

где ***SCB*** — количество сухих веществ сахара на 100 дал напитка по рецептуре, кг; ***Q*** — объем напитка, подлежащий изготовлению, дал; ***В*** — содержание сахара в 1 л сиропа (определяется по приложению 10).

Количество вносимого в купажный сироп сока определяют с учетом его экстрактивности. Если экстрактивность имеющегося сока выше или ниже рецептурной, следует произвести пересчет нормы закладки сока. Вначале рассчитывают, сколько сухих веществ вносится в купажный сироп со стандартным соком по формуле

, (45)

где ***МсСВ*** — масса экстрактивных веществ стандартного сока, кг; ***Vр*** — объем сока, вносимый по рецептуре, л; ***b*** — содержание экстрактивных веществ в соке стандартного качества, г/100 мл.

Затем производят расчет объема имеющегося в распоряжении сока (***Vф***), экстрактивность которого отличается от приведенной в рецептуре:

, (46)

где ***bф*** — фактическое содержание сухих веществ в соке, г/100 мл.

Если при изготовлении напитка сок заменяется экстрактом, то количество сухих веществ, вносимых с экстрактом, должно равняться количеству сухих веществ, вносимых по рецептуре с соком.

При расчете нормы внесения кислоты следует учитывать кислоту, вносимую со всеми полуфабрикатами, в том числе и с инвертным сахарным сиропом. Кроме того, необходимо вносить поправку на нейтрализацию щелочности воды, используемой для приготовления напитка. При расчетах иногда возникает необходимость выражения кислотности напитка или полуфабриката по молочной, виннокаменной или другой кислоте. Это делают, исходя из того, что 1 г лимонной кислоты эквивалентен 1,17 г виннокаменной, 1,4 г молочной кислоты (в пересчете на 100%) и 0,5 г ортофосфорной кислоты.

Количество кислоты, вносимое в купажный сироп, определяют по формуле

, (47)

где ***L***0 — масса кислоты, необходимая для получения кислотности напитка, соответствующей рецептуре, кг; ***А*** — суммарная масса кислоты, вносимой в купажный сироп с полуфабрикатами, кг; ***N*** — масса кислоты, необходимой для нейтрализации щелочности воды, кг.

Для расчета массы кислоты, требуемой на нейтрализацию щелочности воды, необходимо определить объем воды, вводимой в напиток. Он определяется по разности объема напитка и объемов вносимых жидких полуфабрикатов (сока, вина, экстракта, сахарного сиропа).

Масса кислоты, требуемой для создания кислотности напитка, определяется исходя из его нормативных физико–химических показателей. При расчетах пользуются коэффициентом: 1 мл 1 н раствора NaOH эквивалентен 0,064 г лимонной, 0,075 г виннокаменной, 0,09 г молочной и 0,049 г ортофосфорной кислот.

**4.2.2. Примеры**

**Пример 1.** Для приготовления 100 дал напитка «Вишня» по рецептуре расходуется 95,53 л вишневого сока с концентрацией сухих веществ 11,4 г/100 мл. Сколько потребуется вишневого сока с содержанием экстрактивных веществ 10,8 г/100 мл для приготовления 250 дал такого напитка?

**Решение.** Количество сухих веществ, вносимое со стандартным вишневым соком на 100 дал напитка «Вишня» определим по формуле (45):

 кг.

Определим фактический объем сока, который требуется внести на 100 дал напитка по формуле (46):

 л.

Для изготовления 250 дал напитка такого сока потребуется

100,83∙2,5=252,075 л.

**Пример 2.** Необходимо изготовить 100 дал напитка «Яблоко». Кислотность напитка согласно рецептуре составляет 2 мл 1 н раствора NaOH на 100 мл напитка. Напиток готовится с использованием натурального яблочного сока с кислотностью 12,5 мл 1 н раствора NaOH. На приготовление 100 дал напитка по рецептуре вносится 133,7 л сока и 65,7 кг сахара. Щелочность воды составляет 2,5 мг–экв/л. Рассчитать расход лимонной кислоты.

**Решение.** 2 мл 0,1 н раствора NaOH на 100 мл готового напитка соответствуют содержанию лимонной кислоты 2∙0,064=0,128 г/100 мл. Т.е. 100 дал готового напитка «Яблоко» содержат ***L***0=1,28 кг лимонной кислоты.

Кислотность используемого в производстве яблочного сока составляет 12,5 мл 1 н раствора NaОН на 100 мл. Это соответствует содержанию лимонной кислоты в соке 12,5∙0,064=0,8 г/100 мл. Т.е. с яблочным соком будет внесено лимонной кислоты ***А***=8∙133,7=1069,6 г или 1,07 кг.

Содержание воды в напитке находим по разности между объемом напитка и объемами сока и сахара. Объем раствора сахара определяем по формуле

, (48)

где ***SCB*** — расход сухих веществ сахара на приготовление напитка, кг; ***ρ*** — плотность сахарного раствора (1,56 кг/дм3).

Итак, на приготовление 100 дал напитка «Яблоко» расходуется

***SСВ***=65,7∙0,9985=65,6 кг сухих веществ,

где 0,9985 — содержание сухих веществ в сахаре по ГОСТ 21–94, доли.

Следовательно, объем, занимаемый раствором сахара, будет

 л.

Тогда объем воды, требуемый для приготовления напитка, составит

 л.

Количество лимонной кислоты на нейтрализацию 100 дал воды щелочностью 2,5 мг–экв/л составит 160 г (см. приложение 11). Следовательно, на нейтрализацию вычисленного ранее объема воды потребуется кислоты

 г.

Общий расход лимонной кислоты определим по формуле (47)

 кг.

В пересчете на товарную лимонную кислоту это составит

 кг,

где 90,97 — содержание сухих веществ в товарной лимонной кислоте по ГОСТ 908–79Е, %.

**4.2.3. Задания и задачи**

**1.** Подлежит изготовлению 150 дал напитка «Байкал». На 100 дал такого напитка по рецептуре вносится 50,08 кг сахара с содержанием сухих веществ 99,85 %. Рассчитать объем сахарного сиропа концентрацией 67%, который требуется внести в купажный чан.

**2.** Расход апельсинового сока (содержание сухих веществ 9,2 г/100 мл) на приготовление 100 дал напитка «Цитрусовый» составляет 285 л. Сколько апельсинового сока с содержанием сухих веществ 8,5 г/100 мл потребуется внести в купаж при изготовлении 50 дал напитка?

**3.** На 100 дал напитка «Яблоко» по рецептуре расходуется 133,7 л яблочного сока с содержанием сухих веществ 9,8 г/100 мл и кислотностью 12,5 мл 1 н раствора NaОН на 100 мл сока. Сколько яблочного сока концентрацией 10,5 г/100 мл потребуется для изготовления 120 дал такого напитка? Сколько лимонной кислоты потребуется внести в купаж, если кислотность исполь­зуемого сока составляет 12,8 мл 1 н раствора NaОН, а количество сахара по рецептуре составляет 65,7 кг на 100 дал? Кислотность готового напитка «Яблоко» — 2 мл 1 н раствора NaОН на 100 мл, щелочность воды, используемой в производстве 1,5 мг–экв/л.

**4.** Кислотность готового напитка «Лимон лайм» составляет 2,5 мл 1 н раствора NaОН на 100 мл. Какое количество лимонной кислоты требуется внести при изготовлении 150 дал напитка, если щелочность применяемой воды составляет 1 мг–экв/л, а напиток изготавливается с применением аспартама и аромати­заторов?

**5.** Расход лимонной кислоты на изготовление 100 дал напитка «Кола» состав­ляет 0,4 кг. Какое количество ортофосфорной кислоты потребуется внести при изготовлении 185 дал напитка, если щелочность используемой воды 0,5 мг–экв/л? Расход сахара на приготовление 100 дал напитка равен 50,08 кг.

**4.3. Расчет концентрации купажного сиропа**

При использовании объемно–смесительного способа производства напитков рассчитывают дозу купажного сиропа на бутылку по формуле

, (49)

где ***D*** — доза купажного сиропа на бутылку, мл; ***Б*** — объем напитка в бутылке, мл; ***Вн*** и ***Вкс*** — содержание сухих веществ в 1 л готового напитка и купажного сиропа соответственно, г.

