

Влияние гидромодуля и условий затирания на качество сусла при производстве безалкогольного пива

А. А. Гафоров, Д. В. Карпенко, Е. П. Вдовина

Московский государственный университет пищевых производств

Безалкогольное и слабоалкогольное пиво, популярность и объемы производства которого в мире за последние годы значительно возросли, производят различными способами [1], каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Цель наших исследований — разработка такого способа, при котором технология была бы наиболее близка к применяемой при производстве алкогольсодержащего пива, не требовала установки дополнительного оборудования (по крайней мере, дорогостоящего) и приводила бы к минимальным изменениям вкуса готового безалкогольного пива. Ранее сообщалось [2] о тех подходах, на которых основывается наша работа. Кроме того, опубликованы данные о влиянии состава засыпи и способа затирания на характеристики сусла и степень его сбраживания.

Определена зависимость показателей сусла от замены солода разными сортами ячменя в количестве до 50 %, а также от схемы затирания, предусматривающей исключение мальтозной паузы. Однако предложенных способов оказалось недостаточно для получения сусла, при сбраживании которого одной из традиционно применяемых рас дрожжей без прежде-

временной остановки процесса можно произвести безалкогольное пиво.

Единственный способ эффективной регуляции активности β -амилазы в производственной практике — изменение температуры. Выше было показано, что одно лишь исключение мальтозной паузы хотя и снижает количество накопленных в сусле сахаров, — но не позволяет полностью решить обсуждаемую проблему. Поэтому решено было рассмотреть результаты затирания с понижением температуры.

Этот способ известен давно, но применяется редко; он рекомендован при переработке высококачественного солода с превосходным растворением эндосперма и очень высокими ферментативными активностями. В этом случае часть менее термостабильных ферментов инактивируется в начале процесса, когда значение температуры наибольшее. Обычно это 72 °С, при которых солодовая α -амилаза наиболее эффективно гидролизует крахмал, который, в свою очередь, достаточно эффективно клейстеризуется, при этом повышается его атакуемость амилазами. По мере снижения температуры создаются температурные оптимумы последовательно для со-

хранивших свою активность β -амилазы и протеолитических ферментов.

Большая часть перерабатываемого в промышленном масштабе солода не отвечает вышеупомянутым высоким требованиям, и при таком подходе может наблюдаться недопустимо высокая степень инактивации ферментов с умеренной и невысокой термостабильностью (β -амилазы и протеаз). При получении пива с обычной крепостью этого следует избегать, однако мы решили изучить возможность снижения β -амилазной активности именно таким способом. Устранение ожидаемых проблем с активностью протеолитических ферментов может быть решено за счет применения микробных ферментных препаратов.

Первый эксперимент этой серии был проведен в следующих условиях. Затирали несколько вариантов, в каждом из которых общее количество зернового сырья составляло 50 г, объем налива — 200 см³. Дозировки ячменей сортов «Добрыня» и «Федор» составляли 20 или 50 %. В качестве контроля использовали вариант со 100 % ячменного солода. Все варианты затирали по экспериментальной схеме, включавшей три паузы: при 70...72 °С в течение 20 мин, при 63 °С в течение 15 мин и при 50 °С в течение 30 мин.

Продолжительность мальтозной паузы была выбрана равной 15 мин, чтобы, с одной стороны, осаживающий фермент солода успел проявить свою активность, с другой — не накапливалось излишнего количества сбраживаемых сахаров в разрабатываемой технологии безалкогольного пива. При этом решено было увеличить продолжительность белковой паузы, несмотря на существенное возрастание общей длительности затирания, чтобы компенсировать неизбежную термическую инактивацию протеолитических ферментов.

Затор фильтровали через складчатый бумажный фильтр, возвращая первые порции в слой над дробиной, добываясь визуальной прозрачности фильтрата. В полученном таким образом первом сусле определяли концентрацию сухих веществ и сахаров, а также содержание аминного азота (табл. 1).

При сравнении данных табл. 1 и результатов, полученных ранее [2], видно, что изменение схемы затирания (от ступенчатого повышения к ступенчатому понижению температуры) привело к незначительному снижению экстрактивности сусла (кроме варианта со 100 % ячменного солода), концентрации сбраживаемых сахаров и заметному уменьшению содержания аминного азота. По нашему мнению, полученные результаты объясняются недостаточной инактивацией β -амилазы даже при начальной выдержке затора при 72 °С.

