

УДК 663.443: 543.32

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ НА ЗАТИРАНИЕ СОЛОДА И ПРОМЫВКУ СОЛОДОВОЙ ДРОБИНЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИВА**¹Перетрутов А.А., ¹Пастухова Г.В., ²Просвирин С.В., ¹Чубенко М.Н., ¹Авдонина А.В.,
¹Ануфриева А.И., ¹Иванов А.И.**¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Н. Новгород, e-mail: lab202@dfngtu.nnov.ru;²ООО «Дзержинский пивоваренный завод», Дзержинск, e-mail: sv_prosvirin@mail.ru

Исследовано влияние ионного состава воды на затирание солода, промывку дробины и переход экстрактивных веществ в сусло и промывную воду. По полученным данным построены графики зависимости содержания экстрактивных веществ солода в сусле и в промывной воде от ионного состава воды (содержания сульфат и хлорид анионов и катионов кальция и магния). Для получения высокого содержания экстрактивных веществ в сусле следует применять воду, содержащую 1,8–2,6 мг-экв/дм³ Ca²⁺ и 0,4–0,6 мг-экв/дм³ Mg²⁺, а промывание солодовой дробины водой наиболее эффективно при содержании ионов Ca²⁺ до 0,5 мг-экв/дм³, Mg²⁺ – 0,4 мг-экв/дм³. Полученные экспериментальные данные позволяют выбрать солевой состав воды и метод ее предварительного приготовления для затирания солода и промывки солодовой дробины. Рекомендован наиболее эффективный метод подготовки воды в производстве пива – нанофильтрация: для затирания состав воды должен корректироваться добавлением сульфата или хлорида кальция в зависимости от ее анионного состава; для промывания дробины используется вода непосредственно после фильтрационной установки.

Ключевые слова: затирание, солод, пиво, жесткость воды, солодовая дробина, промывка**THE INFLUENCE OF HARDNESS SALTS OF WATER FOR MASHING MALT AND FLUSHING THE MALT GRAINS IN THE PRODUCTION OF BEER****¹Peretrutov A.A., ¹Pastukhova G.V., ²Prosvirin S.V., ¹Chubenko M.N., ¹Avdonina A.V.,
¹Anufrieva A.I., ¹Ivanov A.I.**¹Nizhny Novgorod state technical University n.a. R.E. Alekseev, N. Novgorod,
e-mail: lab202@dfngtu.nnov.ru;²Dzerzhinsky brewery, Dzerzhinsk, e-mail: sv_prosvirin@mail.ru

The influence of the ionic composition of the water for mashing malt, rinse the pellet and the transition of extractive substances in the wort and the washing water. According to the data obtained plots of the content of extractive substances from malt in the wort and wash water from the ionic composition of water (the content of sulfate and chloride anions and cations of calcium and magnesium). To obtain a high content of extractive substances in the wort should be applied to water containing 1,8–2,6 mg-EQ/dm³ of Ca²⁺ and 0,4–0,6 mg-EQ/dm³ Mg²⁺, and lunge malt grains water most effectively when the content of Ca²⁺ ions to 0,5 mg-EQ/dm³, Mg²⁺ – 0,4 mg-EQ/dm³. The obtained experimental data allow to choose the saline water composition and the method of preliminary preparation for the mashing of malt and malt wash the pellet. Recommended most effective method of water treatment in the production of beer – nanofiltration: for rubbing the composition of the water must be adjusted by adding sulfate or calcium chloride, depending on its anionic composition; rinsing the pellet is used immediately after a water filtration plant.

Keywords: mashing, malt, beer, water hardness, malt the grain, rinsing

В основе производства пива лежат биохимические превращения солода, микробиологические и ферментативные процессы при брожении и дображивании пива, в которых участвуют как истинные, так и чужеродные компоненты сырья и материалов, используемые в производстве. Эффективность процессов, протекающих на отдельных стадиях, зависит от температуры, состава сырья и рабочих сред, условий активации ферментов и т.п.

Состав воды, которая служит исходным сырьем и участвует в приготовлении пивного сусла и промывке солодовой дробины, влияет на эффективность отдельных стадий.

Цель исследования. Цель выполненной работы – установить влияние ионного со-

става воды на затирание солода, промывку дробины и переход экстрактивных веществ в сусло и промывную воду.