Рекомендуется в целях обеспечения более точной работы дозировочного автомата применять единую дозу купажного сиропа на бутылку для всего ассортимента выпускаемых напитков, например, 100 мл на 0,5 л. Для этого необходимо, преобразовав формулу (49), рассчитать требуемое содержание сухих веществ в купажном сиропе.

В случае синхронно–смесительного способа производства концентрация купажного сиропа должна обеспечивать стандартную концентрацию сухих веществ в напитке при смешивании в заданном соотношении, например, 1:5.

**4.3.1. Задания и задачи**

**1.** Содержание сухих веществ в готовом напитке 5,2 г/100 мл. Какую концентрацию должен иметь купажный сироп, если его дозируют в количестве 100 мл на 0,5 л изделия?

**2.** Содержание сухих веществ в готовом купажном сиропе 56 г/100 мл. Какова будет необходимая доза сиропа на бутылку емкостью 1 л, если содержание сухих веществ в готовом напитке должно составлять 4,2 г/100 мл? Какое количество воды необходимо добавить в купажный сироп, чтобы довести дозу купажного сиропа на бутылку до 200 мл?

**3.** Напиток с содержанием сухих веществ 7 г/100 мл готовится синхронно–смесительным способом. Купажный сироп смешивается с водой в соотношении 1:5. Какова должна быть концентрация купажного сиропа?

**4.4. Контрольные задания и задачи**

**1.** Рассчитать расход компонентов на приготовление сахарного сиропа концентрацией 65%, необходимого для изготовления ***Q*** дал напитка. Расход сахара (***S***) с содержанием сухих веществ 99,85% на 100 дал напитка приведен в нижеследующей таблице. Во время варки сиропа испаряется 10% воды.

**2.** Рассчитать расход компонентов на приготовление колера с содержанием сухих веществ 70%, необходимого для изготовления ***Q*** дал напитка. Расход колера по рецептуре на 100 дал напитка приведен в таблице. Потери при варке колера составляют 28% от массы сухих веществ сахара.

**3.** Расход лимонной кислоты по рецептуре (***L***) и кислотность готового напитка (***k***) приведены в таблице. Определить фактический расход лимонной кислоты, если для изготовления напитка используется инвертный сахарный сироп, напитки готовятся на ароматизаторах, а вода, применяемая для изготовления напитка, имеет щелочность ***Щ***.

**4.** Содержание сухих веществ в готовом напитке (***С***) приведено в таблице. Какова должна быть концентрация купажного сиропа, если в синхронно–смесительной установке купажный сироп смешивается с водой в соотношении 1:4 для четных вариантов и 1:5 для нечетных вариантов?

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | ***Q***, дал | ***S***, кг | ***К***, кг | ***L***, кг | ***k***, мл 0,1 н NaOH на 100 мл напитка | ***Щ***,  мг–экв/л | ***С***, % |
| 1 | 50 | 92,29 | 0,96 | 1,41 | 2,3 | 0,5 | 9,6 |
| 2 | 150 | 0,8 |
| 3 | 200 | 32,00 | 1,02 | 1,41 | 2,3 | 1,5 | 3,5 |
| 4 | 250 | 1,2 |
| 5 | 50 | 66,15 | 0,067 | 1,408 | 2,0 | 0,5 | 7,8 |
| 6 | 150 | 0,8 |
| 7 | 200 | 38,00 | 1,00 | 1,408 | 2,0 | 1,5 | 4,0 |
| 8 | 250 | 1,2 |
| 9 | 50 | 76,00 | 1,05 | 1,408 | 2,0 | 2,0 | 8,0 |
| 10 | 150 | 2,5 |
| 11 | 200 | 46,00 | 1,20 | 1,408 | 2,0 | 2,6 | 4,8 |
| 12 | 250 | 2,9 |
| 13 | 50 | 84,00 | 0,70 | 0,90 | 1,3 | 0,5 | 8,6 |
| 14 | 150 | 0,8 |
| 15 | 200 | 50,00 | 1,10 | 1,41 | 2,0 | 1,4 | 5,2 |
| 16 | 250 | 1,6 |
| 17 | 150 | 40,00 | 5,00 | 2,00 | 2,8 | 1,5 | 4,6 |
| 18 | 200 | 1,2 |
| 19 | 250 | 120,00 | 4,25 | 0,90 | 1,3 | 2,0 | 12,2 |
| 20 | 275 | 2,5 |

**5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА**

Основными видами сырья для производства пищевого спирта являются крахмалистое (зерновые культуры, картофель) и сахаристое (свекловичная и тростниковая меласса). При производстве спирта из крахмалсодержащего сырья осуществляются следующие технологическое операции: очистка зерна (мойка картофеля), измельчение и водно–тепловая обработка, осахаривание разваренной массы, сбраживание осахаренного сусла и брагоректификация.

Зерно, используемое для производства спирта, оценивается главным образом по содержанию крахмала. Влажность зерна предпочтительна 14–15%, засоренность невысокая. Для технологической оценки качества зерна и учета его в производстве пользуются теми же методами и формулами, что и в солодовенном производстве (см. раздел 1).

**5.1. Водно–тепловая обработка крахмалистого сырья**

Водно–тепловая обработка крахмалсодержащего сырья проводится с целью облегчения доступа к крахмальным зернам амилолитических ферментов, источ-

ником которых в спиртовом производстве может служить солод или культуры микроорганизмов. Процесс водно–тепловой обработки (развари­вания) заклю­чается в смешивании измельченного сырья с водой в определен­ном соотношении и прогреве образующегося замеса при температуре 130–170єС в непрерывном потоке. Разработаны схемы механико–ферментативной обработки сырья, в которых предусматривается применение амилолитических фермент­ных препаратов на стадии приготовления и разжижения замеса. В этом случае температура процесса не превышает 100єС.

**5.1.1. Расчетные формулы и справочные материалы**

Расход воды на приготовление замеса из зернового сырья составляет 2,5–3 л на 1 кг зерна, что обеспечивает концентрацию сусла в пределах 16–17%. К картофельной кашке добавляют не более 20% воды (в зависимости от содержа­ния крахмала в картофеле). Вода в смеситель подается температурой 45–50єС (для картофельной кашки не выше 45єС), чтобы избежать клейсте­ризации крахмала и образования комков.

Расход пара на подогрев воды можно определить по уравнениям (29, 30). Расход пара на подогрев замеса в контактных головках вторичного и острого пара определяют по формуле

, (50)

где ***Мз*** — масса замеса, кг; ***сз*** — удельная теплоемкость замеса, кДж/(кг∙К); ***t***1 и ***t***2 — соответственно начальная и конечная температура замеса, єС; ***k*** — коэффициент, учитывающий потери тепла в окружающую среду (4–5%); ***I*** — энтальпия греющего пара, кДж/кг; ***Iк*** — энтальпия конденсата греющего пара при температуре конденсации, кДж/кг.

Удельную теплоемкость замеса можно определить по формуле (20), энтальпии греющего пара и конденсата — по справочным таблицам приложения 7.

**5.1.2. Задания и задачи**

**1.** Определить расход пара абсолютным давлением 0,4 МПа на подогрев воды для приготовления замеса из 200 кг пшеницы, если на 1 кг зерна подается 3 л воды. Начальная температура технологической воды 12єС. Конденсат отводит­ся при температуре конденсации. Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

**2.** Определить расход вторичного пара абсолютным давлением 0,04 МПа на подогрев замеса из 550 кг ржи влажностью 15% в контактной головке вторичного пара от температуры 45єС до 80єС. Расход воды на приготовление замеса 3 л на 1 кг зерна.

**3.** Определить расход острого пара абсолютным давлением 0,6 МПа на развари­вание 600 кг картофеля с влажностью 78%. К картофельной кашке добавлено 10% воды. Температура замеса в контактной головке острого пара повышается от 80 до 140єС. Удельная теплоемкость сухих веществ картофеля 1,15 кДж/(кг·К).

