

Производство пивоваренного сусла с заданными экстрактивностью и объемом

Е. В. Родин, канд. биол. наук, доцент; **С. В. Родин**
Пензенская государственная сельскохозяйственная академия

В настоящее время в связи с активным внедрением на пивоваренных предприятиях внешних и внутренних стандартов качества и средств автоматизации производства требования к прогнозируемости и стабильности производства сусла ужесточаются, что приводит к необходимости создания набора вспомогательных математических моделей, обеспечивающих строгое воспроизводство показателей сусла от партии к партии.

Предположим что, исходя из качества сырья и заданного качества сусла, определен какой-либо график затирания (для обеспечения заданного объема и экстрактивности принципиально важны лишь способ затирания и температура смешивания отварки и основной части, продолжительность пауз не играет особой роли) (рис. 1).

Ключевые слова: пивоваренное сусло; экстрактивность; расчет экстрактивности сусла; гидромодуль, выщелачивание дробины.

До начала производства известны следующие граничные условия задачи, устанавливаемые пивоваром, исходя из качества сырья, имеющегося оборудования, желаемого качества сусла и теоретического знания процесса производства сусла: тип затирания, экстрактивность сусла, объем варки, объем ЦКТ, процент ввода сырья, экстрактивность сырья, норма потерь, гидромодуль затора и отварки, процент испарения сусла при кипячении, температура основной части затора и отварки перед смешиванием и после смешивания, норма уменьшения объема

сусла при охлаждении. Решение данной задачи легко и удобно осуществлять в программной среде Microsoft Excel. Приведем пример для конкретных условий: тип затирания одноотварочный с отдельным затиранием отварки и основной части, экстрактивность сусла — 11,2 °Р; объем варки — 530 гл; объем ЦКТ — 1980 гл; рецептура — ячмень — 8 %, солод — 92 %, экстрактивность сырья — ячмень — 63 %, солод — 81 %, норма потерь экстракта — 1,3 %; гидромодуль затора после смешивания с отваркой — 3,3; гидромодуль отварки — 3,6; процент испарения сусла при кипячении — 7 %; температура основной части затора и отварки перед смешиванием — 45 и 100 °С соответственно; после смешивания — 63 °С, норма уменьшения объема сусла при охлаждении — 4 %. Исходные данные и расчет в виде задания на производство сусла показаны в табл. 1.

Отообразим тот же самый расчет в режиме проверки формул в табл. 2.

Таким образом, задача определения экстрактивности и объема сусла в общем виде решена, и при изменении параметров рецепта, сорта, норм потерь, экстрактивности сырья (в разделах таблиц — «исходные данные») можно оперативно пересчитать массу засыпи и объемы воды, необходимые на затирание, а также отследить движение экстракта при производстве сусла (аналогично можно рассчитать инфузионный и двух-, трехотварочный способ затирания).

Оперативность расчета производства сусла по вышеизложенному способу позволяет пивовару производить такой расчет на каждую партию сусла и выдавать его в виде задания на производство (см. табл. 1 и 2) оператору технологической линии, причем если расчет по каждой партии сохраняется, то не возникает проблем с поиском информации о том, как производилась та или иная партия сусла.

Теоретически вышеизложенной информации достаточно для производства сусла, однако при первой же попытке воплотить теорию в практику возникают вопросы:

Вопрос 1. Каким образом считать гидромодуль?