Таким образом, в рассматриваемом эксперименте не удалось решить поставленную задачу. Даже если аминный азот будет лимитирующим фактором (хотя ве-

Таблица 1

Состав засыпи	Мальтозная пауза	СВ, %	РВ, г/100 см ³	Аминный азот, мг/см ³
100 % солода	+	18,1	11,2	0,7
Ячмень сорта «Добрыня»				
80 % солода + 20 % ячменя	+	17,1	10,2	0,8
50 % солода + 50 % ячменя	+	16,8	9,4	0,6
Ячмень сорта «Федор»				
80 % солода + 20 % ячменя	+	17,0	9,9	0,6
50 % солода + 50 % ячменя	+	16,4	8,6	0,5

Таблица 2

Состав засыпи	Мальтозная пауза	СВ, %	РВ, г/100 см ³	Аминный азот, мг/см ³
100 % солода	—	17,9	11,1	0,9
Ячмень сорта «Добрыня»				
80 % солода + 20 % ячменя	—	16,8	9,8	0,9
50 % солода + 50 % ячменя	—	16,0	8,9	0,8
Ячмень сорта «Федор»				
80 % солода + 20 % ячменя	—	15,5	9,4	0,8
50 % солода + 50 % ячменя	—	15,2	8,1	0,7

роятность этого минимальна, так как абсолютное значение концентрации низкомолекулярных азотистых веществ достаточно высоко), это приведет к недоброду, при котором пиво будет иметь сладковатый вкус и низкую биологическую стойкость, что недопустимо. Поэтому решено было провести дальнейшую модификацию условий затираания.

Она заключалась в исключении мальтозной паузы из схемы затираания при ступенчатом понижении температуры. Таким образом, схема затираания включала две паузы: при 70...72 °С в течение 20 мин и при 50 °С в течение 30 мин. Остальные условия эксперимента были аналогичны приведенным выше. Характеристики суслу представлены в табл. 2.

Исключение мальтозной паузы из схемы затираания со ступенчатым понижением температуры привело к дальнейшему уменьшению экстрактивности суслу и содержания в нем концентрации сахаров. Особенно выраженным было снижение этих показателей в варианте, в котором суслу получали из смеси солода и ячменя сорта «Федор» в равных долях (50 % + 50 %).

При этом во всех вариантах отмечали увеличение концентрации аминного азота по сравнению с тем, когда затираание вели при понижении температуры и мальтозной паузе. Очевидно, это объясняется уменьшением суммарной температурной нагрузки на протеолитические ферменты затора и соответственно снижением степени инактивации этой группы биокатализаторов.

Необходимо отметить, что и при реализации «укороченной» без мальтозной паузы схемы затираания со ступенчатым снижением температуры не удалось в должной степени снизить содержание редуцирующих веществ, значит, и сбраживаемых сахаров ни в одном из вариантов суслу. Даже если учесть, что при разбавлении промывными водами концентрация сахаров несколько понизится, требуемый результат все равно не будет достигнут. Это свидетельствует о необходимости дополнительной модификации условий затираания, при которых выход сбраживаемых дрожжами сахаров из крахмала зернового сырья будет снижен.

В качестве меры, способной снизить содержание сбраживаемых сахаров в первом сусле, решено было апробировать изменение гидро модуля затора. В настоящее время наблюдается выраженная тенденция изменения этой важной характеристики в сторону уменьшения. Так, при производстве пива по «плотной» и «высокоплотной» технологии могут применяться значения гидро модуля около 1:3 в отличие от характерных для классической технологии величин из диапазона 1:4–1:5. Уменьшение гидро модуля может обеспечить как некоторые технологические (отмечается, например, что в более концен-

Таблица 3

Величина гидро модуля	Мальтозная пауза	СВ, %	РВ, г/100 см ³	Аминный азот, мг/см ³
Ячмень сорта «Добрыня»				
1:5	—	12,8	8,0	0,7
1:6	—	11,0	7,3	0,7
1:7	—	10,3	6,5	0,6
Ячмень сорта «Федор»				
1:5	—	12,2	7,1	0,6
1:6	—	10,5	6,5	0,6
1:7	—	9,6	6,0	0,7

Таблица 4

Величина гидро модуля	Мальтозная пауза	СВ, %	РВ, г/100 см ³	Аминный азот, мг/см ³
Ячмень сорта «Добрыня»				
1:5	—	14,3	9,9	0,8
1:6	—	12,5	8,5	0,6
1:7	—	10,9	6,9	0,5
Ячмень сорта «Федор»				
1:5	—	12,1	8,6	0,6
1:6	—	11,0	8,0	0,6
1:7	—	10,0	6,5	0,6

трированных заторах протеолитические ферменты действуют эффективнее), так и экономические преимущества. Однако при производстве безалкогольного пива можно использовать противоположный подход. В нашей работе также решено было изучить вопрос об эффективности повышения гидро модуля в сочетании с приемами, продемонстрировавшими определенную, хотя и недостаточную ранее, эффективность.