Материалы и методы исследования

Воду, используемую для затирания и промывания дробины, готовили искусственно: к дистиллированной воде добавляли соли кальция и магния, смешивали водопроводную воду питьевого качества с дистиллированной водой в разных соотношениях, применяли воду из системы городского питьевого водоснабжения без подготовки и водопроводную воду, прошедшую обработку нанофильтрацией на лабораторной установке с модулем ЭРН-Б-45–350, снаряженной мембраной ОПМН-П. Приготовленная заторная вода содержала хлориды и сульфаты кальция и магния в пределах 0–3,5 мг-экв/дм³, что охватывает диапазон изменения содержания солей жесткости в водопроводной воде г. Дзержинска. Определение

содержания солей жесткости в исходной воде, сусле и промывной воде осуществляли трилонометрически. Оценку влияния состава воды на переход сухих веществ в сусло при затирании проводили конгрессным методом. Содержание экстрактивных веществ в сусле и воде после промывания дробины оценивали в соответствии с известными методиками [1].

Результаты исследования и их обсуждение

участвуют в образовании диметилсульфида, придающего в концентрациях, превышающих 25–35 мкг/дм³, вкус вареных овощей [2–4].

Влияние катионов Ca²⁺ и Mg²⁺ на содержание экстрактивных веществ в сусле представлено также на рисунке 1. Наличие в воде сульфата кальция в количестве 2–3 мг-экв/дм³ приводит к более интенсив-

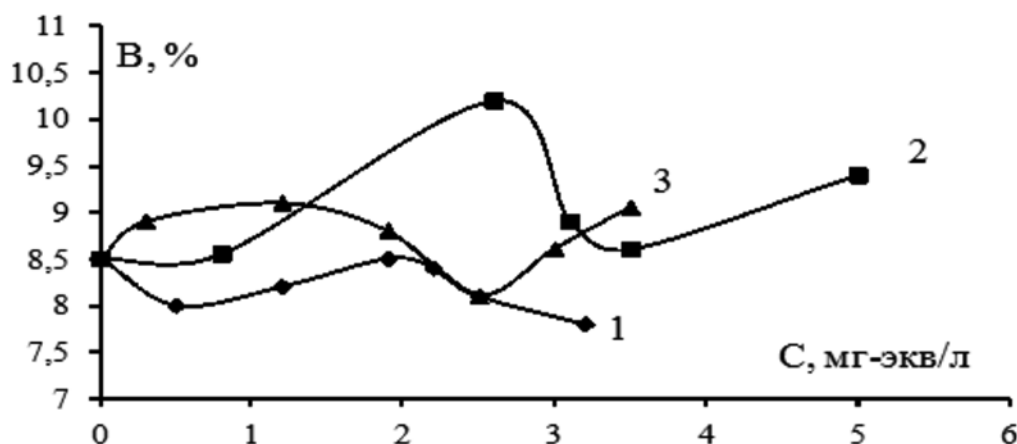


Рис. 1. Влияние ионного состава воды (C, мг-экв/л) на содержание экстрактивных веществ солода в сусле (B, %):

1 — от содержания хлорида кальция; 2 — от содержания сульфата кальция;
3 — от содержания сульфата магния

Затирание светлого ячменного солода на искусственно приготовленной воде разного солевого состава показало, что анионный состав воды (наличие в воде хлоридов или сульфатов при соотношении сульфат-и хлорид-ионов в использованной питьевой воде 1:4 по массе) влияет на содержание экстрактивных веществ в сусле (рис. 1).

Из графиков на рис. 1 следует, что присутствие в воде сульфат-ионов в виде сульфата кальция благоприятно влияет на гидролитические ферментативные процессы при затирании солода, поэтому выход сухих веществ в сусло на 0,5–2% выше, чем в присутствии хлорида кальция. Это связано с тем, что сульфат кальция взаимодействует с карбонатами и щелочными фосфатами, переходящими в затор из солода, и pH затора смещается в сторону кислотности, что улучшает условия для протекания амилолиза в заторе [3]. Анионы также влияют на растворение веществ солода и проницаемость частиц оболочек зерна. Однако, высокое содержание сульфат-ионов в сусле нежелательно, так как ионы SO₄²⁻ могут восстанавливаться до ионов S²⁻, которые

ному переходу растворимых веществ солода в сусло, благодаря защитному и активирующему действию ионов Ca²⁺ на ферменты, особенно на α-амилазу, которая необходима для расщепления крахмала на декстрины. Ионы Ca²⁺ повышают также активность протеолитических ферментов, обеспечивающих достаточное для брожения содержание аминного азота в сусле.