Теоретически все понятно: гидромодуль затора — отношение засы-

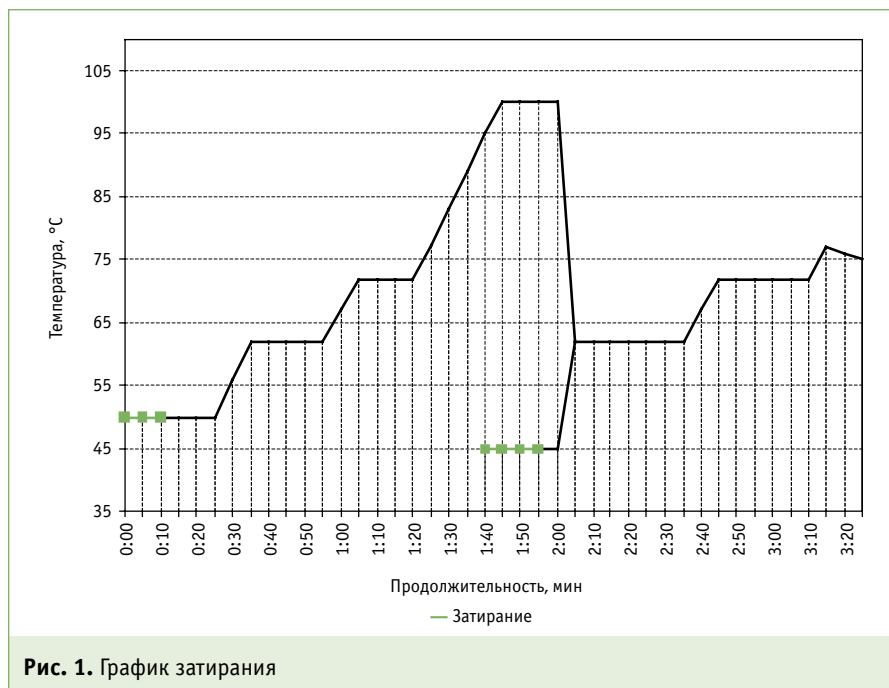


Рис. 1. График затирания

Таблица 1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ				
Сырье	Ввод, %	Экстракт, %	Объем ЦКТ, гл	1980,00
Солод	92,00	81,00	Количество варок в 1 ЦКТ	3
Ячмень	8,00	63,00	Гидромодуль отварки	3,6
Проверка	100,00		Гидромодуль затора общий	3,3
Потеря экстракта в ФЧ, %	0,80		Испарение при кипячении, %	7,00
Потеря экстракта с брухом, %	0,50		Температура основной части до смешивания, °С	45
Объем холодного сусла, гл	530		Температура отварки, °С	100,00
Плотность сусла, кг/л	1,04502		Температура затора после смешивания, °С	63
Экстрактивность сусла, °Р	11,20		Норма уменьшения объема сусла при охлаждении, %	4,00
ЗАДАНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВО				
Средняя экстрактивность сырья с учетом потерь, %				78,26
Масса засыпи всего, кг	7926	Общий набор сусла, гл		597
В том числе:				
солод	7292	Выход горячего сусла, гл		555
ячмень	634	Заполнение ЦКТ, %		80,30
Объем воды всего, гл	262	Плотность общего набора сусла, %		10,42
Масса затора, кг	22929	Масса отварки, кг		11155
Масса засыпи в затор, кг	5502	Масса засыпи в отварку, кг		2425
В том числе:				
солод	5502	солод		1791
ячмень	0	ячмень		634
Объем воды в затор, гл	174	Объем воды в отварку, гл		87

Таблица 2

A	B	C	D	E	F
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ					
3	Сырье	Ввод, %	Экстракт, %	Объем ЦКТ, гл	1980
4	Солод	0,92	0,81	Количество варок в 1 ЦКТ	3
5	Ячмень	0,08	0,63	Гидромодуль отварки	3,6
6	Проверка	=СУММ (C4: C5)		Гидромодуль затора общий	3,3
7	Потеря экстракта в ФЧ, %	0,008		Процент испарения при кипячении	0,07
8	Потеря экстракта с брухом, %	0,005		Температура основной части до смешивания, °С	45
9	Объем холодного сусла, гл	530		Температура отварки, °С	100
10	Плотность сусла, кг/ л	1,04502		Температура затора после смешивания, °С	63
11	Экстрактивность сусла, °Р	0,112		Норма уменьшения объема сусла при охлаждении, %	0,04
ЗАДАНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВО					
13	Средняя экстрактивность сырья с учетом потерь, %				=(C4*D4+C5*D5)-C7-C8
14	Масса засыпи всего, кг	=C9*C10*C11*100/ F13	Общий набор сусла, гл		=F15/(C6-F7)
15	в том числе солод	=C14*C4	Выход горячего сусла, гл		=C9/(C6-F11-C8)
16	ячмень	=C14*C5	Заполнения ЦКТ, %		=F4*C9/ F3
17	Объем воды всего, гл	=(C14*F6)/100	Плотность общего набора сусла, %		=C11*(C6-F7)
18	Масса затора, кг	=C17*100+C14-F18	Масса отварки, кг		=(F10-F8)*(C14+C17*100)/(F9-F8)
19	Масса засыпи в затор, кг	=C14-F19	Масса засыпи в отварку, кг		=F18/(F5+1)
20	в том числе солод	=C15-F20	в том числе солод		=F19-F21
21	ячмень	=C16-F21	ячмень		=C16
22	Объем воды в затор, гл	=C17-F22	Объем воды в отварку, гл		=(F18-F19)/100