**4.** Для разжижения крахмала во время гидроферментативной обработки используют амилосубтилин Гх из расчета 2 единицы АС на 1 г условного крахмала. Определить дозировку препарата на 1 т замеса из ржи, если на 1 кг зерна для приготовления замеса использовано 3,5 л воды. Условная крахмалистость ржи 54,5%. Амилолитическая активность ферментного препарата 90 ед/мл.

**5.2. Расчет расхода осахаривающих материалов**

В спиртовом производстве используют смесь солодов из различных культур. Наиболее популярными являются смеси солодов ячменного (70%) и просяного (30%), а также ячменного (50%), просяного (25%) и овсяного (25%). Для осахаривания разваренной массы из свежепроросшего солода готовят солодовое молоко, либо выращивают культуры микроорганизмов–продуцентов ферментов. Можно использовать и готовые ферментные препараты, а также смесь солода и микробных препаратов.

**5.2.1. Расчетные формулы и справочные материалы**

Для расчета количества полупродуктов при производстве солода используют приведенные в разделе 2.2 формулы (14–19). Суммарные нормативные потери сухих веществ при солодоращении в спиртовом производ­стве принимают 16%. Нормативная крахмалистость солодового зерна приведена в таблице 10.

**Таблица 10.** Крахмалистость солодового зерна

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Крахмалистость, % |
| Ячмень | 49 |
| Просо | 48 |
| Овес | 42 |
| Солод ячмень:просо (70:30) | 48,6 |
| Солод ячмень:просо:овес (50:25:25) | 47 |

Норма расхода солодового зерна на осахаривание составляет для пшеницы и дру­гих зерновых культур, кроме овса, 14,9%, для овса 19%, для картофеля 13% к массе крахмала исходного сырья, включая крахмал солода. Расход солодового молока на осахаривание составляет 15–16% при непрерывных схемах осахаривания, и 18–20% при периодическом проведении процесса.

**5.2.2. Пример**

Рассчитать массу зерна, необходимого для получения 100 кг солода, состоящего из 70% ячменя и 30% проса. Влажности исходного зерна и свежепроросшего солода представлены в таблице 11. Какое количество разваренной массы может быть осахарено этим солодом, если расход соло­дового молока 20%, а соотношение солод:вода в солодовом молоке равно 1:5?

**Таблица 11.** Влажность зерна и солода, %

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Ячмень | Просо |
| Исходное зерно | 15 | 14 |
| Свежепроросший солод | 46 | 42 |

**Решение.** В 100 кг смешанного солода содержится 70 кг ячмен­ного и 30 кг просяного солода. При влажности свежепро­росшего ячменного солода 46% массу сухих веществ в нем определим по формуле

 кг, (51)

где ***Мяс*** — масса ячменного солода, кг; ***Wяс*** — влажность ячменного солода, %.

Суммарные нормативные потери при солодоращении составляют 16%. С учетом этого определим массу сухих веществ в исходном ячмене:

 кг.

Массу исходного зерна определим по формуле (16)

 кг.

Аналогичный расчет произведем для проса:

 кг;  кг;

 кг.

Суммарная масса зерна на солод

 кг.

При соотношении солод:вода 1:5 на 100 кг свежепроросшего солода требуется 500 кг воды, а масса полученного солодового молока будет 600 кг. Количество разваренной массы, которое можно осахарить этим солодовым молоком, вычислим с помощью пропорции:

 кг.

**5.2.3. Задания и задачи**

**1.** Рассчитать массу зерна, необходимого для получения 400 кг солода, состоящего из 70% ячменя и 30% проса. Влажности исходного зерна и свежепроросшего солода принять аналогично рассмотренному примеру.

**2.** Рассчитать массу зерна, необходимого для получения 250 кг солода, состоящего из 50% ячменя, 25% проса и 25% овса. Влажности исходного зерна и свежепроросшего солода представлены в таблице.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Ячмень | Просо | Овес |
| Исходное зерно | 14 | 12 | 16 |
| Свежепроросший солод | 44 | 41 | 46 |

**3.** Рассчитать количество разваренной массы, которое может быть осахарено соло­дом, полученным в условиях задачи 1. Соотношение солод:вода в солодовом молоке равно 1:4. Расход солодового молока 16% к массе осахариваемой смеси.

**4.** Рассчитать количество разваренной массы, которое может быть осахарено солодом, полученным в условиях задачи 2. Соотношение солод:вода в солодовом молоке равно 1:5. Расход солодового молока 18% к массе осахариваемой смеси.

**5.** В условиях задач 1 и 3 определить расход исходного солодового зерна на осахаривание и сравнить его с нормативным. Содержание крахмала в разваренной массе 16%. Потери при разваривании 2,5%. Исходное сырье пшеница.

**6.** В условиях задач 2 и 4 определить расход исходного солодового зерна на осахаривание и сравнить его с нормативным. Содержание крахмала в разваренной массе 17%. Потери при разваривании 2,5%. Исходное сырье картофель.

**5.3. Разбавление мелассы**

При производстве спирта из мелассы осуществляют следующие подго­товительные операции: гомогенизацию, подкисление и асептирование, внесение питательных веществ, разбавление водой. Сильно инфицированную мелассу стерилизуют. В специализированных дрожжевых производствах или при выпуске спиртовых дрожжей в качестве хлебопекарных осуществляют кларификацию (осветление) мелассы. Мелассное сусло готовят различной концентрации в зависимости от способа сбраживания.

**5.3.1. Расчетные формулы**

При разбавлении мелассы материальный баланс выражается уравнением

, (52)

где ***М*** и ***М***1 — соответственно масса исходной мелассы и мелассного сусла, кг; ***С*** и ***С***1 — концентрация (содержание сухих веществ) мелассы и мелассного сусла, %.

При однопоточном способе сбраживания готовят мелассное сусло концентрацией 22%. При двухпоточном способе сбраживания готовят два различных сусла, например, концентрацией 12% и 32%. Сусло концентрацией 12% называется дрожжевым и служит для выращивания дрожжей, сусло концентрацией 32% называется основным и поступает непосредственно на стадию брожения.

Уравнение (52) можно применять для определения масс и концентраций сусла при любом способе сбраживания, а также для расчетов в дрожжевом производстве. При определении объемов сусла необходимо оперировать плотностью мелассных растворов, приведенной в приложении 12. Плотность раствора мелассы можно рассчитать также по уравнению

, (53)

где ***n*** — содержание сухих веществ в растворе, %, ***Т*** — температура, К.

Формула справедлива при ***n*** от 5 до 50,4% и ***Т*** от 293 до 373 К.

**5.3.2. Задания и задачи**

**1.** Определить массу воды, необходимой для разбавления мелассы, содержащей 72% сухих веществ при сбраживании ее по однопоточного способу, если требуемая концентрация сусла 22%. Масса исходной мелассы 50 т.

**2.** Какова будет концентрация сусла, полученного из смеси 18 т мелассы с содержанием сухих веществ 76% и 50,4 т воды?

**3.** Сколько мелассы с содержанием сухих веществ 70% потребуется для получения 150 т мелассного сусла концентрацией 18%?

**4.** Определить массу воды, необходимой для разбавления мелассы при двухпоточном способе сбраживания. Требуемая концентрация основного сусла 30%, концентрация дрожжевого сусла 12%. Соотношение потоков основного и дрожжевого сусла 1:1. Массу исходной мелассы и содержание сухих веществ в ней принять аналогично задаче 1.

**5.** Какое количество исходной мелассы потребуется для получения 220 т основного сусла концентрацией 32% и 110 т дрожжевого сусла концентрацией 13%, если содержание сухих веществ в исходной мелассе 74%?

**6.** Определить массу исходной мелассы с содержанием сухих веществ 72%, необходимую для выращивания дрожжей в дрожжегенераторе полезным объемом 4000 л. Дрожжегенерирование проводится на мелассном сусле концентрацией 18%.