Эксперименты, проведенные на искусственно приготовленной воде, содержащей сульфаты кальция и магния (табл. 1), показали, что наиболее высокий переход экстрактивных веществ наблюдается для сусла, приготовленного на воде с содержанием солей кальция 1,8–2,5 и магния 0,4–0,6 мг-экв/дм³, и составляет 8,9–9,1%. Содержание ионов кальция и магния в готовом сусле значительно превышает их содержание в исходной воде и составляет по кальцию 5,5–7,8 и магнию 0,45–1,05 мг-экв/дм³. Однако концентрация ионов кальция и магния в сусле изменяется в небольшом диапазоне значений, что возможно связано с образованием буферной системы, которая поддерживает pH сусла. Таким образом,

при затирании соли кальция и магния солода в значительных количествах переходят в сусло, но начальное содержание этих солей в воде играет роль своеобразного катализатора биохимических процессов, обеспечивая более полный ферментативный распад крахмала и переход в сусло сахаров и других продуктов гидролиза.

веществ 7,75%. Снижение содержания солей жесткости путем разбавления водопроводной воды дистиллированной или использование воды, частично обессоленной на лабораторной установке нанофильтрации (табл. 2), привело к увеличению содержания экстрактивных веществ в сусле на 0,2–0,8%, так, при затирании солода на воде, прошедшей нано-

Таблица 1

Влияние содержания ионов Ca^{2+} при постоянном содержании ионов Mg^{2+} на переход экстрактивных веществ солода в сусло

Содержание в воде, мг-экв/л		Содержание экстрактивных веществ в сусле, %	Содержание в сусле, мг-экв/л		Содержание в воде, мг-экв/л		Содержание экстрактивных веществ в сусле, %	Содержание в сусле, мг-экв/л	
Ca^{2+}	Mg^{2+}		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}		Ca^{2+}	Mg^{2+}
0	0,2	8,708	5,6	0,6	0	0,6	8,341	6,1	0,95
0,8	0,2	8,331	6,4	0,45	0,8	0,6	8,574	5,85	1,0
1,8	0,2	8,348	5,8	0,6	1,8	0,6	9,147	6,6	1,05
2,5	0,2	8,623	7,0	0,55	2,5	0,6	9,042	7,8	0,9
3,0	0,2	9,152	7,2	0,9	3,0	0,6	8,654	7,1	1,6
0	0,4	8,422	5,5	0,85	0	1,2	8,281	6,3	1,25
0,8	0,4	8,446	6,3	0,9	0,8	1,2	8,183	6,45	1,35
1,8	0,4	8,379	6,6	0,7	1,8	1,2	7,846	6,3	1,6
2,5	0,4	9,179	6,9	0,5	2,5	1,2	7,902	6,5	1,8
3,0	0,4	8,336	7,0	0,7	3,0	1,2	8,696	7,67	0,9

Кроме того, из полученных данных следует, что при увеличении концентрации ионов кальция в исходной воде в диапазоне оптимальных концентраций солей наибольшее содержание экстрактивных веществ в сусле получено при меньших концентрациях ионов магния.

Затирание солода на водопроводной воде жесткостью 4,7 мг-экв/дм³ позволило получить сусло с содержанием экстрактивных

фильтрацию, содержание экстракта в сусле составило 8,34–8,45%. Следует отметить, что состав отфильтрованной воды при давлениях 10 и 15 атм не соответствует оптимальным для затирания концентрациям ионов кальция, полученным в предыдущих опытах. Такая вода может быть откорректирована путем добавления необходимого количества сульфата кальция, чтобы обеспечить соотношение ионов кальция и магния, равное 3÷4,5:1.

