

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Н.В. Баракова, И.Е. Радионова

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Практические занятия

Учебно-методическое пособие



**Санкт-Петербург
2013**

УДК 663.4

Баракова Н.В., Радионова И.Е. Основы технологии пищевых продуктов. Практические занятия: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 40 с.

Приведены примеры решения задач теоретического выхода спирта и углекислого газа при сбраживании углеводов, расчетов расхода зернового сырья для производства спирта, расчетов количества сырья для приготовления белого сахарного и инвертного сиропов, расчетов расхода сырья для производства безалкогольного напитка, корректировки расходов сырья и полуфабрикатов в зависимости от их физико-химических показателей при приготовлении купажных сиропов.

Предназначено для бакалавров всех форм обучения по направлению 260100 Продукты питания из растительного сырья.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. Т.П. Арсеньева

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Института холода и биотехнологий**



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013

© Баракова Н.В., Радионова И.Е., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Практические занятия по курсу «Основы технологии пищевых продуктов» предусматривают овладение навыками проведения технологических расчетов расхода сырья и вспомогательных материалов, составления рецептур, определения количества полуфабрикатов и продуктов, получаемыми в процессе производства спирта и безалкогольных напитков. Технологические расчеты в дальнейшем применяются для предварительной оценки необходимой производительности оборудования и выполнения различных технологических отделений.

I. ПРОИЗВОДСТВО ЭТИЛОВОГО СПИРТА

Этиловый спирт (этанол, винный спирт) принадлежит к предельным одноатомным спиртам и представляет собой бесцветную легкоподвижную жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом. Температура кипения спирта при нормальном давлении составляет 78,3 °С.

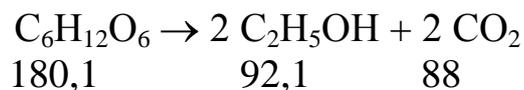
Этиловый спирт – это продукт жизнедеятельности микроорганизмов (дрожжей), полученный путем сбраживания углеводов. Основными источниками углеводов для производства спирта являются зерно и меласса.

Практическое занятие 1. *Расчет теоретического выхода спирта и углекислого газа при сбраживании сахаров*

Выходом спирта считают его количество, получаемое из единицы массы крахмала или сахара, содержащегося в сырье. Теоретический, т. е. максимальный, выход определяется по уравнениям реакции спиртового брожения [4].

1. Расчет выхода спирта при сбраживании моносахаридов

Процесс брожения моносахаридов (глюкозы, фруктозы) происходит по уравнению Гей-Люссака:



Из 100 кг сбраживаемых гексоз должно получиться 51,14 кг спирта и 48,86 кг диоксида углерода или в объемном выражении 64,79 л спирта, относительная плотность которого $\rho = 0,78927 \text{ кг/дм}^3$. Таким образом, из 1 т гексоз может быть получено 64,79 дал безводного спирта. Теоретический выход диоксида углерода по отношению к спирту составит

$$\frac{88 \cdot 100}{92,1} = 95,5 \text{ \%}.$$

Определение количества спирта Q_c , получаемого при сбраживании Q_m моносахаридов, необходимо выполнить по формуле (1):

$$Q_c = \frac{Q_m \cdot 2M_c}{M} \text{ кг}, \quad (1)$$

где M_c и M_m – молекулярная масса спирта и моносахарида.

Определение объема спирта V_c , получаемого при сбраживании Q_m моносахаридов, необходимо выполнить по формуле (2):

$$V_c = \frac{Q_c}{\rho} \text{ л}, \quad (2)$$

где ρ – плотность этилового спирта.

Пример 1. Определить количество этилового спирта Q_c , полученного при сбраживании 120 кг глюкозы.

Решение

$$Q_c = \frac{120 \cdot 2 \cdot 46}{180} = 61,3 \text{ кг}.$$

Пример 2. Определить количество Q_c и объем V_c этилового спирта, полученного при сбраживании 200 кг фруктозы.

Решение

$$Q_c = \frac{200 \cdot 2 \cdot 46}{180} = 102,2 \text{ кг};$$

$$V_c = \frac{102,2 \text{ кг}}{0,78927 \text{ кг/дм}^3} = 130,2 \text{ л}.$$

Пример 3. Определить количество Q_{CO_2} и объем V_{CO_2} углекислого газа, полученного при сбраживании 240 кг глюкозы при $t = 0^\circ\text{C}$ и $P = 760$ мм рт. ст.

Р е ш е н и е

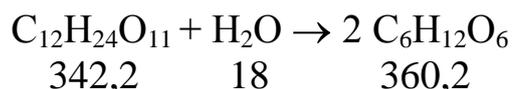
$$Q_{\text{CO}_2} = \frac{240 \cdot 2 \cdot 44}{180} = 117,5 \text{ кг};$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{117,5 \cdot 22,4}{44} = 59,73 \text{ л},$$

где 22,4 – объем грамм-молекулы любого газа при нормальных условиях ($t = 0^\circ\text{C}$, $P = 760$ мм рт. ст.).

2. Расчет выхода спирта при сбраживании дисахаридов

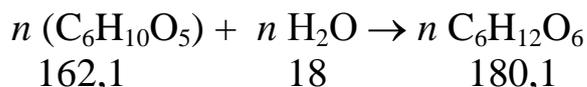
Выход спирта из дисахаридов (сахарозы, мальтозы и др.) увеличивается с увеличением молекулярных масс по уравнению:



Коэффициент увеличения выхода в этом случае равен 1,0526, т. е. из 100 кг дисахаридов теоретически можно получить 68,2 л безводного спирта, а из 1 т соответственно 68,2 дал.

3. Расчет выхода спирта из крахмала

Для крахмала коэффициент увеличения выхода также определяется из уравнения реакции гидролиза



Выход спирта из крахмала увеличивается пропорционально отношению молекулярных масс глюкозы и крахмала. Коэффициент увеличения выхода в этом случае равен 1,1110. С его учетом выход спирта из 1 т полисахаридов (крахмала, инулина и др.) составит 71,98 дал.

Из стехиометрических соотношений известно, что для образования 342,2 г дисахаридов требуется 324,2 г крахмала, т. е. коэффициент перевода сахарозы в условный крахмал равен 0,95. Этим коэффициентом пользуются для пересчета сахарозы в условный крахмал.

Практическое занятие 2. Практический и нормативный выход спирта. Расчет нормативного выхода спирта. Расчет продуктов для производства спирта из зернового сырья

Практический выход спирта меньше теоретического, так как часть сбрасываемых углеводов и образующийся при брожении спирт теряются в процессе производства. В зависимости от вида сырья и технологической схемы спирта практический выход спирта достигает 81,5–93 % от теоретически возможного.

Нормативный выход спирта. Нормативы выхода спирта в спиртовой отрасли дифференцированы; они учитывают вид используемого в производстве сырья, схему, по которой работает спиртовой завод, а также внедренные на нем технологические усовершенствования. Нормы выхода спирта из 1 т условного крахмала в зависимости от схемы производства и перерабатываемого сырья приведены в табл. 1. Условной крахмалистостью называется сумма всех сбрасываемых углеводов сырья [4].