Для решения поставленной задачи был проведен эксперимент, в котором использовали две серии вариантов, отличавшихся составом засыпи. В первой серии применяли 100 % ячменного солода, используя эти варианты в качестве образцов сравнения. Во второй серии засыпь состояла из 50 % ячменного солода и 50 % ячменя сорта «Федор». От использования ячменя сорта «Добрыня» решено было отказаться, так как в предыдущих экспериментах суслу, полученное с его применением, содержало более высокие концентрации сухих и редуцирующих веществ.

В каждой серии брали 200 см³ налива. Гидро модуль варьировали за счет изменения количества засыпи, которая для разных вариантов составляла 40,0; 33,3 и 28,75 г. Таким образом, в каждой серии исследовали три варианта гидро модуля — 1:5; 1:6 и 1:7. Все варианты затирали по экспериментальной схеме, включавшей две паузы: при 70...72 °С в течение 20 мин и при 50 °С в течение 30 мин.

Затор фильтровали через складчатый бумажный фильтр, возвращая первые порции в слой над дробиною, до достижения визуальной прозрачности фильтрата. Показатели полученного таким образом первого суслу приведены в табл. 3.

Сопоставляя данные табл. 3 и результаты предыдущих экспериментов, можно отметить снижение экстрактивности суслу и концентрации редуцирующих веществ. Также наблюдали закономерное уменьшение выхода экстрактивных веществ и сахаров в вариантах с несоложенным зерном по сравнению с образцами, полученными из 100 % солода при том же гидро модуле.

В то же время даже при гидро модуле 1:7 и переработке смеси солода и ячменя концентрация редуцирующих веществ (РВ) в первом сусле была слишком высокой, чтобы предположить возможность содержания этилового спирта в готовом пиве менее 0,5 %. Это свидетельствует о достаточно высокой эффективности действия солодовой β-амилазы и, следовательно, о необходимости дополнительных усилий для снижения ее активности.

В качестве меры для решения этой задачи решено было опробовать повышение термической «нагрузки» на суслу и содержащиеся в нем ферменты во время проведения осахаривающей паузы, первой в применяемой схеме затираания. Для этого повысили температуру осахаривающей паузы с 72 до 75 °С и увеличили ее продолжительность с 20 до 30 мин. Большее увеличение длительности паузы нецелесообразно, так как в производственном масштабе это привело бы к увеличению экономических потерь и к сильному инактивирующему воздействию на протеолитические ферменты солода. Остальные условия эксперимента были аналогичны тем, в которых проводили предыдущий. Результаты затираания представлены в табл. 4.

Полученные в эксперименте результаты противоречили ожидаемым. Отмечено снижение только концентрации аминно-

Таблица 5

Величина гидромодуля	Мальтозная пауза	СВ, %	РВ, г/100 см ³	Аминный азот, мг/см ³
Ячмень сорта «Добрыня»				
1:7	—	10,5	6,6	0,7
1:10	—	7,3	3,2	0,5
1:15	—	5,2	2,0	0,3
Ячмень сорта «Федор»				
1:7	—	9,5	6,1	0,5
1:10	—	7,0	3,1	0,4
1:15	—	4,8	1,9	0,3

Таблица 6

Вариант	Показатель, мас. %	Время брожения, сут								
		0	1	3	4	5	6	7	8	9
Контроль	Этанол, %	0	0	0	0,59	1,07	1,68	1,50	1,51	1,56
	Д. Э., %	5,92	5,67	5,38	4,79	3,95	3,00	2,99	2,99	2,97
Опыт 1	Этанол, %	0	0	0	0,38	0,70	0,96	1,02	1,18	1,18
	Д. Э., %	4,66	4,14	4,09	4,05	3,49	2,97	2,95	2,94	2,92
Опыт 2	Этанол, %	0	0	0,32	0,33	1,02	1,18	0,86	1,24	1,25
	Д. Э., %	5,16	4,78	4,66	3,88	3,42	2,51	2,70	2,59	2,59

го азота, что логично объясняется более интенсивным воздействием температуры на сравнительно термолabileные протеолитические ферменты.

Во то же время в любом варианте с определенным гидромодулем и составом затора наблюдалось увеличение выхода экстрактивных веществ и концентрации РВ. По нашему мнению, это может быть объяснено следующим образом. Повышения интенсивности температурного воздействия по сравнению с предыдущей схемой затирания было недостаточно, чтобы в значительной степени ингибировать β-амилазу. При этом и процесс клейстеризации крахмала, и его ферментативный гидролиз под действием α-амилазы проходили более интенсивно, в результате чего количество молекул, легко атакуемых β-амилазой, возрастало, что обусловило увеличение как общей суммы сухих веществ (за счет более эффективного суммарного действия обоих амилолитических ферментов затора), так и концентрации редуцирующих веществ.