Таблица 2

Влияние ионного состава воды на выход экстрактивных веществ при затирании

Вода	Содержание в воде ионов, мг-экв/г		Содержание в сусле экстрактивных веществ, %	Содержание в сусле ионов, мг-экв/г	
	Ca^{2+}	Mg^{2+}		Ca^{2+}	Mg^{2+}
Дистиллированная вода	0	0	8,586	6,4	0,77
Водопроводная вода	3,7	1,0	7,509	5,8	0,95
	3,4	0,8	7,877	6,9	0,88
Водопроводная + дистиллированная вода	2,7	0,7	8,152	6,0	1,0
	1,5	0,9	7,989	7,0	0,83
	1,6	1,0	8,024	5,6	1,0
	1,8	0,8	8,318	5,7	0,9
	1,3	0,5	8,006	5,4	1,2
	1,2	0,4	8,159	6,0	0,75
	0,7	0,2	8,568	6,3	0,55
Вода после нанофильтрации при 15 атм	0,8	0,1	8,434	5,4	0,95
Вода после нанофильтрации при 10 атм	0,6	0,2	8,367	5,8	0,55

Готовый осахаренный затор подвергали фильтрованию для отделения солодовой дробины и получения сусла. Процесс проходил в две стадии: отделение первого сусла и промывание (выщелачивание) солодовой дробины водой. Влажность дробины после отделения сусла составляет примерно 80 %, остаточная вода дробины содержит значительное количество растворенных веществ, и промывание дробины водой позволяет более полно извлекать экстрактивные вещества солода.

Для выщелачивания дробины использовали воду с заданным содержанием солей жесткости температурой 74°C, которая обеспечивает высокую скорость фильтрования. Искусственно приготовленную воду, содержащую сульфаты или хлориды кальция или магния, применяли для затириания солода и промывания солодовой дробины.

При затириании солода на воде, содержащей 1,9–2,6 мг-экв/дм³ CaCl₂, получен наиболее высокий переход экстрактивных веществ в сусло (8,1–8,5 %), а содержание экстрактивных веществ в воде после промывания дробины составило 0,7–1,8 % (табл. 3).

2,0–2,5 мг-экв/дм³ CaSO₄, но в воде после промывания дробины содержание экстрактивных веществ составило лишь 0,8–1,2 %.

Испытания на воде, содержащей хлорид магния, показали меньший переход экстрактивных веществ как в сусло, так и в воду после выщелачивания, тогда как в присутствии сульфата магния переход экстрактивных веществ сопоставим или превышает переход экстрактивных веществ в присутствии солей кальция.

Эффект наибольшего перехода экстрактивных веществ в промывную воду, содержащую CaCl₂, может объясняться выщелачиванием горьких и дубильных веществ из оболочек солода, что отрицательно сказывается на вкусе пива [3]. Добавка сульфата кальция (использование гипсованной воды) положительно влияет на экстракцию, т.к. способствует снижению pH жидкой фазы и затрудняет выщелачивание из дробины дубильных веществ, полифенольных соединений, кремниевой кислоты.

На рис. 2 показано изменение содержания экстрактивных веществ в воде после промывания дробины при разном содержа-

Таблица 3
Затириание солода и промывание дробины водой разного состава

Вода для промывания		Содержание экстракта в сусле, %	Содержание экстракта в промывной воде, %
Добавленная соль	Содержание иона, мг-экв/л		
Хлорид кальция	0	8,073	0,77
	1,2	8,195	1,514
	1,9	8,513	0,745
	2,2	8,464	1,82
	2,6	8,073	1,59
	3,1	7,853	0,847
Хлорид магния	0	7,337	0,745
	1,5	8,048	0,706
	2	7,73	0,591
	2,5	7,779	0,411
Сульфат кальция	0	7,337	0,745
	1,5	8,293	0,988
	2	8,061	1,18
	2,5	8,549	0,808
	2,8	8,036	1,283
	3,8	8,366	1,026
Сульфат магния	0,8	9,036	1,001
	1,8	8,586	0,885
	2,4	8,244	0,796

Близкие значения по содержанию экстрактивных веществ в сусле были получены при использовании воды, содержащей

сульфатов кальция и магния в исходной воде. Состав сусла, полученного при затириании, приведен в табл. 1.