Таблица 1

Нормативный выход спирта из 1 т условного крахмала сырья

Сырьё	Схема производства		
	периодическая	полунепрерывная	непрерывная
Пшеница	63,7	64,0	64,7
Рожь	62,9	63,7	63,4
Ячмень	62,4	62,7	63,4
Кукуруза	64,0	64,3	65,0
Картофель	64,7	65,0	65,7
Гречиха	61,1	61,4	62,1
Сахарная свекла	61,4	61,7	62,4
Меласса	65,9	–	66,5
Яблоки свежие	61,7	62,0	–

Для определения нормативного выхода спирта из 1 т условного крахмала сырья с учетом технологических усовершенствований, необходимо по табл. 1 выбрать нормативный выход спирта в зависимости от перерабатываемого сырья и схемы производства и прибавить количество спирта в далах согласно внедренным на заводе технологическим усовершенствованиям.

При внедрении технических усовершенствований к нормативным выходам устанавливаются следующие надбавки (дал* на 1 т крахмала):

Удлинённый срок брожения до 72 ч	0,8
Непрерывно-поточный и циклический способ брожения	0,8
Осахаривание с вакуум-охлаждением	0,1
Полная замена солода поверхностной культурой плесневых грибов	0,2
Полная замена солода ферментными препаратами	0,7

*1 дал = 10 л.

Пример. Определить расход сырья для производства 1000 дал спирта, если перерабатывается пшеница влажностью 14 %, крахмалистостью 62 % относительно количества сухих веществ сырья. Пшеница перерабатывается по непрерывной схеме производства с непрерывно-поточным брожением, двухступенчатым вакуум-охлаждением массы и использованием ферментных препаратов.

Р е ш е н и е

Нормативный выход спирта из одной тонны условного крахмала составит

$$64,7 + 0,8 + 0,1 + 0,1 + 0,7 = 66,4 \text{ дал.}$$

Из 1 т условного крахмала вырабатывается 66,4 дал спирта, для производства 1000 дал спирта потребуется X т условного крахмала:

$$X = \frac{1000}{66,4} = 15,06 \text{ т.}$$

С учетом того, что условного крахмала в сырье содержится 62 % относительно сухих веществ, определим количество сухих веществ, необходимых для производства 1000 дал спирта:

$$X = \frac{15,06 \cdot 1000}{62} = 24,29 \text{ т.}$$

С учетом того, что влажность перерабатываемой пшеницы составляет 14 %, содержание сухих веществ в сырье – 86 %. Опреде-

лим количество сырья, необходимого для производства 1000 дал спирта:

$$X = \frac{24,29 \cdot 100}{86} = 28,24 \text{ т.}$$

Практическое занятие 3. Выбор и расчет ферментных препаратов. Расчет гидромодуля замеса

1. Выбор и расчет ферментных препаратов

Эффективность применения ферментных препаратов микробного происхождения для осахаривания крахмалсодержащего сырья взамен ферментов солода при производстве спирта подтверждена многолетним практическим опытом.

Использование ферментных препаратов позволяет существенно изменить режим подготовки сырья к сбраживанию – заменить тепловую обработку под давлением многостадийным ферментативным гидролизом при температуре, не превышающей 95–100 °С. Ведущую роль при этом играют термостабильные и кислотоустойчивые α -амилазы, обеспечивающие эффективную и своевременную подготовку крахмала для действия других ферментов, таких как глюкоамилаза и протеаза. При этом значительно интенсифицируется его использование и, как следствие, повышается выход готового продукта.

Таким образом, с использованием ферментных препаратов предоставляется возможность внедрения прогрессивных энергосберегающих технологий, создания безопасных условий эксплуатации оборудования.

Выбор ферментных препаратов производится в зависимости от технологических схем спиртовых заводов.

Расход ферментных препаратов рассчитывается исходя из активности ферментного препарата и дозы внесения фермента на 1 г условного крахмала сырья. Условной крахмалистостью называется сумма всех сбраживаемых углеводов сырья. Доза внесения ферментного препарата устанавливается нормативным путем. Доза внесения и активность ферментного препарата указываются в технологической инструкции к выбранному ферментному препарату (прил. 1).

Пример. Рассчитать расход ферментного препарата для разжижения 15,06 т крахмала.

Решение

По таблице (см. прил. 1) для разжижения крахмала выбираем ферментный препарат *Дистицим БА*. Активность ферментного препарата 1600 ед./мл. Рекомендуемая дозировка ферментного препарата составляет 0,8–1,0 ед. АС на 1 г крахмала. Выбираем дозировку 0,8 ед. АС на 1 г крахмала.

Для разжижения 1 г крахмала необходимо 0,8 ед. АС, а для разжижения 15,06 т или $15,06 \cdot 10^6$ г крахмала необходимо X ед. АС:

$$X = 0,8 \cdot 15,06 \cdot 10^6 = 12,05 \cdot 10^6 \text{ ед. АС.}$$

В 1 мл ферментного препарата *Дистицим БА* содержится 1600 ед. АС. Для внесения $12,05 \cdot 10^6$ ед. АС необходимо X мл ферментного препарата:

$$X = 12,05 \cdot 10^6 / 1600 = 0,0094 \cdot 10^6 \text{ мл}$$

или 9,4 л ферментного препарата *Дистицим БА*.

2. Расчет гидромодуля замеса

Приготовление замеса заключается в смешивании измельченного сырья с водой. Чтобы рассчитать количество воды, которое надо добавить для получения замеса необходимой концентрации, следует массовое содержание сухих веществ в помоле зерна разделить на необходимое содержание сухих веществ в замесе. Полученное соотношение определит гидромодуль замеса.

Пример. Приготовить замес с содержанием сухих веществ 16 %. Массовое содержание сухих веществ в помоле зерна составляет 90 %.

Решение

Соотношение сухих веществ в помоле зерна и замесе равно $90/16 = 5$. Следовательно, гидромодуль замеса равен 1:4.

Если мы берём 100 г помола зерна с массовым содержанием сухих веществ 90 %, то для получения замеса с содержанием сухих веществ 16 % необходимо добавить 400 мл воды.

Практическое занятие 4. Расчет дрожжей

Традиционно на спиртовых заводах используют дрожжи разных рас. К наиболее распространенным штаммам относятся расы XII, Whit-717, 985-Т, 987-О, 1986.

В последние годы перспективным становится использование спиртовых сухих дрожжей. К ним относятся «Фермиол», XII-ТБ.

Для сбраживания осахаренного сусла используют чистую культуру дрожжей, сухие спиртовые дрожжи или прессованные хлебопекарные. Используемые дрожжи должны обладать высокой бродильной способностью, содержать не более 3 % мертвых клеток и не давать нарастания кислотности, обладать высокой конкурентоспособностью – активно подавлять рост посторонних микроорганизмов.

При использовании прессованных хлебопекарных дрожжей необходимо развести дрожжи в 30 мл осахаренного сусла температурой 30 °С из расчета 6–10 г дрожжей на 1 дм³ сусла. Через 20–30 мин дрожжевую суспензию внести в осахаренное сусло.

При использовании сухих дрожжей дрожжи первоначально необходимо реактивировать следующим образом: на 100 г осахаренного сусла необходимо взять: 2 мл воды температурой 30 °С; 0,1 г сахара; 0,05 г сухих дрожжей. Приготовленный раствор поставить на качалку на 30 мин, затем разбраживать при температуре 30 °С в течение 1–2 ч, но не более. Приготовленную дрожжевую разводку внести в осахаренное сусло.