**5.4. Определение выхода спирта**

Выход спирта — это количество спирта в декалитрах (дал), получаемое из 1 т сбраживаемых углеводов сырья (крахмала, сахара) в пересчете на условный крахмал. Под условным крахмалом зернового сырья и картофеля понимают общее количество сбраживаемых углеводов, которое содержится в них. Под условным крахмалом мелассы и сахарной свеклы понимают сахаристость их, умноженную на коэффициент перевода сахарозы в крахмал, равный 0,95.

Под условным крахмалом зерна, используемого для приготовления солода, понимают количество углеводов, содержащееся в нем, за вычетом 16%, которые теряются в процессе солодоращения.

Под условным крахмалом, содержащимся в культуральной жидкости, понимают количество сбраживаемых углеводов, которое остается непотреблен­ным микроорганизмами в процессе их культивирования.

**5.4.1. Расчетные формулы и справочные материалы**

Теоретический выходспирта вычисляют по уравнению спиртового брожения

С6Н12О6 →2 С2Н5ОН + 2 СО2

180,1 92,1 88

Составим пропорцию:

из 180,1 кг гексоз получается 92,1 кг спирта

из 100 кг гексоз --------------------***Х*** кг спирта

Отсюда

 кг,

т.е. из 100 кг гексоз должно получиться 51,14 кг безводного спирта.

Относительная плотность спирта составляет 0,78927. Тогда теоретичес­кий выход его составит 51,14 : 0,78927=64,79 л на 100 кг или 64,79 дал на 1 т.

Выход спирта из крахмала увеличивается пропорционально отношению молекулярных масс глюкозы и крахмала:

(С6Н10О5)n + nН2О → n С6Н12О6

162,1 180,1

Теоретический выход спирта из 1 т крахмала будет

(180,1:162,1)⋅64,79=71,98 дал.

Выход спирта из сахарозы:

С12Н22О11 + Н2О → 4 С2Н5ОН + 4 СО2

342,2 184,2

 кг на 100 кг или 68,2 дал на 1т.

Коэффициент для пересчета сахарозы в условный крахмал 324,2 : 342,2≈0,95.

**Практический выход спирта** меньше теоретического, так как часть сбраживаемых углеводов и образующегося при брожении спирта теряется. В зависимости от вида сырья и технологической схемы практический выход спирта составляет 81,5–93% от теоретического.

Практический выход спирта можно подсчитать на действующем произ­водстве на основании массы переработанного сырья, содержания в нем сбраживаемых веществ, и количества полученного из этой массы сырья безводного спирта по формуле

, (54)

где ***В*** — выход спирта, дал/т; ***Q*** — объем безводного спирта, полученного за отчетный период, дал; ***G*** — масса переработанного за тот же период зернового сырья, т; ***Кр*** — условная крахмалистость сырья, %.

Практический выход спирта по отношению к теоретическому (%)

. (55)

На производстве каждый вид крахмалистого сырья перерабатывается с использованием различных технологических приемов (режимы подработки и разваривания, схемы разваривания и осахаривания и т.д.). В связи с этим нормы выхода спирта из каждого вида сырья разрабатываются на основании теоретических и экспериментальных исследований Всероссийским научно–исследовательским институтом пищевой биотехнологии и утверждаются Федеральными органами исполнительной власти. Нормативы выхода этилового спирта из различных видов сырья приведены в таблице 12. При введении технических усовершенствований к нормативным выходам прибавляются надбавки, указанные в таблице 13.

Суммарные потери сбраживаемых веществ (%) определяются по разнице между 100% и практическим выходом спирта

. (56)

Под потерями подразумевается количество условного крахмала, которое выбывает из данного технологического процесса, не может быть использовано ни в каком другом процессе и теряется безвозвратно. К потерям можно отнести:

**Таблица 12.** Нормативы выхода спирта из 1 т условного крахмала сырья, дал/т

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид сырья | Схема производства | | | |
| Перио­дическая | Полунепре­рывная | Непрерыв­ная | Непрерывная с ваку­ум–охлаждением\* |
| Картофель | 64,7 | 65,0 | 65,7 | 66,6 |
| Кукуруза | 64,0 | 64,3 | 65,0 | 65,9 |
| Рожь | 62,9 | 63,2 | 63,9 | 64,8 |
| Пшеница | 63,7 | 64,0 | 64,8 | 65,7 |
| Ячмень | 62,4 | 62,7 | 63,4 | 64,3 |
| Овес и чумиза | 61,8 | 62,1 | 62,8 | 63,7 |
| Просо и гаолян | 63,5 | 63,8 | 64,5 | 65,4 |
| Гречиха | 61,1 | 61,4 | 62,1 | 64,6 |
| Вика, чечевица, горох | 59,1 | 59,4 | 60,1 | 63,0 |
| Меласса | 65,9 | — | 66,5 | 66,5 |
| Рис–зерно (нешелушеный) | 61,8 | 62,1 | 62,8 | 63,7 |
| Рис–крупа | 64,7 | 65,0 | 65,7 | 66,6 |
| Сорго | 63,5 | 63,3 | 64,5 | 64,6 |
| Тритикале | — | — | — | 65,5 |

\*нормативы даны с учетом надбавок на удлиненный срок брожения или на 60 ч при непрерывно–проточном или циклическом способах брожения, а также на вакуум–охлаждение разваренной массы

**Таблица 13.** Надбавки к нормативным выходам спирта при введении

технических усовершенствований на производстве

|  |  |
| --- | --- |
| Техническое усовершенствование | Надбавка,  дал/т |
| Удлиненный срок брожения от 48 до 72 ч | 0,8 |
| в том числе на каждые 6 ч сверх 48 ч | 0,2 |
| Непрерывно–проточный или циклический способ брожения при сроке 60 ч | 0,8 |
| Полная замена солода поверхностной культурой микроорганизмов | 0,3 |
| Частичная замена солода поверхностной культурой микроорга­низмов | 0,2 |
| Полная замена солода глубинной культурой микроорганизмов | 0,7 |
| Частичная замена солода глубинной культурой микроорганизмов | 0,35 |
| Осахаривание с вакуум–охлаждением | 0,1 |
| Сбраживание с рециркуляцией сусла | 0,1 |

потери при подработке зерна, разваривании, солодоращении, расход сахара на размножение дрожжей, потери на брагоректификационной установке.

Виды технологических потерь и их нормативные величины приведены в таблице 14. Суммарные технологические потери при переработке различных видов сырья представлены в таблице 15.

При нарушениях технологического режима возникают дополнительные потери сбраживаемых углеводов, оценить которые можно, пользуясь таблицей 16.

**Таблица 14.** Виды технологических потерь в спиртовом производстве

|  |  |
| --- | --- |
| Вид потерь, стадия процесса | Норма, % от исходного |
| Потери при обрушивании овса | 1,5 |
| Потери при размоле зерна (ячмень и просо) | 0,3 |
| Потери при водно–тепловой обработке\* | 2,5 |
| Потери при солодоращении | 16% крахмала зерна на солод или 1,2% от всего крахмала сырья |
| Потери при культивировании микроорганиз­мов поверхностным способом | 85% от содержания в питательной среде |
| Потери при культивировании микроорганиз­мов глубинным способом | 75% от содержания в питательной среде |
| Потери при сбраживании зерно–картофель­ного сусла | 4% от сбраживаемых углеводов, введенных в производство |
| Потери при сбраживании мелассного сусла | 5,6–9,8 |
| Потери с недобродом в зерно–картофель­ной бражке | 3,46% от сбраживаемых углево­дов, введенных в производство |
| Потери с недобродом в мелассной бражке | 2,5% от введенного в производство сахара. |
| Потери при нарастании кислотности бражки | 0,623% от введенных с суслом\*\* |
| Потери спирта с газами брожения | 0,04% от введенных  в производство |
| Потери при перегонке и ректификации | 0,182% от введенных  в производство |

\*В связи со сложностью учета потери при водно–тепловой обработке сырья включают в неопределяемые потери и принимают равными минимуму — 2,5%.

\*\*Потери при нарастании кислотности определены только для переработки зерно–картофельного сусла. Нарастания кислотности мелассного сусла не должно происходить.