пи и налива, для светлых сортов пива 1:3–4. Практически: засчитывать ли воду, расходующую на ополаскивание предзаторного чана после затирания, заторотварочного котла после перекачки отварки и ополаскивание после перекачки осахаренного затора в фильтр-чан? Возьмем вышеизложенный пример расчета (табл. 3).

Наверное, считать гидромодуль можно обоими вышеописанными спо-

собами (если грубо — первый из них описывает гидромодуль для затора, второй — для фильтр-чана), но, во-первых, данное отличие необходимо знать хотя бы для адекватного анализа литературных данных о влиянии гидромодуля на ферментативную активность затора, во-вторых, на предприятии необходимо избрать один способ расчета гидромодуля и пользоваться только им. В случае

использования второго метода существует интересное следствие: можно рассчитать экстрактивность первого сусла по формуле

$$X = \frac{MЭ}{MЭ / 100\% + W}$$

где X — экстрактивность первого сусла, %; M — масса засыпи, кг;

\mathcal{E} — средневзвешенная экстрактивность сырья на воздушно-сухом веществе, %; W — основной налив, кг.

Для нашего случая

$$X = \frac{7926 \cdot 79,56}{7926 \cdot 79,56 / 100 \% + 26\,200} = 19,4 \%$$

Данная формула была неоднократно проверена на практике, и поэтому экстрактивность первого сусла может и должна стать контрольной точкой производства сусла: если фактическая экстрактивность первого сусла отличается от расчетной экстрактивности более чем 0,2 %, значит, где-то имеется проблема (необходимо проверить адекватность графика затирания, экстрактивность сырья, корректность работы исполнительных механизмов и т.д.).

Вопрос 2. Когда завершать промывание дробины?

Опять же теоретически все просто и понятно: чем больше промываем дробину, тем больше вымывается «нежелательных» веществ (что, кстати, довольно спорно), и потери экстракта уменьшаются, но тем дольше нужно кипятить сусло до заданной экстрактивности. На практике, при поточном производстве, необходимо, чтобы продолжительность и интенсивность кипячения от партии к партии была неизменной и строго не более конкретного времени, определяемого производительностью варочного порядка.

Рассмотрим изменение экстрактивности в процессе фильтрации сусла. Ориентировочно, согласно заданию на производство, общий набор сусла должен составить 597 гл. Отообразим графически ожидаемые изменения экстрактивности при

Таблица 3

Показатель	Метод	
	1-й	2-й
Засыпь, кг	7926	7926
Основной налив, гл	262	262
Ополаскивание предзаторного чана после затирания отварки, гл	8	Вода учтена в основном наливе
Ополаскивание предзаторного чана после основной части, гл	8	
Ополаскивание заторно-отварочного котла 1 после перекачки отварки, гл	8	
Ополаскивание заторно-отварочного котла 2 после перекачки затора в ФЧ, гл	8	
Всего воды, гл	294	262
Гидромодуль	1:3,7	1:3,3

условии непрерывного промывания дробины по [1] (рис. 2).