При использовании разводки чистой культуры дрожжей необходимо определить концентрацию дрожжевых клеток в чистой культуре (млн/мл), рассчитать необходимое для внесения в осахаренное сусло количество чистой культуры (мл), исходя из того, что величина засева дрожжей должна составлять 10–20 млн на 1 мл осахаренного сусла.

Пример. Для сбраживания осахаренного сусла была приготовлена чистая культура. Концентрация дрожжей в чистой культуре составляет 140 млн/мл. Необходимо определить количество чистой культуры для сбраживания 500 мл осахаренного сусла. Величина засева или доза внесения дрожжей составляет 15 млн/мл.

Р е ш е н и е

В 1 мл осахаренного сусла необходимо внести 15 млн дрожжевых клеток, а в 500 мл осахаренного сусла следует внести

$$X = \frac{500 \text{ мл} \cdot 15 \text{ млн д. кл.}}{1 \text{ мл}} = 7500 \text{ млн д. кл.}$$

В 1 мл чистой культуры дрожжей содержится 140 млн дрожжевых клеток. Чтобы внести 7500 млн дрожжевых клеток, необходимо

$$X = \frac{7500 \text{ млн д. кл.} \cdot 1 \text{ мл}}{140 \text{ млн д. кл.}} = 53,57 \text{ мл.}$$

Практическое занятие 5. Расчет технологического оборудования

1. Расчет полного объема рабочей части аппарата

Полезный объем рабочей части аппаратов непрерывного действия определяется по формуле

$$V_n = V_\tau \tau, \quad (3)$$

где V_τ – объёмная производительность аппарата, м³/с; м³/мин; м³/ч и т. д.; τ – время, необходимое для проведения процесса, с, мин, ч и т. д.

Полный объем рабочей части аппарата

$$V = V_n / \varphi, \quad (4)$$

где V – полный объем рабочей части аппарата; V_n – полезный объем рабочей части аппарата; φ – коэффициент заполнения рабочего объема аппарата.

Величина коэффициента заполнения φ зависит от характера процесса, протекающего в аппарате, и принимается 0,4–0,9. Для аппаратов, в которых в процессе работы повышается уровень реагирующих веществ, например происходит пенообразование, $\varphi = 0,4–0,6$; в аппаратах с мешалками, где при перемешивании возможно образование воронки, $\varphi = 0,75–0,80$; в остальных аппаратах, где не наблюдается кипение, вспенивание или иное повышение уровня среды, $\varphi = 0,85–0,90$, в остальных случаях он доходит до единицы [1].

Если производительность указана в массовых единицах (кг/с; кг/ч и т. д.), она может быть пересчитана на объемную единицу:

$$V_{\tau} = G_{\tau} / \rho, \quad (5)$$

где G – масса продукта, кг, т; ρ – плотность вещества (продукта), кг/л; кг/м³; т/ м³ и т. д.

Тогда формула (3) примет вид:

$$V_{\Pi} = G_{\tau} \tau / \rho, \quad (6)$$

а формула (4) –

$$V = G_{\tau} \tau / \rho \varphi. \quad (7)$$

Пример. Суточный расход зерна – 30 000 кг. Рассчитать вместимость бункера для четырехчасового хранения зерна. Насыпная плотность зерна $\rho = 750$ кг/м³.

Р е ш е н и е

Часовой расход зерна составит

$$Q_{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{24} = \frac{30000 \text{ кг}}{24} = 1250 \text{ кг/ч.}$$

Время пребывания зерна в бункере $\tau = 4$ ч. Коэффициент заполнения бункера φ выбираем равным 0,95.

Подставляя значения τ и φ в формулу (7), находим полную вместимость бункера

$$V = \frac{1250 \cdot 4}{750 \cdot 0,95} = 7 \text{ м}^3.$$

2. Расчет геометрических размеров аппаратов цилиндрической формы

Рассчитать геометрические размеры бродильного чана.

Форма бродильного чана принимается цилиндрической (без учета конуса).

Размер емкости цилиндрической формы рассчитывается по формуле

$$V_{\text{цил}} = \frac{\pi D^2}{4} H, \quad (8)$$

где D – диаметр цилиндра, м; H – высота цилиндра, м.

Примерные соотношения объема, диаметра и высоты емкости приведены в прил. 2.

Пример. Рассчитать геометрические размеры бродильного чана для сбраживания 120 м^3 осахаренного сусла.

Решение

Полезный объем бродильного чана для сбраживания – 120 м^3 . Полный объем определяем по формуле (4), при этом коэффициент заполнения емкости φ выбираем равным 0,9:

$$V_{\text{пол}} = \frac{V_{\text{полез}}}{\varphi} = \frac{120}{0,9} = 133 \text{ м}^3.$$

Из прил. 2 выбираем диаметр бродильного чана $D = 4 \text{ м}$, тогда, согласно формуле (8), высота бродильного чана

$$H = \frac{4V_{\text{полн}}}{3,14 \cdot D^2} = \frac{532}{50,24} = 10,58 \text{ м}.$$

Практическое занятие 6. Составление материального баланса брагоперегонного аппарата

Пример. Составить материальный и тепловой баланс бражной колонны.

Если одноколонный аппарат (без дефлегматора и холодильника) рассматривать как некоторую замкнутую систему, то можно составить его материальный баланс (табл. 2).

Материальный баланс

Приход			Расход		
Продукт	Состояние	Обозначение	Продукт	Состояние	Обозначение
Бражка	Жидкость	$G_{бр}$	Пар спирта-сырца	Пар	D
Греющий пар	Пар	$G_{п}$	Пары флегмы	Пар	$D_{ф} = \Phi D$
Флегма	Жидкость	$G_{ф} = \Phi D$	Барда при обогреве открытым паром	Жидкость	$G_{бр.ос} + G_{к} = G_{бар}$

Примечание: $G_{бр}$ – бражка; $G_{п}$ – пар; $G_{ф}$ – флегма; D – дистиллят; $G_{бр.ос}$ – остаток после перегонки бражки; $G_{к}$ – конденсат греющего пара; $G_{бар}$ – барда.

Уравнение материального баланса будет иметь следующий вид:

$$G_{бр} + G_{п} + G_{ф} = D + D_{ф} + G_{бар}.$$

II. ПРОИЗВОДСТВО БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Газированные безалкогольные напитки – это насыщенные диоксидом углерода водные растворы смесей сахарного сиропа, плодово-ягодных соков, экстрактов из плодов и ягод, настоев цитрусовых, настоев трав и пряностей, эссенций ароматических, композиций концентратов для напитков, колера и красителей, пищевых кислот и других компонентов.

Практическое занятие 7. Расчет сырья для приготовления белого сахарного и инвертного сиропов

1. Приготовление белого сахарного сиропа

Белый сахарный сироп получают путем растворения сахара в воде, кипячения водного раствора сахара, фильтрования и охлаждения сиропа. Инвертный сироп отличается от обычного белого са-

харного сиропа тем, что часть сахарозы в процессе варки инвертируется из-за добавления в сахарный раствор органических кислот или ферментного препарата. Гидролиз сахарозы заканчивается ее расщеплением на глюкозу и фруктозу. Инвертный сахар, полученный в результате гидролиза сахарозы, имеет более сладкий и мягкий вкус. В результате присоединения молекулы воды молекулярная масса глюкозы и фруктозы увеличивается при полной инверсии сахарозы на 5,26 %.