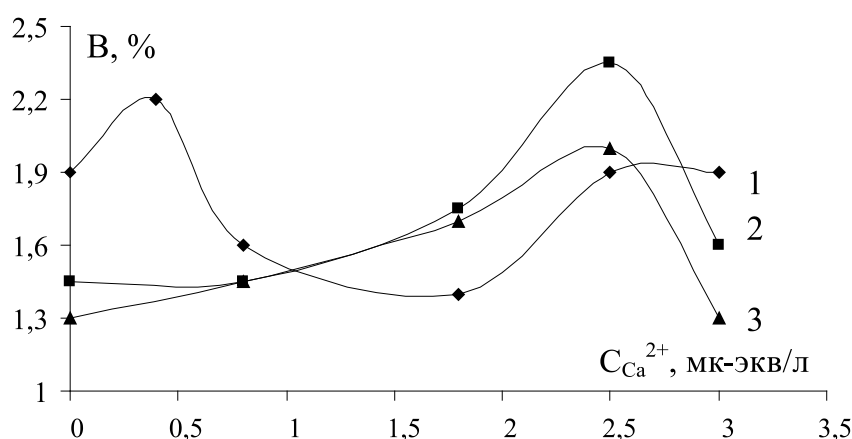


Рис. 2. Зависимость содержания экстрактивных веществ в воде после промывания дробины от солевого состава промывной воды при содержании ионов магния, мг-экв/л: 1 – 0,4; 2 – 0,6; 3 – 1,2

Установлено, что при постоянном содержании ионов Mg^{2+} в воде и увеличении содержания ионов Ca^{2+} от 0 до 3 мг-экв/дм³ наибольшее содержание экстрактивных веществ в воде (1,6–2,3 %) наблюдается при содержании ионов Ca^{2+} от 2 до 3 мг-экв/дм³, что, возможно, связано с извлечением полифенолов и других нежелательных соединений, отрицательно влияющих на органолептические характеристики и стойкость готового пива. Большой интерес для промывания дробины представляет вода, содержащая до 0,5 мг-экв/дм³ Ca^{2+} и 0,4 мг-экв/дм³ Mg^{2+} . Содержание экстрактивных веществ в сусле при затирании на данной воде составляет 8,4 % и относительно высокое содержание экстрактивных веществ в воде после промывки свидетельствует о переходе в промывную воду преимущественно сахаров и других водорастворимых веществ.

Влияние содержания и соотношения ионов кальция и магния в промывной воде на выщелачивание дробины связано с тем, что при промывании дробины продолжают в некоторой степени ферментативные процессы с участием α -амилазы, активность которой зависит от присутствия ионов Ca^{2+} . Вода для промывания не содержит растворенных сахаров, декстринов, азотсодержащих и других веществ солода, поэтому ускоряются диффузионные и осмотические процессы перехода веществ из жидкой и твердой фазы дробины. Буферность жидкой фазы дробины в ходе промывки понижается, что ведет к ускорению растворения веществ дробины. Содержание ионов магния в воде после промывания дробины больше, чем в исходной воде. Например, при содержании ионов кальция в исходной воде 0–3 мг-экв/дм³ и Mg^{2+} 0,4 мг-экв/дм³ в воде после промывания содержание Mg^{2+} 0,7–1,1 мг-экв/дм³; при содержании в исход-

ной воде Mg^{2+} 0,6, в промывной воде содержится 1,4–2,2 мг-экв/дм³. Следовательно, при промывании дробины интенсивно растворяются соли магния, присутствующие в оболочке солода. Содержание ионов кальция в воде после промывания при невысоком начальном содержании (0–0,8 мг-экв/дм³) возрастает до 0,9–1,4 мг-экв/дм³, а при более высоком начальном содержании падает на 0,1–0,7 мг-экв/дм³, что возможно за счет образования малорастворимых солей кальция.

Таким образом, состав исходной воды, а именно содержание солей кальция и магния, влияет на содержание экстрактивных веществ в сусле на стадии затирания и в воде после промывания солодовой дробины.

Выводы

На стадии затирания светлого ячменного солода для получения высокого содержания экстрактивных веществ в сусле следует применять воду, содержащую 1,8–2,6 мг-экв/дм³ Ca^{2+} и 0,4–0,6 мг-экв/дм³ Mg^{2+} , а промывание солодовой дробины водой наиболее эффективно при содержании ионов Ca^{2+} до 0,5 мг-экв/дм³, Mg^{2+} 0,4 мг-экв/дм³. Для подготовки воды наиболее подходит нанофильтрация, которая позволяет снизить общее солесодержание воды. Вода непосредственно после фильтрационной установки может подаваться для промывания дробины, а для затирания ее состав должен корректироваться добавлением сульфата или хлорида кальция в зависимости от анионного состава воды.

Список литературы

1. Косминский Г.И. Технология пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по теххимическому контролю производства. – Мн.: Дизайн ПРО, 1998. – 352 с.
2. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: пер. с нем. – СПб., Изд-во «Профессия», 2001. – 912 с.
3. Меледина Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. – СПб.: «Профессия», 2003. – 304 с.
4. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения. – СПб.: Профессия, 2007. – 640 с.