**5.4.2. Пример**

За отчетный период на заводе было переработано 60 тыс. т пшеницы с условной крахмалистостью 54,3% и получено 2 150 тыс. дал спирта в пересчете на спирт высшей очистки крепостью 96,2 % об. Определить фактический выход спирта и сравнить его с теоретическим. Определить общие потери сбражи­ваемых углеводов.

**Решение.** Пересчитаем выработанный спирт в безводный:

2 150 000⋅0,962=2 068 300 дал.

Определяем фактический выход спирта по формуле (54)

 дал/т.

Теоретический выход спирта из крахмала составляет 71,98 дал/т. Тогда фактический выход спирта составляет (формула (55))

 % от теоретического.

Суммарные потери сбраживаемых веществ определяем по формуле (56)

 %.

**Таблица 15.** Суммарные технологические потери при переработке различных

видов сырья, %

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид сырья | Технологическая схема производства | |
| непрерывная | непрерывная с использованием ферментных препаратов |
| Картофель | 7,48 | 6,51 |
| Кукуруза | 8,45 | 7,48 |
| Рожь | 9,98 | 9,01 |
| Пшеница | 8,73 | 7,42 |
| Ячмень | 10,67 | 9,7 |
| Овес и чумиза | 11,51 | 10,53 |
| Просо и гаолян | 9,15 | 8,17 |
| Сорго | 10,26 | 9,28 |
| Гречиха | 12,48 | 11,50 |
| Вика, чечевица, горох | 15,26 | 14,28 |
| Меласса | 7,62 | — |
| Рис нешелушеный | 11,51 | 10,53 |
| Рис–крупа | 7,48 | 6,51 |
| Тритикале | 9,6 | 8,04 |

**Таблица 16.** Потери сбраживаемых углеводов при нарушениях

технологического режима

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель, за счет которого могут быть получены потери | Потери сбраживаемых углеводов | |
| % к введенным в производство | дал на т условного крах­мала перерабатываемого сырья |
| Нарастание кислотности на 0,1є | 0,313 | 0,202 |
| Повышение содержания несбро­женных углеводов в бражке на 0,01 г/100 мл | 0,769 | 0,450 |
| Перерасход зерна на солод на 1% | 0,075 | 0,049 |
| Не уловлено спирта из газов бро­жения 0,1% | 0,092 | 0,060 |
| Увеличение содержания спирта в барде на 0,005% | 0,060 | 0,039 |

**5.4.3. Задания и задачи**

**1.** Для завода, работающего по непрерывной схеме с вакуум–охлаждением сусла и с полной заменой солода глубинной культурой микроорганизмов установить нормативный выход спирта.

**2.** За отчетный период на заводе было переработано 196 т ржи с условной крахмалистостью 52,5% и получено головной фракции крепостью 95,5% об 174 дал, спирта–ректификата сорта «Экстра» крепостью 96,5 % об 6680 дал и сивушного масла крепостью 88,0% об 27 дал. Определить выход спирта за отчетный период.

**3.** За отчетный период на заводе было переработано 125 т мелассы с содержанием сахара 44% и получено спирта в пересчете на спирт высшей очистки крепостью 96,2 % об 3580 дал. Определить выход спирта за отчетный период.

**4.** Во время брожения сусла из пшеницы (крахмалистость 54%) произошло нарастание кислотности на 0,45є. Определить выход спирта и величину потерь сбраживаемых углеводов, если расход ячменя на осахаривание составил 107 кг на 1 т сырья (крахмалистость 48%), расход проса соответственно — 50 кг (крахмалистость 54%). На предприятии применяется непрерывная схема разваривания с вакуум–охлаждением, ферментные препараты не используются. Технологические потери на остальных стадиях не превышают нормативных.

**5.5. Контрольные задания и задачи**

**1.** Установить нормативный выход спирта для предприятия, исходя из особенностей применяемой технологической схемы (см. нижеследующую таблицу). Определить фактический выход спирта за отчетный период и сравнить его с теоретическим и нормативным. Сделать вывод об эффективности работы предприятия.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Технологическая схема производства | Культура | ***G***, т | ***Кр***, % | Товарные продукты, дал | | |
| ГФ | СР | СМ |
| 1 | Полунепрерывная с пери­одическим брожением 60 ч | картофель | 1700 | 18,0 | 520 | 20040 | 80 |
| 2 | рожь | 590 | 54,0 |
| 3 | пшеница | 566 | 53,4 |
| 4 | Периодическая с периоди­ческим брожением 72 ч | ячмень | 670 | 48,2 |
| 5 | гречиха | 970 | 50,5 | 780 | 30060 | 120 |
| 6 | рожь | 890 | 52,7 |
| 7 | Непрерывная с вакуум–охлаждением разваренной массы | картофель | 2250 | 20,0 |
| 8 | пшеница | 1200 | 52,3 | 1040 | 40080 | 160 |
| 9 | просо | 1120 | 55,0 |
| 10 | Непрерывная с непрерыв­но–проточным сбражива­нием, с частичной заменой солода поверхностной ку­льтурой микроорганизмов | тритикале | 2025 | 56,0 | 1950 | 75150 | 300 |
| 11 | кукуруза | 2000 | 55,8 |
| 12 | горох | 2250 | 52,0 |
| 13 | пшеница | 2040 | 55,2 |
| 14 | Непрерывная с непрерыв­но–циклическим сбражи­ванием, с полной заменой солода глубинной культу­рой микроорганизмов | просо | 3850 | 57,0 | 3900 | 150300 | 600 |
| 15 | пшеница | 4200 | 54,0 |
| 16 | ячмень | 4380 | 51,5 |
| 17 | рожь | 4250 | 53,7 |
| 18 | Непрерывная, без приме­нения ферментов, сбражи­вание с рециркуляцией сусла | рожь | 6670 | 51,6 | 5750 | 225550 | 820 |
| 19 | пшеница | 6450 | 52,5 |
| 20 | ячмень | 6900 | 50,4 |

**2.** В условиях задачи 1 определить производственные потери (нормативные и сверхнормативные).

**6. ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКЕРОВОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Весь ассортимент ликероводочных заводов можно разделить на две основные группы: водки и ликероводочные изделия. Водкой называют спиртной напиток крепостью 38–45, 50 и 56% об, получаемый обработкой водно–спиртового раствора (сортировки) адсорбентом и последующей фильтрацией. В качестве адсорбента чаще всего используют активный древесный уголь с высокораз­витой внутренней поверхностью.

Ликероводочные изделия представляют собой смеси различных спирто­ванных соков, морсов, настоев, ароматных спиртов, эфирных масел, вин, коньяка, сахарного сиропа, лимонной кислоты и других пищевых продуктов, а также спирта и воды. Для производства ликероводочных изделий используется широкий ассортимент растительного сырья, которое вносит в изделия ценные и биологически активные вещества. Ликероводочные изделия делятся на группы в соответствии с ГОСТ 7190–93.

**6.1. Расчет необходимого количества спирта и воды**

**на приготовление сортировки**

Смешивание спирта и воды производится периодическим или непре­рывным методом. При работе по непрерывному методу подача спирта и воды в смеситель в необходимой пропорции осуществляется автоматически. При периодическом проведении процесса необходимо определять требуемое количество спирта и воды для приготовления заданного объема водно–спиртового раствора (сортировки). Требуемый объем спирта (***Vсп***) для приготовления сортировки вычисляют по формуле

, (57)

где ***Vс*** — объем приготавливаемой сортировки, дал; ***Ас***, ***Асп*** — крепости сортировки и исходного спирта соответственно, % об.

Необходимый для приготовления сортировки объем воды (***Vв***) рассчитывают с учетом явления контракции. Расчет можно провести двумя способами. Первый способ, более точный, будет рассмотрен ниже в примере, по второму способу объем воды вычисляют по формуле

, (58)

где ***Vсп*** — рассчитанный ранее объем спирта, необходимый для приготов­ления сортировки, мл; ***Vспр*** — объем воды, который необходимо добавить к 100 объемам спирта данной концентрации для получения сортировки заданной кре­пости, определяется по справочной таблице Г.И.Фертмана (см. приложение 13).

**6.1.1. Пример**

Требуется приготовить 500 дал сортировки крепостью 40 % об. Сколько ректификованного спирта крепостью 96,0% об и исправленной воды необходимо задать в сортировочный чан?