Содержание сахарозы в белом сахарном сиропе должно составлять 60–65 % по массе. В табл. 3 даны варианты концентрации сахарного сиропа, которые используются при производстве безалкогольных напитков.

Таблица 3

Соотношение между плотностью сахарных растворов, показаниями сахаромера и содержанием сахара, г/100 см³

Показатель	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Содержание сахарозы, % по массе	60	61	62	63	64	65
Плотность	1,2891	1,2950	1,3010	1,3069	1,3130	1,3190
Количество сахара, г/100 см ³	77,19	78,83	80,49	82,17	83,86	85,65

Пример. Сколько сахара (влажностью 0,15 %) и воды надо для приготовления 100 л 65 %-го сахарного сиропа. Потери воды и сухого вещества при варке сиропа не учитывать. Рассчитать расход товарной лимонной кислоты (влажностью 8 %) при проведении инверсии этого сиропа, если на 100 кг сахара необходимо 750 г лимонной кислоты в пересчете на сухое вещество. Потери кислоты на нейтрализацию щелочности воды не учитывать.

Р е ш е н и е

Масса 100 л сиропа при плотности 1,3190 составит

$$100 \cdot 1,3190 = 131,9 \text{ кг.}$$

При содержании сахарозы в сиропе 65 % по массе в 100 кг сиропа содержится 65 кг сухих веществ, тогда в 131,9 кг сиропа – X_1 сухих веществ сахара (сахарозы):

$$X_1 = \frac{131,9 \cdot 65}{100} = 85,735 \text{ кг.}$$

При влажности сахара, равной 0,15 %, необходимо взять товарный сахар в количестве

$$X_1 = \frac{85,735 \cdot 100}{99,85} = 85,864 \text{ кг.}$$

Тогда масса воды, вносимой в сироп, составит

$$131,9 \text{ кг} - 85,864 \text{ кг} = 46,036 \text{ кг.}$$

2. Приготовление инвертного сахарного сиропа

Для проведения инверсии сахарозы на 100 кг сахара необходимо внести 750 г лимонной кислоты в пересчете на сухое вещество [2, 3]. Для проведения инверсии 85,735 кг сахарозы необходимо внести сухие вещества лимонной кислоты:

$$X = \frac{85,735 \cdot 750}{100} = 64,30 \text{ г.}$$

При влажности лимонной кислоты 8 % для проведения инверсии 85,735 кг сахарозы необходимо внести товарную лимонную кислоту:

$$X = \frac{64,3 \cdot 100}{92} = 69,89 \text{ г.}$$

Практические занятия 8, 9. Расчет сырья для приготовления 100 дал безалкогольного напитка

Расход сырья на 100 дал напитка рассчитывается с учетом содержания сухих веществ в сырье, содержания сырья в готовом напитке, прироста сухих веществ за счет инверсии сахарозы и фактических потерь сухих веществ (в %): для безалкогольных газированных напитков – 4,35; для товарных сиропов – 2,8 [3].

3. Приготовление купажного сиропа холодным способом

Расчет расхода сахара (в кг в пересчете на сухое вещество) осуществляется по формуле

$$Q_c = \frac{Q_p \cdot 100}{100 - \Pi_1}, \quad (9)$$

где Q_p – содержание сухих веществ в 100 дал готового напитка по рецептуре, вносимых с сахаром, кг; Π_1 – фактические потери сухих веществ, %, $\Pi_1 = 4,35$.

Расход товарного сахара (в кг на 100 дал напитка) определяется по формуле

$$Q_{т.с} = \frac{Q_c \cdot 100}{100 - W}, \quad (10)$$

где W – влажность сахара, %.

Расход лимонной кислоты на производство 100 дал напитка состоит из количества кислоты, используемой для инверсии сахарозы, и количества кислоты, вносимой в купажный сироп.

Расход товарной лимонной кислоты на инверсию сахарозы (в кг)

$$L_{Т1} = \frac{Q_{т.с} \cdot k}{100}, \quad (11)$$

где k – расход товарной лимонной кислоты на инверсию 100 кг сахара, $k = 0,75$ кг.

Расход лимонной кислоты (в кг) в пересчете на сухое вещество

$$L_{св1} = \frac{L_{Т1} \cdot B}{100}, \quad (12)$$

где B – содержание сухих веществ в лимонной кислоте, %.

Расход лимонной кислоты (в кг) в пересчете на сухое вещество с учетом потерь

$$L_{св2} = \frac{L_{св1} - 100}{100 - \Pi_2}. \quad (13)$$

Расход товарной лимонной кислоты на инверсию сахарозы (в кг)

$$L_{T2} = \frac{L_{CB2} \cdot 100}{B}. \quad (14)$$

Расход товарной лимонной кислоты, вносимой в купажный сироп, без учета потерь (в кг)

$$L_{купT1} = L_p - L_{T1}, \quad (15)$$

где L_p – расход товарной лимонной кислоты по рецептуре, кг.

Расход лимонной кислоты, вносимой в купажный сироп, в пересчете на сухое вещество без учета потерь (в кг)

$$L_{купCB1} = \frac{L_{купT1}}{100}. \quad (16)$$

Расход лимонной кислоты, вносимой в купажный сироп, с учетом потерь (в кг в пересчете на сухое вещество на производство 100 дал напитка)

$$L_{купCB2} = \frac{L_{купCB1} \cdot 100}{100 - (\Pi - \Pi_1)}; \quad (17)$$

$$L_{купT2} = \frac{L_{купCB2} \cdot 100}{B}, \quad (18)$$

где $L_{купT2}$ – расход лимонной кислоты на производство 100 дал напитка, вносимой в купажный сироп, с учетом потерь, кг; Π_1 – потери сухих веществ на стадии варки сахарного сиропа, % ($\Pi_1 = 1$).

Общий расход лимонной кислоты в пересчете на сухое вещество (в кг) с учетом потерь составит

$$L_{CB} = L_{CB2} + L_{купCB2}. \quad (19)$$

Общий расход товарной лимонной кислоты (кг) составит

$$L_T = L_{T2} + L_{купT2}. \quad (20)$$

Расход настоя на приготовление 100 дал готового напитка с учетом потерь (в л)

$$H = \frac{H_p \cdot 100}{100 - (\Pi - \Pi_1)}, \quad (21)$$

где H_p – норма расхода настоя на приготовление 100 дал готового напитка по рецептуре, л.

Расход колера на приготовление 100 дал готового напитка в пересчете на сухие вещества (в кг)

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{\mathcal{E}_p \cdot 100}{100 - (\Pi - \Pi_1)}, \quad (22)$$

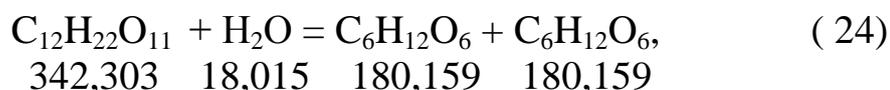
где \mathcal{E}_p – содержание сухих веществ в 100 дал готового напитка по рецептуре, кг.