Поскольку при использовании модифицированной схемы затирания необходимого результата добиться не удалось, а такой режим ведения процесса более затратен из-за большего расхода теплоносителя и большей продолжительности, было решено вернуться к предыдущей схеме, в соответствии с которой первая, осахаривающая пауза проводится при 70...72 °С в течение 20 мин. Дальнейшее снижение концентрации сухих и редуцирующих веществ в сусле обеспечивалось за счет большего увеличения гидромодуля.

Для оценки эффективности такого подхода был проведен следующий эксперимент. В каждой серии объем розлива был одинаков — 200 см³. Гидромодуль варьировали за счет изменения количества засыпи, которая для разных вариантов

составляла 28,75; 20,0 и 13,3 г. Таким образом, в каждой серии исследовали три варианта гидромодуля — 1:7; 1:10 и 1:15. В первой серии использовали 100 % ячменного солода, беря эти варианты в качестве образцов сравнения. Во второй серии засыпь состояла из 50 % ячменного солода и 50 % ячменя сорта «Федор». Все варианты затирали по экспериментальной схеме, включавшей две паузы: при 72 °С в течение 20 мин и при 50 °С в течение 30 мин. В отфильтрованном первом сусле определяли показатели, значения которых приведены в табл. 5.

Из данных табл. 5 следует, что высокие по сравнению с традиционными значения гидромодуля позволили достичь величин определяемых показателей сусле, при которых «неконтролируемое» (без принудительного прерывания) его сбраживание позволит накопить количество этилового спирта не выше примерно 0,4 об. %. В первую очередь это относится к вариантам с гидромодулем 1:15. Несмотря на то, что в этих образцах зафиксировано минимальное содержание аминного азота из всех установленных на протяжении исследований, по нашему мнению, эти питательные вещества присутствовали в сусле в достаточной концентрации и не могли служить лимитирующим фактором для развития дрожжевой популяции.

Для установления справедливости сделанных выводов был проведен эксперимент по сбраживанию сусле, полученного разработанным способом. Для этого к 800 см³ налива добавили 53,3 г засыпи (гидромодуль 1:15), которая представляла собой: 100 % ячменного солода (контроль); 50 % ячменного солода и 50 % ячменя сорта «Федор» (опыт 1); 50 % ячменного солода и 50 % ячменя сорта «Добрыня» (опыт 2).

Все варианты затирали по экспериментальной схеме, включавшей две паузы: при 72 °С в течение 20 мин и при 50 °С в течение 30 мин. Затор фильтровали, возвращая первые порции в слой над дробиною, до достижения визуальной прозрачности фильтрата. Сусле кипятили в течение 1 ч 15 мин, задавая гранулированный хмель в два приема: 80 % через 10 мин после начала кипячения, 20 % за 10 мин до окончания кипячения. Охмеленное сусле охлаждали, отделяли осадок и засеивали его суспензией производственных дрожжей из расчета 2 об. %. Главное брожение вели при температуре 5...7 °С в течение 9 сут. Ежедневно определяли содержание этилового спирта и действительный экстракт дистилляционным способом. Результаты эксперимента представлены в табл. 6.

Полученные результаты подтверждают ряд выводов, сделанных нами ранее. Во-первых, замена части солода несоложенным зерном приводит к снижению степени сбраживания сусле, причем более эффективно эта задача решается при использовании ячменя сорта «Федор». Во-вторых, аминный азот не является лимитирующим фактором развития дрожжевой популяции.

Во то же время вследствие наличия этилового спирта, присутствующего в любом из образцов, полученное пиво нельзя считать безалкогольным. Дальнейшее разбавление сусле за счет увеличения гидромодуля ради снижения концентрации сбраживаемых сахаров и последующего уменьшения выхода этанола представляется нецелесообразным, так как это приведет к снижению общего и, как следствие, несброженного экстракта. В этом случае вкус безалкогольного пива будет менее выраженным, менее сходным с органолептической классической пива с умеренным содержанием алкоголя.

С нашей точки зрения, изученные ранее технологические приемы понижения степени сбраживания сусле должны быть элементами технологии безалкогольного пива, но их применение целесообразно лишь в сочетании с другими. Одним из них может быть более интенсивная, чем обычная, аэрация сусле перед засевом сусле дрожжами и, возможно, даже в первые дни главного брожения. Это должно привести к тому, что питательные вещества сусле будут в большей степени расходоваться в аэробных условиях, чем в анаэробных с накоплением этилового спирта. О результатах запланированного этапа исследований будет сообщено позднее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазер В. Как произвести хорошее безалкогольное пиво//Пиво и напитки. 2003. № 2.
2. Карпенко Д. В., Гафоров А. А., Вдовина Е. П. Влияние состава засыпи и способа затирания на качество сусле при производстве безалкогольного пива//Пиво и напитки. 2008. № 3.