**Решение.** Потребность в спирте рассчитываем по формуле (57)

 дал.

Для вычисления необходимого количества воды по приложению 14 находим, что в 100 объемах спирта крепостью 96,0% об содержится 4,985 объемов воды. Затем с помощью пропорции определяем, сколько воды содержится в рассчитанном количестве спирта:

 дал.

Далее по тому же приложению находим, что в 100 объемах водно–спиртового раствора крепостью 40% об содержится 63,347 объемов воды, и пересчитываем это количество на требуемый объем сортировки:

 дал.

По разности этих двух значений находим требуемый объем воды

 дал.

Для облегчения расчетов можно воспользоваться формулой (58). По приложению 13 находим, что для получения 100 объемов сортировки кре­постью 40% об из спирта крепостью 96% об требуется добавить 147,02 объема воды. Тогда

 дал.

Разница между объемами воды, вычисленными двумя способами, составляет 0,06 дал или 0,02%, что допустимо в производственных условиях.

**6.2. Расчет компонентов купажа изделия**

Купажи ликероводочных изделий готовят периодическим способом. Порядок закладки ингредиентов в купаж определяется рецептурой изделия. Готовые купажи выдерживают не менее 24 ч с целью облагораживания вкуса, аромата и получения изделия более однородного по составу.

При изготовлении купажей ликероводочных изделий часто возникает необходимость произвести расчет компонентов купажа. Если кондиции полу­ фабрикатов, имеющихся в распоряжении, отличаются от стандартных, количес­тво вносимых полуфабрикатов корректируется.

**6.2.1. Расчетные формулы**

Расчет начинают с уточнения дозировки спиртованных соков, морсов или настоев. Вначале по формуле (45) определяют количество экстрактивных (сухих) веществ, которое вносится в купаж с соком, морсом или экстрактом стандартного качества. Затем производят расчет требуемого объема полу­фабриката, имеющегося в распоряжении, по формуле (46).

Далее производят корректировку закладки сахарного сиропа. Необходимое количество сахара рассчитывают по разности между общим содержанием сахара в готовом изделии и количеством сахара, вносимым в купаж с полуфабрикатами в пересчете на сахарозу. Количество сахара (***S***), вносимое в купаж с полуфабрикатами, определяют по формуле

, (59)

где ***Vф*** — фактический объем имеющегося в распоряжении полуфабриката, подлежащий внесению в купаж и определенный ранее, л; ***с*** — содержание сахара в этом полуфабрикате, г/100 мл.

Исходя из рассчитанного количества сахара и концентрации имеющегося в распоряжении сахарного сиропа определяют объем сахарного сиропа (***Vсс***), который требуется внести в купаж, по формуле

, (60)

где ***Sф*** — фактическое количество сахара, которое требуется внести в купаж, кг; ***m*** — содержание сахарозы в имеющемся сахарном сиропе, г/100 мл.

Количество вносимой в купаж лимонной кислоты рассчитывают по разности между общим содержанием кислоты в изделии и кислоты, вносимой с полуфабрикатами. Массу лимонной кислоты (***L***), вносимой с полуфабрикатами, определяют по формуле

, (61)

где ***l*** — содержание кислот в пересчете на лимонную в имеющемся полуфаб­рикате, г/100 мл.

Объем спирта, необходимый для приготовления купажа, находят по разности между общим содержанием спирта в изделии и количеством спирта, вносимым с полуфабрикатами, по формуле

, (62)

где ***А*** — крепость изделия по рецептуре, % об.; ***V***1, ***V***2, …, ***Vn*** — объемы полуфабрикатов, вносимые в купаж согласно произведенному расчету, л; ***А***1, ***А***2, ..., ***Аn*** — фактические крепости имеющихся в распоряжении полуфабри­катов, % об; ***Асп*** — крепость имеющегося спирта, % об.

**6.2.2. Пример**

Произвести расчет купажа для изготовления 1000 дал настойки «Вишневая» из цеховых полуфабрикатов, показатели которых отличаются от стандартных. Данные о качественных показателях полуфабрикатов приведены в таблицах 17, 18.

**Решение.** Рецептура настойки «Вишневая» приведена в приложении 17. На 1000 дал купажа настойки вносится 3000 л вишневого сока и 216 л черничного морса 1 и 2 слива. Определим по формуле (45) количество экстрактивных веществ, которое должно быть внесено в купаж с этими полуфабрикатами.

**Таблица 17.** Характеристика стандартных полуфабрикатов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Полуфабрикаты | Крепость, % об | Общее содержание, г/100 мл | | |
| Сахара в пе­ре­счете на сахарозу | Экстрак­тивных веществ | Кислот в пересчете на лимонную |
| Вишневый спиртованный сок | 25,0 | 5,80 | 10,4 | 1,04 |
| Черничный морс 1 и 2 слива | 45,0 | 6,80 | 10,4 | 0,80 |
| Сахарный сироп (65,8 %) | — | 86,93 | — | — |

**Таблица 18.** Характеристика цеховых полуфабрикатов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Полуфабрикаты | Крепость, % об | Общее содержание, г/100 мл | | |
| Сахара в пе­ре­счете на сахарозу | Экстрак­тивных веществ | Кислот в пересчете на лимонную |
| Вишневый спиртованный сок | 24,8 | 5,4 | 10,0 | 1,2 |
| Черничный морс 1 и 2 слива | 44,2 | 7,0 | 10,5 | 0,8 |
| Настой миндаля 1 и 2 слива | 52,2 | — | — | — |
| Сахарный сироп | — | 87,28 | — | — |
| Спирт ректификованный в. о. | 96,5 | — | — | — |



 кг;  кг.

По формуле (46) рассчитаем требуемое количество вишневого сока (***Vф***1) и черничного морса (***Vф***2):

 л;  л.

Рассчитаем количество сахара, которое будет внесено в купаж с цеховыми полуфабрикатами, по формуле (58)

 кг;  кг.

Согласно рецептуре на 1000 дал изделия с сахаром вносится 1810 кг сухих веществ, тогда количество сахара, которое требуется ввести в купаж в виде сахарного сиропа будет  кг. Содержание сахарозы в цеховом сахарном сиропе 87,28 г/100 мл. Сахарный сироп, содержащий 1626,54 кг сахарозы, будет занимать объем (формула 60)

 л.

Определяем количество лимонной кислоты, которое вносится в купаж с вишневым соком (***L***1) и черничным морсом (***L***2) по формуле (61)

 кг;  кг.

Кислотность готового изделия согласно рецептуре должна составлять 0,4 г/100 мл, т.е. 1000 дал изделия должны содержать 40 кг лимонной кислоты. Отсюда необходимо задать в купаж лимонной кислоты

 кг.

Количество спирта–ректификата высшей очистки крепостью 96,5% об определяем по формуле (62)

 л.

Состав купажа из цеховых полуфабрикатов приведен в таблице 19.

**Таблица 19.** Состав купажа настойки «Вишневая» на 1000 дал готового

изделия из цеховых полуфабрикатов

|  |  |
| --- | --- |
| Компоненты купажа | Количество |
| Вишневый спиртованный сок, л | 3120 |
| Черничный морс 1 и 2 слива, л | 213,94 |
| Настой миндаля 1 и 2 слива, л | 80 |
| Ванилин 1 : 10, л | 1 |
| Сахарный сироп, л | 1863,6 |
| Лимонная кислота, кг | 0,85 |
| Спирт–ректификат высшей очистки, л | 922,2 |
| Вода исправленная для доведения объема до 1000 дал |  |

**6.3. Исправление купажей ликероводочных изделий**

В случае несоответствия показателей готового купажа требуемым кондициям изделия производят корректировку купажа. Купажи водок и горьких ликероводочных изделий корректируют только по спирту и воде. Купажи сладких изделий корректировать значительно труднее, так как добавление в купаж какого–либо ингредиента вызывает изменение крепости, содержания экстрактивных веществ и кислотности. Разработаны 10 вариантов наиболее часто встречающихся случаев исправления купажа, из них два для водок и горьких изделий, остальные — для сладких.