Расход колера в натуральной массе

$$\mathcal{E}_H = \frac{\mathcal{E}_{св} \cdot 100}{B_1}, \quad (23)$$

где B_1 – содержание сухих веществ в колере, %.

Расчет прироста сухих веществ за счет инверсии сахарозы осуществляется в следующем порядке. Теоретически при 100 %-й инверсии из 100 г чистой сахарозы получается 105,26 г инвертного сахара, т. е. если записать так:



то получим

$$\frac{180,159 + 180,159}{342,303} = 105,26.$$

При 45 %-й инверсии сахарозы прирост сухих веществ составит 2,36 %, т. е. $5,26 \cdot 0,45$. При 30 %-й инверсии сахарозы прирост сухих веществ составит 1,58 %, т. е. $5,26 \cdot 0,3$. Следовательно,

из 100 кг сухих веществ сахарозы при 100 %-й инверсии дополнительно образуется 5,26 кг инвертного сахара, при 45 %-й инверсии – 2,36 кг, при 30 %-й – 1,58 кг.

Прирост сухих веществ за счет инверсии сахарозы (в кг)

$$I_{CB} = \frac{Q_{CB} \cdot k}{100}, \quad (25)$$

где k – прирост сухих веществ на 100 кг сухих веществ сахара.

Потери от прироста сухих веществ за счет инверсии сахарозы (в кг)

$$I_{\Pi} = \frac{I_{CB} \cdot \Pi}{100}. \quad (26)$$

Пример. Рассчитать расход сырья на 100 дал напитка «Саяны-тонизирующий», если фактические потери сухих веществ $\Pi = 4,35 \%$, в том числе при варке сахарного сиропа $\Pi_1 = 1 \%$, при купажировании $\Pi_2 = 1\%$, при розливе $\Pi_3 = 2,35 \%$. Данные для расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4

Рецептура на 100 дал готового напитка

Сырье	Расход сырья, кг	Содержание сухих веществ в сырье	
		%	кг
Сахар	92,29 кг	99,85	92,15
Кислота лимонная	1,408 кг	90,97	1,28
Настой лимонный	6,27 л	–	–
Экстракт левзеи	0,58 л	–	–
Колер	0,96 кг	70	0,67
Диоксид углерода	4,0 кг	–	–
Итого	–	–	94,1
Прирост сухих веществ за счет 45 %-й инверсии сахарозы	–	–	2,17
Всего сухих веществ в 100 дал готового напитка	–	–	96,27

Расход сухих веществ сахара с учетом потерь определяется по формуле (9):

$$Q_{CB} = \frac{92,15 \cdot 100}{100 - 4,35} = 96,431 \text{ кг.}$$

Расход товарного сахара с учетом его влажности определяется по формуле (10):

$$Q_T = \frac{96,431 \cdot 100}{100 - 0,15} = 96,486 \text{ кг.}$$

Расход товарной лимонной кислоты на инверсию сахарозы определяется по формуле (11):

$$L_{T1} = \frac{96,486 \cdot 0,75}{100} = 0,724 \text{ кг.}$$

Расход лимонной кислоты на инверсию сахарозы в пересчете на сухое вещество определяется по формуле (12):

$$L_{CB1} = \frac{0,724 \cdot 90,97}{100} = 0,659 \text{ кг.}$$

Расход сухих веществ лимонной кислоты на инверсию сахарозы с учетом потерь сухих веществ П определяется по формуле (13):

$$L_{CB2} = \frac{0,659 \cdot 100}{100 - 4,35} = 0,689 \text{ кг.}$$

Расход товарной лимонной кислоты на инверсию сахарозы с учетом потерь сухих веществ П определяется по формуле (14):

$$L_{T2} = \frac{0,689 \cdot 100}{90,97} = 0,757 \text{ кг.}$$

Расход товарной лимонной кислоты, вносимой в купажный сироп, без учета потерь определяется по формуле (15):

$$L_{куп.т1} = 1,408 - 0,724 = 0,684 \text{ кг.}$$

Расход лимонной кислоты, вносимой в купажный сироп, в пересчете на сухое вещество без учета потерь определяется по формуле (16):

$$L_{\text{купСВ1}} = \frac{0,684 \cdot 90,97}{100} = 0,621 \text{ кг.}$$

Расход лимонной кислоты, вносимой в купажный сироп, с учетом потерь (в кг в пересчете на сухое вещество на производство 100 дал напитка) определяется по формуле (17):

$$L_{\text{купСВ2}} = \frac{0,621 \cdot 100}{100 - (\Pi - 3,35)} = 0,643 \text{ кг.}$$

Расход товарной лимонной кислоты, вносимой в купажный сироп, определяется по формуле (18):

$$L_{\text{купГ2}} = \frac{0,643 \cdot 100}{90,97} = 0,707 \text{ кг.}$$

Общий расход лимонной кислоты относительно сухого вещества с учетом потерь определяется по формуле (19):

$$L_{\text{СВ}} = 0,689 + 0,643 = 1,332 \text{ кг.}$$

Общий расход товарной лимонной кислоты определяется по формуле (20):

$$L_{\tau} = 0,757 + 0,707 = 1,464 \text{ кг.}$$

Расход настоя лимонного на приготовление 100 дал напитка с учетом потерь определяется по формуле (21):

$$H = \frac{6,27 \cdot 100}{100 - (4,35 - 1)} = 6,487 \text{ л.}$$

Расход экстракта левзеи на приготовление 100 дал напитка с учетом потерь определяется по формуле (21):

$$H = \frac{0,58 \cdot 100}{100 - (4,35 - 1)} = 0,6 \text{ л.}$$

Расход колера на приготовление 100 дал готового напитка в пересчете на сухое вещество определяется по формуле (22):

$$\mathcal{E}_{\text{CB}} = \frac{0,67 \cdot 100}{100 - (4,35 - 1)} = 0,693 \text{ кг.}$$

Расход колера в натуральной массе определяется по формуле (23):

$$\mathcal{E}_{\text{H}} = \frac{0,693 \cdot 100}{70} = 0,99 \text{ кг.}$$

Прирост сухих веществ за счет 45 %-й инверсии сахарозы определяется по формуле (25):

$$\text{И}_{\text{CB}} = \frac{96,342 \cdot 12,36}{100} = 2,274 \text{ кг.}$$

Потери прироста сухих веществ определяются по формуле (26):

$$\mathcal{E}_{\text{H}} = \frac{2,274 \cdot 4,35}{100} = 0,99 \text{ кг.}$$

В табл. 5 сведены результаты расчета.

Таблица 5

**Расход сырья на 100 дал напитка «Саяны-тонизирующий»
с учетом потерь**

Сырье	Расход сырья	Содержание сухих веществ в сырье		Потери	
		%	кг	кг	%
Сахар	96,486 кг	99,85	96,341	4,191	4,35
Кислота лимонная*	1,464 кг	90,97	0,689	0,030	4,35
Настой лимонный	6,487 л	—	—	—	—
Экстракт левзеи	0,600 л	—	—	—	—
Колер	0,99 кг	70	0,693	0,023	3,35

Сырье	Расход сырья	Содержание сухих веществ в сырье		Потери	
		%	кг	кг	%
Диоксид углерода	20 кг	–	–	–	–
Прирост сухих веществ за счет 45 %-й инверсии сахарозы	–	100	2,274	0,099	4,35
Итого	–	–	100,64	4,365	
Всего сухих веществ в 100 дал готового напитка	–	–	–	–	96,275

Практические занятия 10, 11. Уточнение рецептур безалкогольных напитков при замене используемого сырья

1. Расчет продуктов для внесения в купаж необходимого количества сухих веществ

Пример. Согласно рецептуре, для приготовления 100 дал напитка требуется 115 л сока с массовой долей сухих веществ 12 %.