Анализируя рис. 2, отметим, что во время стягивания первого сусла экстрактивность неизменна, а при стягивании промывных вод хоть и не линейно, но с некоторым приближе-

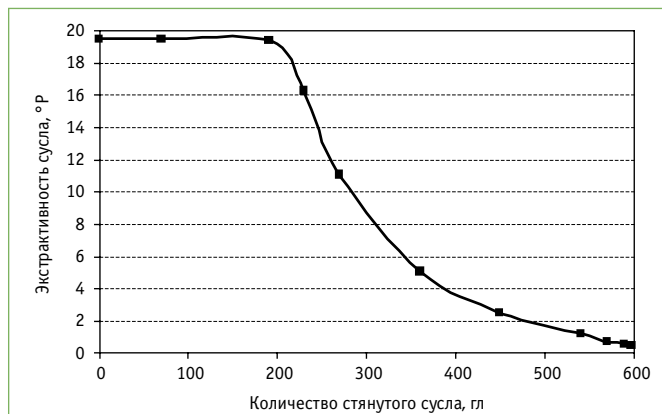


Рис. 2. Изменение экстрактивности при условии непрерывного промывания дробины

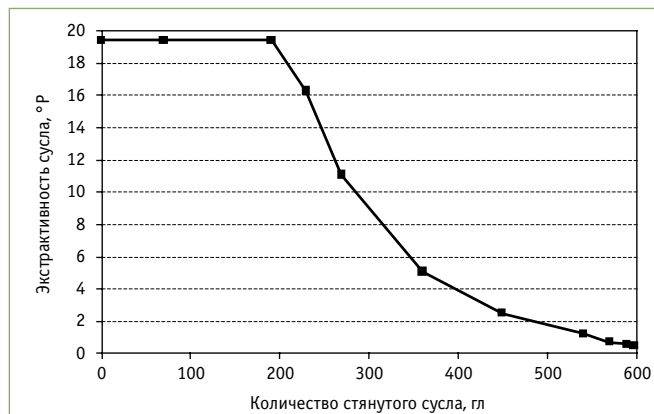


Рис. 3. Изменение экстрактивности при стягивании промывных вод

Таблица 4

Количество стянутого сусла, гл	Экстрактивность сусла, °P
0	19,4
70	19,4
190	19,4
230	16,3
270	11,1
360	5,1
450	2,5
540	1,2
570	0,7
590	0,6
597	0,5
Экстрактивность полного набора сусла	10,42
Процент испарения	7
Экстрактивность после кипячения	11,2

Таблица 5

A	B	C
3	Количество стянутого сусла, гл	Экстрактивность сусла, °P
4	0	19,4
5	70	19,4
6	190	19,4
7	230	16,3
8	270	11,1
9	360	5,1
10	450	2,5
11	540	1,2
12	570	0,7
13	590	0,6
14	597	0,5
15	Экстрактивность полного набора сусла	$=((B5-B4)/B14)*((C5+C4)/2)+((B6-B5)/B14)*((C6+C5)/2)+((B7-B6)/B14)*((C7+C6)/2)+((B8-B7)/B14)*((C8+C7)/2)+((B9-B8)/B14)*((C9+C8)/2)+((B10-B9)/B14)*((C10+C9)/2)+((B11-B10)/B14)*((C11+C10)/2)+((B12-B11)/B14)*((C12+C11)/2)+((B14-B13)/B14)*((C14+C13)/2)$
16	Процент испарения	7
17	Экстрактивность после кипячения	$=C15/(1-C16/100)$

нием график снижения экстрактивности можно разбить на несколько прямых, т.е. график экстрактивности можно представить следующим образом (рис. 3).

Таким образом, снижение экстрактивности промывных вод с некоторым приближением также описываем отрезками, ограниченными точками измерения, соответственно по формуле

$$W = \sum_{i=1}^{n-1} [(x_{i+1} - x_i) / x_n] [(y_{i+1} + y_i) / 2],$$

где W — экстрактивность полного набора сусла, °P; x_i — количество стянутого сусла, гл ($x_1=0$; x_3 — количество первого сусла; x_n — общее количество стянутого сусла); y_i — экстрактивность стягиваемого сусла в точке, соответствующей x_i ($y_1=y_2=y_3$ — экстрактивность первого сусла; y_n — экстрактивность последних гектолитров стягиваемого сусла или первых гектолитров последней промывной воды), можно рассчитать экстрактивность полного набора сусла до кипячения. Расчет, реализованный в Microsoft Excel, показан в табл. 4.

В режиме проверки формул расчет экстрактивности полного набора сусла приведен в табл. 5.