**6.3.1. Исправление купажей горьких изделий**

**Вариант 1.** Если крепость сортировки или изготовленного купажа горького изделия меньше требуемой, определяют объем спирта, который необхо­димо дополнительно ввести в купаж, по формуле

, (63)

где ***Vк*** — объем приготовленного купажа изделия или сортировки, дал; ***Ар*** — требуемая крепость изделия по рецептуре, % об; ***Аф*** — фактическая крепость изделия, % об; ***Асп*** — крепость спирта, используемого для корректировки купажа, % об.

**Вариант 2.** При избыточной крепости сортировки или купажа опреде­ляют объем воды, который требуется дополнительно внести в купаж, по формуле

, (64)

где обозначения те же, что и в формуле (63).

Количество воды и спирта при проведении корректировки рассчитывается без учета контракции.

**6.3.2. Исправление купажей сладких изделий**

**Вариант 3.** В том случае, если крепость полученного купажа ниже предусмотренной по рецептуре, а экстрактивность соответствует кондиции, дополни­тельный объем спирта, который необходимо добавить в купаж, определяют по формуле

, (65)

где ***Vк*** — объем приготовленного купажа сладкого изделия, дал; ***Ар*** и ***Аф*** — соответственно рецептурная и фактическая крепость изделия, % об; ***а*** — разность между крепостью спирта, взятого на укрепление купажа, и крепостью изделия по рецептуре (***а = Асп – Ар***), % об; ***b*** — разность между содержанием сахара в добавляемом к купажу сиропе и экстрактивностью изделия по рецептуре (***b = Эсс – Эр***), г/100 мл; ***Эр*** — экстрактивность изделия по рецептуре, г/100 мл.

После добавления вычисленного количества спирта содержание экстракта в изделии снизится, и будет необходимо добавить в купаж сахарный сироп. Дополнительный объем сахарного сиропа рассчитывают по формуле

. (66)

**Вариант 4.** Если крепость и экстрактивность приготовленного купажа ниже предусмотренных по рецептуре, то дополнительный объем спирта, который необходимо внести в купаж, рассчитывают по уравнению

, (67)

где все обозначения те же, что и в формуле (65).

Дополнительный объем сахарного сиропа вычисляют по формуле

. (68)

**Вариант 5.** Когда крепость купажа ниже, а экстрактивность выше предус­мотренных рецептурой, расчет ведут в два этапа. На первом этапе предвари­тельно определяют потребность в спирте и воде по нижеследующим формулам

; . (69)

Затем в зависимости от результатов выбирают формулы для окончатель­ного расчета. Если ***W*** меньше ***Е***, то окончательное количество добавляемого спирта определяют по формуле

, (70)

а количество сахарного сиропа по формуле

. (71)

Если же ***W*** больше ***Е***, то для расчета окончательного количества спирта и воды применяют формулы (72 и 73).

;  (72, 73)

**Вариант 6.** В том случае, если крепость купажа соответствует кондиции, а экстрак­тивность ниже предусмотренной по рецептуре, то дополнительный объем спирта, подлежащий внесению в купаж, рассчитывают по формуле

, (74)

а дополнительное количество сахарного сиропа по формуле

. (75)

**Вариант 7.** Крепость купажа изделия соответствует кондиции, а экстрактивность выше предусмотренной по рецептуре. В этом случае предварительно определяют объем воды для разбавления общего экстракта

. (76)

Затем определяют объем спирта, который требуется добавить к полученному объему воды ***W*** по формуле

. (77)

Окончательный объем воды, который требуется добавить в купаж, определяют затем по формуле

. (78)

**Вариант 8.** Крепость купажа выше предусмотренной по рецептуре, экстрактивность соответствует кондиции. Сначала определяют потребность в воде для понижения крепости купажа по формуле

. (79)

Затем рассчитывают объем сахарного сиропа, который необходимо добавить к рассчитанному объему воды ***W***, по формуле

. (80)

После решения этих уравнений определяют окончательный объем воды, который нужно добавить в купаж по формуле

. (81)

**Вариант 9.** Крепость купажа выше, а экстрактивность ниже предусмот­ренной по рецептуре. В этом случае предварительно определяют потребность в воде для понижения крепости купажа ***W*** по формуле (79) и потребность в сахарном сиропе для повышения экстрактивности изделия ***Y*** по формуле

. (82)

После решения этих уравнений в зависимости от полученных результатов выбирают формулы для окончательного расчета. Если ***W*** больше ***Y***, то окончательное количество добавляемого в купаж сахарного сиропа рассчитывают по формуле

, (83)

а окончательное количество воды по формуле

. (84)

Если же ***W*** меньше ***Y***, то количество добавляемого в купаж спирта определяют по формуле

, (85)

а количество добавляемого сахарного сиропа по формуле

. (86)

**Вариант 10.** Крепость и экстрактивность купажа выше предусмотренных по рецептуре. В этом случае предварительно определяют потребность в воде для понижения крепости ***W***1 и для понижения содержания экстракта ***W***2.

; . (87, 88)

В зависимости от полученных результатов выбирают формулы для окончательного расчета. Если ***W***1 меньше ***W***2, потребность в спирте и воде для исправления купажа определяют по формулам (89, 90). Если же ***W***1 больше ***W***2, то рассчитывают объем воды и сахарного сиропа для внесения в купаж по формулам (91, 92).

; . (89, 90)

; . (91, 92)

**6.3.3. Пример**

В сортировочном чане находится 600 дал сортировки крепостью 39,6% об. Сколько ректификованного спирта крепостью 96,5% об необходимо добавить в чан, чтобы довести крепость сортировки до 40% об? Вычислить объем исправленной сортировки.

**Решение.** По условию задачи крепость приготовленной сортировки ниже требуемой, следовательно имеет место вариант 1 исправления купажа. Необхо­димый объем спирта для укрепления купажа определяем по формуле (63)

 дал.

Объем сортировки после исправления вычисляют без учета контракции

 дал.

**6.4. Задания и задачи**

**1.** Требуется приготовить 450 дал сортировки крепостью 45% об. Сколько ректификованного спирта крепостью 96,0% об. и исправленной воды необходимо задать в сортировочный чан?

**2.** Требуется приготовить 150 дал водно–спиртового раствора крепостью 70% об. из ректификованного спирта крепостью 96,2% об. Рассчитать необходимое количество спирта и воды.

**3.** Произвести расчет купажа для изготовления 1000 дал наливки «Сливянка» из цеховых полуфабрикатов, показатели которых отличаются от стандартных. Данные о качестве стандартных и цеховых полуфабрикатов приведены в нижеследующих таблицах. Рецептура наливки «Сливянка» приведена в приложении 17.

**Характеристика стандартных полуфабрикатов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Полуфабрикаты | Крепость, % об | Общее содержание, г/100 мл | | |
| Сахара в пе­ре­счете на сахарозу | Экстрак­тивных веществ | Кислот в пересчете на лимонную |
| Сливовый спиртованный сок | 25,0 | 5,4 | 9,2 | 0,8 |
| Черносливовый морс 1 и 2 слива | 45,0 | 7,0 | 12,0 | 0,8 |
| Сахарный сироп (65,8 %) | — | 86,93 | — | — |

**Характеристика цеховых полуфабрикатов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Полуфабрикаты | Крепость, % об | Общее содержание, г/100 мл | | |
| Сахара в пе­ре­счете на сахарозу | Экстрак­тивных веществ | Кислот в пересчете на лимонную |
| Сливовый спиртованный сок | 24,5 | 5,8 | 9,4 | 0,6 |
| Черносливовый морс 1 и 2 слива | 44,6 | 6,7 | 11,5 | 0,9 |
| Сахарный сироп | — | 85,5 | — | — |
| Спирт ректификованный в. о. | 96,3 | — | — | — |

**4.** Крепость приготовленной сортировки составила 40,3% об. Общее количество сортировки 600 дал. Сколько исправленной воды необходимо добавить, чтобы довести крепость сортировки до 40% об?