А. Необходимо определить, какое количество концентрированного сока с массовой долей сухих веществ 55 % следует внести в купаж, чтобы обеспечить необходимое количество сухих веществ.

Б. Необходимо определить, какое количество спиртованного сока (концентрацией сухих веществ – 10 г/100 мл) надо внести в купаж, чтобы обеспечить необходимое количество сухих веществ.

Решение

А. Плотность сока с массовой долей сухих веществ 12 % составляет 1,048 [2, 3]. Тогда масса 115 л сока будет равна

$$115 \cdot 1,04 = 120,5 \text{ кг.}$$

В 100 кг сока содержится 12 кг сухого вещества, тогда в 120,5 кг сока будут содержаться сухие вещества в количестве

$$X = \frac{120,5 \cdot 12}{100} = 14,46 \text{ кг.}$$

Рассчитаем, в каком количестве концентрированного сока с массовой долей сухих веществ 55 % будет содержаться 14,46 кг сухого вещества.

В 100 кг концентрированного сока содержится 55 кг сухого вещества, в X кг концентрированного сока – 14,46 кг сухого вещества:

$$X = \frac{14,46 \cdot 100}{55} = 26,29 \text{ кг.}$$

Плотность сока с массовой долей сухих веществ 55 % составит 1,26 кг/дм³ [2, 3]. Таким образом, необходимо внести в купаж концентрированный сок в количестве

$$X = \frac{26,29 \text{ кг}}{1,26 \text{ кг/дм}^3} = 20,87 \text{ л.}$$

Б. Рассчитаем, в каком количестве спиртованного сока концентрацией 10 г/100 мл содержится 14,46 кг сухого вещества.

В 100 мл сока содержится 10 г сухих веществ. Чтобы внести 14,46 кг сухих веществ, необходимо взять X л сока:

$$X = \frac{14,46 \cdot 10^3 \cdot 100}{10 \cdot 1000} = 144,6 \text{ л.}$$

При концентрации сока 10 г/100 мл плотность сока составит 1,04 кг/дм³ [2, 3] и в купаж необходимо будет внести сок в количестве

$$144,6 \cdot 1,04 = 150,38 \text{ кг.}$$

2. Расчет количества кислоты для обеспечения необходимой кислотности напитка

В производстве безалкогольных напитков используют пищевые кислоты: лимонную, молочную, винно-каменную, ортофосфорную и т. д. При расчете количества вносимой кислоты, необходимой для обеспечения определенной кислотности напитка, учитывают, что 1 мл 1 н. раствора NaOH эквивалентен 0,064 г 100 %-й лимонной кислоты.

В случае производственной необходимости одна кислота может быть заменена другой кислотой с учетом определенных коэффициентов.

При этом необходимо знать, что 1 г лимонной кислоты соответствует 1,17 г 100 %-й винно-каменной кислоты и 1,4 г 100 %-й молочной кислоты .

Пример. Кислотность купажного сиропа составляет 4 мл 1 н. раствора NaOH на 100 мл. Объем купажного сиропа равен 25 дал.

А. Рассчитать количество лимонной кислоты, необходимой для создания кислотности купажного сиропа 4 мл 1 н. раствора NaOH/100 мл.

Б. Рассчитать количество лимонной кислоты, необходимой для повышения кислотности купажного сиропа до 7 мл 1 н. раствора NaOH/100 мл. Массовая доля влаги в товарной лимонной кислоте составляет 10 %.

В. Рассчитать, каким количеством молочной кислоты с массовой долей сухих веществ 46 % можно заменить рассчитанное количество лимонной кислоты.

Р е ш е н и е

1. Рассчитаем, сколько 100 %-й лимонной кислоты будет содержаться в 25 дал купажного сиропа.

Кислотность купажного сиропа составляет 4 мл 1 н. раствора NaOH/100 мл.

Согласно справочным данным [2, 3], 1 мл 1 н. раствора NaOH соответствует 0,064 г 100 %-й лимонной кислоты. Тогда в 100 мл купажного сиропа кислотностью 4 мл 1 н. NaOH содержится $4 \cdot 0,064 \text{ г} = 0,256 \text{ г}$ 100 %-й лимонной кислоты, в 250 л купажного сиропа кислотностью 4 мл 1 н. NaOH/100 мл содержится 100 %-я лимонная кислота в количестве

$$\frac{250 \cdot 0,256}{100 \cdot 1000} = 0,64 \text{ г.}$$

При массовой доле влаги 10 % необходимо внести в купаж товарную лимонную кислоту в количестве

$$\frac{0,64 \text{ г} \cdot 100 \%}{90 \%} = 0,71 \text{ г.}$$

Б. Чтобы повысить кислотность напитка с 4 до 7 мл 1 н. раствора NaOH/100 мл, в 100 мл купажа необходимо добавить $3 \cdot 0,064 \text{ г} = 0,192 \text{ г}$ 100 %-й лимонной кислоты, тогда в 250 л купажного сиропа необходимо добавить 100 %-ю лимонную кислоту:

$$\frac{250 \cdot 1000 \text{ мл} \cdot 0,192 \text{ г}}{100 \text{ мл} \cdot 1000} = 0,48 \text{ г.}$$

При массовой доле влаги 10 % необходимо внести в купаж товарную лимонную кислоту:

$$\frac{0,48 \text{ г} \cdot 100 \%}{90 \%} = 0,53 \text{ г.}$$

В. Рассчитаем, каким количеством 100 %-й молочной кислоты можно заменить 0,48 г 100 %-й лимонной кислоты.

1 г 100 %-й лимонной кислоты соответствует 1,4 г 100 %-й молочной кислоты, тогда 0,48 г 100 %-й лимонной кислоты можно заменить $0,48 \cdot 1,4 = 0,67 \text{ г}$ 100 %-й молочной кислоты.

При массовой доле влаги 46 % необходимо внести в купаж товарную молочную кислоту:

$$\frac{0,67 \text{ г} \cdot 100 \%}{46 \%} = 1,46 \text{ г.}$$

Таким образом, чтобы повысить кислотность купажного сиропа до 7 мл 1 н. раствора NaOH /100 мл, необходимо внести в купаж 1,46 г товарной молочной кислоты.

3. Расчет количества вносимой кислоты с учетом щелочности воды

При производстве безалкогольных напитков необходимо учитывать то, что вода имеет определенное значение щелочности, что приводит к потере кислотности в напитке. Поэтому при внесении кислоты в купажный сироп необходимо увеличивать ее количество на величину, необходимую для нейтрализации щелочности воды.

Количество 100 %-й лимонной кислоты, необходимой для нейтрализации 100 дал воды с щелочностью от 3 до 4,5 мг-экв./л, представлено в табл. 6.