Данный расчет был неоднократно проверен в условиях филиала ЗАО МПБК «Очаково» в г. Пенза. Для получения результата с погрешностью $\pm 0,2$ °P достаточно 4–5 измерений экстрактивности в процессе фильтрации затора (1-е измерение — на первом сусле, 2–4-е измерения — во время промывания). Естественно, с увеличением количества измерений точность расчета возрастает (абсолютно точно расчет экстрактивности полного набора сусла до кипячения может быть произведен с помощью дифференцирования функции экстрактивности сусла по объему, т.е. количество измерений должно быть бесконечно большим). Из наблюдений за снижением экстрактивности промывных вод следует, что оно происходит не совсем так, как описано в учебнике [1]. После стягивания первого сусла и начала промывания дробины некоторый объем промывной воды (изменяется в зависимости от засыпи и объема фильтр-чана, в условиях идентичного оборудования, сырья и сорта сусла этот объем всегда одинаков)

стягивается практически с той же экстрактивностью, что и первое сусло, — это в принципе еще первое сусло, оставленное в фильтр-чане с целью недопущения попадания воздуха в дробину. Затем следует достаточно быстрое линейное падение экстрактивности до 2,5–3,5 °P, после чего экстрактивность промывной воды снижается гораздо медленнее. Если экстрактивность промывных вод измерять именно в указанных точках, то достаточно всего трех измерений: через 30–60 гл после первого сусла (на 8–10 т засыпи), по завершении резкого снижения экстрактивности (определяется эмпирически, зависит от экстрактивности первого сусла) и последнего гектолитра стягиваемого сусла.

Таким образом, технолог (оператор технологической линии) получает инструмент, с помощью которого в сомнительных случаях, при первой варке, при варке нового сорта, при варке на новом сырье, при проблемах с работой оборудования он в состоянии принимать решение о продолжении или завершении промывания дробины. Пользоваться данным расчетом на каждой варке (все-таки трудоемкость метода велика) или в исключительных случаях — решать пивовару, но данный метод расчета зарекомендовал себя исключительно хорошо в условиях нестабильности дозирования солода на затириание.

Вышеприведенные расчеты, производимые систематически, делают процесс движения экстракта по варочному порядку «прозрачным» и воспроизводимым, что позволяет оперативно локализовать проблемы в работе оборудования и нарушения в технологии подработки сырья и затириания в случае их появления; обеспечивать неизменное от партии к партии (стабильность продукта) и минимально необходимое (экономия энергии) время кипячения и процент выпаривания воды; минимизировать потери, поскольку наличие внеплановых потерь экстракта является непосредственно в момент их появления, и нарушения можно устранить уже на следующей варке; повисить технологическую дисциплину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива/Пер. с нем. — СПб.: Профессия, 2003.

Сочи,
ГК «Жемчужина»
19-22 мая 2010

ufi Approved Event

ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ПИВО
Фестиваль
«Море пива в Сочи»

Организатор выставки:
ЗАО «СОУД - Сочинские выставки»
при содействии:
Министерства сельского хозяйства России;
Российского Союза Пивоваров;
ВНИИ ПБ и ВП РФ,
Департамента сельского хозяйства
и перерабатывающей промышленности
Краснодарского края,
Администрации г. Сочи

В РАМКАХ ФОРУМА:

- Международная выставка-ярмарка «Пиво»
- Международная конференция
- Семинары и круглые столы
- Международный дегустационный конкурс пива и безалкогольных напитков
- Международный конкурс сырья и оборудования
- Тематические встречи в Сочи
- Фестиваль «Море пива в Сочи»
- Презентации, PR-акции
- Пивной форум. Конференция «Пивной рынок: сырье и технологии».
- Технологический семинар для специалистов пивоваренной промышленности: «Влияние качества сырья, параметров процесса и санитарии производства на органолептический профиль пива».

(подробная информация на сайте: www.soud.ru)

ЗАО «СОУД - Сочинские выставки»:
Тел./факс: (8622) 62-26-93, 62-30-15,
62-10-26, 62-11-02
e-mail: sochi@soud.ru,
inna@soud.ru, www.soud.ru

Генеральный
информационный партнер:

Информационные партнеры:

**ЧРЕЗМЕРНОЕ УПОТРЕБЛЕНИЕ ПИВА
ВРЕДИТ ВАШЕМУ ЗДОРОВЬЮ!**