**5.** Имеется 100 дал купажа настойки горькой «Петровская» фактической крепостью 40,2% об. Содержание сухих веществ в купаже соответствует кондиции. Определить необходимый объем воды для исправления купажа. Вычислить объем купажа после его корректировки.

**6.** Имеется 200 дал купажа наливки «Запеканка украинская» фактической крепостью 19,6% об и экстрактивностью 46,6 г/100 мл. Сколько спирта крепостью 96,2 % об и сахарного сиропа концентрацией 86,9% требуется добавить в купажный чан для исправления купажа? Определить объем купажа после корректировки.

**7.** Требуется исправить 120 дал купажа наливки «Северная». Фактическая крепость купажа составляет 18 % об, фактическое содержание экстракта 32,3 г/100 мл. Сколько спирта крепостью 96,2 % об и сахарного сиропа концентрацией 86,9% необходимо добавить для исправления купажа? Определить объем купажа после корректировки.

**8.** Провести вычисления, необходимые для корректировки 250 дал купажа настойки «Вишневая», фактическая крепость которого составляет 17,5 % об, а экстрактивность 22,0 г/100 мл. Для укрепления используется спирт крепостью 96,3 % об.

**9.** Провести вычисления, необходимые для корректировки 150 дал купажа настойки сладкой «Боровинка», фактическая крепость которого составляет 20,0 % об, а экстрактивность 15,2 г/100 мл. Для исправления купажа используют спирт крепостью 96,2 % об и сахарный сироп с содержанием сухих веществ 86,8 г/100 мл.

**10.** Провести вычисления, необходимые для корректировки 400 дал купажа наливки «Запеканка украинская», имеющего крепость 20 % об и экстрак­тивность 47 г/100 мл. В распоряжении имеется спирт крепостью 96,5 % об.

**11.** Имеется 200 дал купажа наливки «Спотыкач» крепостью 21 % об и экстрактивностью 40,8 г/100 мл. Сколько воды и сахарного сиропа с содержанием сухих веществ 86,5 г/100 мл требуется добавить в купаж, чтобы довести его показатели до кондиции?

**12.** Провести вычисления, необходимые для корректировки 280 дал купажа наливки «Сливянка», крепость которого составляет 18,8 % об, а экстрак­тивность 27 г/100 мл. В распоряжении имеются спирт крепостью 96,6 % об и сахарный сироп с содержанием сухих веществ 86,8 г/100 мл.

**13.** Провести вычисления, необходимые для корректировки 380 дал купажа настойки сладкой «Боровинка», имеющего крепость 20,7 % об и экстрак­тивность 17 г/100 мл. Крепость имеющегося в распоряжении спирта составляет 96,2 % об.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Балашов, В.Е. Практикум по расчету технологического оборудования для производства пива и безалкогольных напитков / В.Е. Балашов.– М.: Агропромиздат, 1988.–192с.
2. Ермолаева, Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева.– М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2000.– 416 с.
3. Ермолаева, Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предпри­ятия / Г.А. Ермолаева.– СПб.: Профессия, 2004.– 536 с.
4. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Всерос­сийский научно–исследовательский институт пищевой биотехнологии. Инструкция по нормированию выходов этилового спирта при переработке крахмало– и сахаросодержащего сырья в спиртовой про­мышленности.– М.: ВНИИПБТ, 1996.– 48 с.
5. Косминский, Г.И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по технохимическому контролю производ­ства / Г.И. Косминский.– Минск: Дизайн ПРО, 1998. – 352 с.
6. Кретов, И.Т. Инженерные расчеты технологического оборудования предпри­ятий бродильной промышленности / И.Т. Кретов, С.Т. Антипов, С.В. Шахов.– М.: КолосС, 2004.– 391 с.
7. Меледина, Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т.В. Меледина.– СПб.: Профессия, 2003.– 304 с.
8. Новаковская, С.С. Производство хлебопекарных дрожжей: Справочник / С.С. Новаковская, Ю.И. Шишацкий.– М.: Агропромиздат, 1990.–335 с.
9. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Феде­рации. Департамент пищевой, перерабатывающей промышленности и детского питания. Нормы технологического проектирования предпри­ятий по производству ячменного пивоваренного солода. НТП 11–2002.– М.: Гипропищепром 2, 2002.–97 с.
10. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Феде­рации. Департамент пищевой, перерабатывающей промышленности и детского питания. Нормы технологического проектирования предприятий спиртовой промышленности. НТП 10–12976–2000.– М.: Гипропищепром 2, 2000.– 164 с.
11. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков.– Л.: Химия, 1987.– 576 с.
12. Рецептуры водок и ликероводочных изделий / Под ред. Ковалевской А.И.– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.– 336 с.
13. Рудольф, В.В. Производство безалкогольных напитков: Справочник /В.В. Рудольф, А.В. Орещенко, П.М. Яшнова.– СПб.: Профессия, 2000.– 360 с.
14. Справочник технолога ликероводочного производства / Под ред. В.Л. Яровенко.– М.: Пищевая промышленность, 1976.–256 с.
15. Технология спирта / В.Л. Яровенко [и др.].– М.: Колос, 1999.– 448 с.
16. Тихомиров, В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного произ­водств / В.Г. Тихомиров.– М.: Колос, 1999.– 448 с.
17. Экспертиза напитков / В.М. Позняковский [и др.].– Новосибирск: Изд–во Новосиб. ун–та, 1999.– 334 с.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Технологическая оценка качества сырья………………………………… |  |
| 1.1. Ячмень……………………………………………………………………. |  |
| 1.2. Хмель……………………………………………………………………... |  |
| 1.3. Вода……………………………………………………………………….. |  |
| 1.4. Контрольные задания и задачи…………………………………………. |  |
| 2. Технология солодовенного производства…………… |  |
| 2.1. Технологические расчеты на стадии замачивания…………………….. |  |
| 2.2. Определение расхода воздуха на проветривание зерна………………. |  |
| 2.3. Определение показателей работы солодовни………………………….. |  |
| 2.4. Контрольные задания и задачи…………………………………………. |  |
| 3. Технология пивоваренного производства………………… |  |
| 3.1. Технологические расчеты на стадии затирания……………………….. |  |
| 3.2. Технологические расчеты на стадии кипячения сусла с хмелем…….. |  |
| 3.3. Определение выхода экстракта в варочном цехе……………………… |  |
| 3.4. Технологические расчеты на стадии сбраживания……………………. |  |
| 3.5. Контрольные задания и задачи…………………………………………. |  |
| 4. Технология безалкогольного производства……………………………… |  |
| 4.1. Расчет компонентов сахарного сиропа и колера………………………. |  |
| 4.2. Расчет компонентов купажного сиропа………………………………... |  |
| 4.3. Расчет концентрации купажного сиропа………………………………. |  |
| 4.4. Контрольные задания и задачи…………………………………………. |  |
| 5. Технология производства спирта…………………………… |  |
| 5.1. Водно–тепловая обработка крахмалистого сырья…………………….. |  |
| 5.2. Расчет расхода осахаривающих материалов…………………………... |  |
| 5.3. Разбавление мелассы…………………………………………………….. |  |
| 5.4. Определение выхода спирта…………………………………………….. |  |
| 5.5. Контрольные задания и задачи…………………………………………. |  |
| 6. Технология ликероводочных изделий……………… |  |
| 6.1. Расчет необходимого количества спирта и воды на приготовление  сортировки……………. |  |
| 6.2. Расчет компонентов купажа изделия…………………………………… |  |
| 6.3. Исправление купажей ликероводочных изделий……………………… |  |
| 6.4. Задания и задачи…………………………………………………………. |  |
|  |  |
| Список литературы… |  |

Учебное издание

Елена Андреевна Привалова

**ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАСЛИ**

**Технологические расчеты**

**в бродильных производствах**

Компьютерный набор и верстка Е.А. Привалова

Подготовила к печати А.Г. Брянская

Подписано в печать 24.04.2007. Формат 60Ч84 1/16

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л . 4,5.

Уч.–из. л. 4,25. Тираж 100 экз. Зак. 269. Поз. 157.

ИД № 06560 от 26.12.2001 г.

Иркутский государственный технический университет

664074 Иркутск, ул. Лермонтова, 83