Таблица 6

Щелочность, мг-экв./л	Количество 100 %-й лимонной кислоты, г, необходимой для нейтрализации щелочности
3,0	192,0
3,5	224,0
4,0	256,0
4,5	288,0

Пример. Сколько сахара (влажностью 0,15 %) и воды надо использовать для приготовления 100 л 65 %-го сахарного сиропа? Потери воды и сухого вещества при варке сиропа не учитывать. Рассчитать расход товарной лимонной кислоты (влажностью 8 %) при проведении инверсии этого сиропа, если на 100 кг сухого вещества сахара необходимо внести 750 г лимонной кислоты в пересчете на сухое вещество. Щелочность воды составляет 3,5 мг-экв./л.

Решение

Масса 100 л сиропа при плотности 1,3190 составит

$$M = 100 \cdot 1,3190 = 131,9 \text{ кг.}$$

При массовой доле сухих веществ в сиропе 65 % в 100 кг сиропа содержится 65 кг сухого вещества сахара, тогда в 131,9 кг сиропа – X_1 сухого вещества сахара:

$$X_1 = \frac{131,9 \cdot 65}{100} = 85,735 \text{ кг.}$$

При влажности сахара, равной 0,15 %, необходимо взять товарный сахар в количестве

$$X_1 = \frac{85,735 \cdot 100}{99,85} = 85,864 \text{ кг.}$$

Тогда масса воды, вносимой в сироп, составит:

$$131,9 \text{ кг} - 85,864 \text{ кг} = 46,036 \text{ кг}.$$

Для проведения инверсии сахарозы на 100 кг сахара необходимо внести 0,750 кг лимонной кислоты в пересчете на сухое вещество. Для проведения инверсии сахарозы в 85,735 кг сахара следует внести сухие вещества лимонной кислоты:

$$\frac{85,735 \cdot 0,750}{100} = 0,643 \text{ кг}.$$

Таким образом, для проведения инверсии необходимо внести в белый сахарный сироп 643 г сухого вещества лимонной кислоты.

Рассчитаем количество 100 %-й лимонной кислоты, необходимой для инверсии с учетом потерь кислоты на нейтрализацию 46,036 кг воды, щелочность которой составляет 3,5 мг-экв/дм³.

Согласно табл. 6, для нейтрализации 100 дал воды щелочностью 3,5 мг-экв/дм³ необходимо использовать 224 г 100 %-й лимонной кислоты.

Для нейтрализации 45,734 л воды щелочностью 3,5 мг-экв/дм³ необходимо применение X_4 г 100 %-й лимонной кислоты:

$$X_4 = \frac{45,734 \cdot 224}{1000} = 10,244 \text{ кг}.$$

Следовательно, для проведения инверсии необходимо внести в сироп 643,012 г + 10,244 г = 653,36 г 100 %-й лимонной кислоты.

При массовой доле влаги в лимонной кислоте 8 % массовая доля сухих веществ составляет 92 %.

В 100 кг товарной кислоты содержится 92 кг сухих веществ, тогда в X кг товарной кислоты содержится 745,452 г сухого вещества:

$$X = \frac{745,452 \cdot 100}{92} = 810,27 \text{ г}.$$

Таким образом, для проведения инверсии сахарозы необходимо внести в белый сахарный сироп 810,27 кг товарной лимонной кислоты.

Практические занятия 12, 13. *Корректировка состава купажного сиропа по содержанию сухих веществ, кислотности и спирта,*

Пример 1. Приготовили 100 л напитка, в котором массовая доля сухих веществ составляет 11 %.

Сколько сахара с массовой долей влаги 0,15 % необходимо добавить, чтобы получить 170 л напитка с массовой долей сухих веществ 15 %?

Р е ш е н и е

А. При массовой доле сухих веществ в напитке 11% плотность напитка составит 1,0442 кг/дм³ [2, 3].

Тогда масса 100 л напитка будет равна

$$100 \text{ л} \cdot 1,0442 \text{ кг/дм}^3 = 104,42 \text{ кг.}$$

Рассчитаем количество сухих веществ в 104,42 кг напитка:

в 100 кг напитка – 11 кг сухих веществ;

в 104,42 кг напитка – X сухих веществ

$$X = \frac{100,42 \cdot 11}{100} = 11,48 \text{ кг.}$$

Б. При массовой доле сухих веществ в напитке 15 % плотность напитка составит 1,061 кг/дм³ [2, 3].

Тогда масса 170 л напитка будет равна

$$170 \text{ л} \cdot 1,061 \text{ кг/дм}^3 = 180,37 \text{ кг.}$$

Рассчитаем количество сухих веществ в 180,37 кг напитка:

в 100 кг напитка – 15 кг сухих веществ;

в 180,37 кг напитка – X сухих веществ

$$X = \frac{180,37 \cdot 15}{100} = 27,05 \text{ кг.}$$

Таким образом, для приготовления 170 л напитка с массовой долей сухих веществ 15 % необходимо использовать 27,05 кг сухих веществ. Но у нас уже есть 100 л напитка, в котором содержится 11,48 кг сухих веществ. Надо определить, сколько сухих веществ необходимо дополнительно внести в напиток:

$$27,05 \text{ кг} - 11,48 \text{ кг} = 15,57 \text{ кг}.$$

При влажности сахара 0,15 % содержание сухих веществ составит 99,85 %.

В 100 кг товарного сахара – 99,85 кг сухих веществ;
в X кг товарного сахара – 15,57 сухих веществ

$$X = \frac{15,57 \cdot 100}{99,85} = 15,59 \text{ кг}.$$

Таким образом, в напиток необходимо внести 15,6 кг товарного сахара.

Пример 2. В купажный аппарат задали 10 л сахарного сиропа с массовой долей сухих веществ 65 %, 115 л сока с массовой долей сухих веществ 12 %, 30 л инвертного сиропа с массовой долей сухих веществ 60 %. Вес купажа довели водой до 450 кг. Какова массовая доля сухих веществ в купажном сиропе? Потери не учитывать.

Р е ш е н и е

А. При массовой доле сухих веществ в напитке 65 % плотность сахарного сиропа равна 1,3190 кг/дм³ [2, 3].

Масса 10 л белого сахарного сиропа составит

$$10 \text{ л} \cdot 1,3190 \text{ кг/дм}^3 = 13,19 \text{ кг}.$$

Рассчитаем количество сухих веществ, вносимых в купаж 10 л (13,19 кг) сиропа:

в 100 кг сиропа – 65 кг сухого вещества сахара;

в 13,19 кг сиропа – X_1 сухого вещества сахара

$$X_1 = \frac{13,19 \cdot 65}{100} = 8,57 \text{ кг}.$$

Б. При массовой доле сухих веществ в соке 12 % плотность сока равна 1,0484 кг/дм³ [2, 3].

Масса 115 л сока составит

$$100 \text{ л} \cdot 1,0484 \text{ кг/дм}^3 = 120,566 \text{ кг.}$$

Рассчитаем количество сухих веществ, вносимых в купаж 115 л (120,566 кг) сока:

в 100 кг сока – 12 кг сухих веществ;

в 120,566 кг сока – X_1 сухих веществ

$$X_1 = \frac{120,566 \cdot 12}{100} = 14,47 \text{ кг.}$$

В. При массовой доле сухих веществ в инвертном сахарном сиропе 60 % плотность сиропа равна 1,295 кг/дм³ [2, 3].

Масса 30 л инвертного сиропа составит

$$30 \text{ л} \cdot 1,295 \text{ кг/дм}^3 = 38,85 \text{ кг.}$$

Рассчитаем количество сухих веществ, вносимых в купаж 30 л (38,85 кг) сиропа:

в 100 кг сиропа – 60 кг сухих веществ;

в 38,85 кг сиропа – X_1 сухих веществ

$$X_1 = \frac{38,85 \cdot 60}{100} = 23,31 \text{ кг.}$$

Г. Всего сухих веществ, вносимых в купажный сироп с каждым полуфабрикатом,

$$8,57 \text{ кг} + 14,47 \text{ кг} + 23,31 \text{ кг} = 46,35 \text{ кг.}$$

Масса купажного сиропа равна 450 кг.

В 450 кг купажного сиропа – 46,35 кг сухих веществ;

в 100 кг купажного сиропа – X кг сухих веществ

$$X = \frac{100 \cdot 46,35}{450} = 10,3 \text{ кг.}$$

Массовая доля сухих веществ в купажном сиропе составит 10,3 %.

Пример 3. Приготовили 120 л купажного сиропа для слабоалкогольного напитка с содержанием спирта 6 об. %. Сколько необходимо добавить спирта (объемная доля спирта 96 %) и воды, чтобы получить 130 л напитка, объемная доля спирта в котором составляет 8 об. %.

Решение

А. Рассчитаем количество абсолютного алкоголя в 120 л купажного сиропа с содержанием спирта 6 об. %.

120 л купажного сиропа – это 100 %; 6 % от объема составит содержание абсолютного алкоголя:

$$\frac{120 \cdot 6}{100} = 7,2 \text{ л а. а.}$$

Б. Рассчитаем содержание абсолютного алкоголя в 130 л купажного сиропа с содержанием спирта 8 об. %; 130 л купажного сиропа – это 100 %; 8 % от объема составит содержание абсолютного алкоголя:

$$\frac{130 \cdot 8}{100} = 10,4 \text{ л а. а.}$$

Для повышения содержания спирта в купажном сиропе необходимо добавить абсолютный алкоголь:

$$10,4 \text{ л} - 7,2 \text{ л} = 3,2 \text{ л.}$$

В. Рассчитаем количество 96 %-го спирта, с которым необходимо внести в купажный сироп 3,2 л абсолютного алкоголя; 3,2 л абсолютного алкоголя – это 96 %, а 100 % – количество спирта, которое необходимо добавить в купажный сироп:

$$X_3 = \frac{100 \text{ л} \cdot 3,2 \text{ л}}{96 \text{ л}} = 3,3 \text{ л.}$$

Чтобы получить 130 л напитка, содержание алкоголя в котором составляет 8 об. %, необходимо добавить в купаж 3,3 л 96 %-го спирта.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Характеристика ферментных препаратов фирмы «Эрбсле Гайзенхайм»

Ферментные препараты, продуценты ферментов	Основной фермент	Активность, ед./мл	Активность в оптимальных условиях, ед./мл	Действие	t, °С	pH	Рекомендуемая дозировка, ед./г крахмала
Дистицим БА <i>Bacillus subtilis</i>	α-амилаза	2300	4400	Разжижение	30–85	5,5–8,5	0,8–1,0
Дистицим БА-Т <i>Bacillus Iicheniformis</i>	α-амилаза термостабильная	1600	4200	Разжижение	30–110	5,5–8,0	0,5–0,6
Дистицим БА-Т Специал <i>Bacillus Iicheniformis Stearothermophilus</i>	α-амилаза термостабильная кислотоустойчивая	950	4700	Разжижение	30–110	5,4–8,0	0,2–0,3
Дистицим АГ <i>Asergillus niger</i>	Глюкоамилаза α-амилаза	6500 250	33000	Осахаривание	30–70	3,0–7,0	4,0–6,2
Глюкамил <i>Asergillus niger</i>	Глюкоамилаза α-амилаза	5200 150	30000	Осахаривание	30–70	3,0–7,0	4,0–6,2
Дистицим Протацид Экстра <i>Asergillus niger</i>	Протеаза кислая			Гидролиз белка	15–70	2,0–6,0	0,3–0,5
Дистицим XL <i>Trichoderma</i>	Термостабильная β-глюканаза,	2200 1000		Гидролиз β-глюкана и ксилана	30–90	3,5–6,0	0,044–0,11 0,02–

<i>Longibrachiatu</i>	ксиланаза						0,05
-----------------------	-----------	--	--	--	--	--	------

Приложение 2

Рекомендуемые соотношения высоты и диаметра емкостей в зависимости от объема

$V, \text{ м}^3$	Диаметр, м	Высота цилиндра, м	Общая высота, м
5	1580	2500	3390
10	2235	2500	3480
20	2500	4000	5020
30	2500	6150	7230
50	3040	6850	8000
60	3040	8250	9400
80	3420	8700	10000
100	3500	10400	11800
150	4180	11000	12500

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баракова Н.В.** Технология отрасли: Метод. указания к практическим занятиям. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. – 40 с.
2. **Девид П., Стинг.** Газированные безалкогольные напитки. Рецептуры и технологии. – СПб.: Профессия, 2008. – 415 с.
3. **Рудольф В.В.** Производство безалкогольных напитков: Справ., 2000. – 356 с.
4. **Яровенко В.Л.** Технология спирта. – М.: Колос, 2002. – 463 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
I. ПРОИЗВОДСТВО ЭТИЛОВОГО СПИРТА	3
Практическое занятие 1. <i>Расчет теоретического выхода спирта и углекислого газа при сбраживании сахаров</i>	3
Практическое занятие 2. <i>Практический и нормативный выход спирта. Расчет нормативного выхода спирта. Расчет продуктов для производства спирта из зернового сырья</i>	6
Практическое занятие 3. <i>Выбор и расчет ферментных препаратов. Расчет гидромодуля замеса</i>	8
Практическое занятие 4. <i>Расчет дрожжей</i>	10
Практическое занятие 5. <i>Расчет технологического оборудования</i>	11
Практическое занятие 6. <i>Составление материального баланса брагоперегонного аппарата</i>	13
II. ПРОИЗВОДСТВО БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ.....	14
Практическое занятие 7. <i>Расчет сырья для приготовления белого сахарного и инвертного сиропов</i>	14
Практические занятия 8, 9. <i>Расчет сырья для приготовления 100 дал безалкогольного напитка</i>	16
Практические занятия 10, 11. <i>Уточнение рецептур безалкогольных напитков при замене используемого сырья</i>	24
Практические занятия 12, 13. <i>Корректировка состава купажного сиропа по содержанию сухих веществ, кислотности и спирта</i>	30
ПРИЛОЖЕНИЯ	34
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	37

Баракова Надежда Васильевна
Радионова Ирина Евгеньевна

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Практические занятия

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Редактор
Т.В. Белянкина

Компьютерная верстка
Н.В. Гуральник

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Подписано в печать 31.05.2013. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,33. Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,31
Тираж 50 экз. Заказ № С 30

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

