

УДК 663.443:663.452:543.32

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА СОЛОДА НА ПОЛУЧЕНИЕ ПИВНОГО СУСЛА**¹Пастухова Г.В., ¹Перетрутов А.А., ²Просвирин С.В., ¹Чубенко М.Н., ¹Волкова И.С.**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

Проведена оценка изменения обсемененности сухого солода при хранении в условиях высокой относительной влажности воздуха и исследовано влияние качества выдержанного в неблагоприятных условиях солода на приготовление пивного сусла. Неблагоприятные условия хранения трех образцов светлого ячменного солода имитировали выдержкой дробленого солода в открытых банках, помещенных в эксикаторы над слоем воды, при температуре в лаборатории 18–25 °С. Продолжительность выдержки составляла до 24 суток. Для затирания использовали воду с оптимальным для перехода экстрактивных веществ солода в сусло содержанием Ca^{2+} и Mg^{2+} (общая жесткость воды 2,9 мг-экв/л, 2,5 мг-экв/л Ca^{2+} и 0,4 мг-экв/л Mg^{2+}). После проведения затирания пикнометрически определена плотность сусла, полученного фильтрованием затора, рассчитана экстрактивность на воздушно-сухое и сухое вещество солода; оценен pH сусла, содержание общего и восстанавливающих сахаров, микробиологическую обсемененность сусла. Полученные экспериментальные данные показали, что хранение солода при неблагоприятных условиях (в условиях повышенной влажности и умеренных температурах) негативно сказывается на процессе переработки солода и качестве готового продукта. Чем продолжительнее срок хранения солода, тем существеннее снижение экстрактивности и содержания сахаров в сусле и выше бактериальная обсемененность сусла, в том числе и вероятность развития микрофлоры, опасной для здоровья человека. Приведены графики зависимости влияния времени выдерживания солода в неблагоприятных условиях на его бактериальную обсемененность, плотность и pH сусла.

Ключевые слова: солод, сусло, экстрактивность солода, содержание общего и восстанавливающих сахаров, микробиологическая обсемененность

THE INFLUENCE OF THE QUALITY OF MALT FOR OBTAINING BEER WORT**¹Pastukhova G.V., ¹Peretrutov A.A., ²Prosvirin S.V., ¹Chubenko M.N., ¹Volkova I.S.**¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: lab202@dfngtu.nnov.ru;²ООО «Dzerzhinsky brewery», Dzerzhinsk, e-mail: sv_prosvirin@mail.ru

The assessment of changes in the dry malt contamination during storage in conditions of high relative humidity was carried out and the influence of the quality of malt aged in adverse conditions on the preparation of beer wort was investigated. Unfavorable storage conditions of three samples of light barley malt were simulated by exposure of crushed malt in open cans placed in desiccators over a layer of water at a temperature in the laboratory of 18-25 °C. The duration of exposure was up to 24 days. For mashing, water with the optimal content of Ca^{2+} and MD^{2+} (total water hardness 2.9 mg-equiv/l, 2.5 mg-equiv /l Ca^{2+} and 0.4 mg-equiv /l Mg^{2+}) for the transition of malt extractives into wort. After mashing, the density of the wort obtained by filtering the mash was determined pycnometrically, the extractivity for air-dry and dry matter of malt was calculated; the pH of the wort, the content of total and reducing sugars, the microbiological contamination of the wort was estimated. The obtained experimental data showed that the storage of malt under adverse conditions (in conditions of high humidity and moderate temperatures) has a negative impact on the processing of malt and the quality of the finished product. The longer the storage life of the malt, the stronger the reduction of the extract content and the content of sugars in the wort and higher bacterial contamination of the wort, including the likelihood of microorganisms, dangerous for human health. The graphs of the influence of malt aging time under adverse conditions on its bacterial contamination, density and pH-wort are presented.

Keywords: malt, wort, malt extractivity, content of total and reducing sugars, microbiological contamination

Основным сырьем для производства пива является солод, который может быть источником и благоприятной питательной средой для развития микроорганизмов [1]. Солод обсеменяется бактериями, дрожжами и плесневыми грибами. Основная часть микроорганизмов в нормальных условиях не способна развиваться в пиве. Развитие большинства бактерий и грибов подавляется одним или несколькими факторами: антимикробными свойствами хмеля; снижением pH во время брожения с 5,5–5,2 в сусле до 3,8–4,0 в пиве; образованием CO_2 и анаэробными условиями; увеличением

содержания этанола. Отсутствие защитных факторов приводит к предрасположенности сусла к порче. Пиво, обладающее антимикробными свойствами и низким содержанием несброженных сахаров, является относительно стабильной средой, но в анаэробных условиях некоторые микроорганизмы (молочнокислые, уксуснокислые микроорганизмы, энтеробактерии) способны развиваться на полисахаридах и других органических соединениях, оставшихся после брожения. Сильное инфицирование возможно в неохмеленном или слабоалкогольном пиве, где отсутствует один из за-

питных факторов, следовательно, высокая обсемененность исходного солода может быть фактором риска для готового пива.

Зерно ячменя перед проращиванием обсеменено природной микрофлорой, в ходе замачивания и проращивания зерна наблюдается рост и размножение микрофлоры, находящейся на поверхности зерна. Споры плесневых грибов прорастают, дрожжи и бактерии начинают размножаться, контаминация по сравнению с сухим ячменем может возрастать по отдельным микроорганизмам более чем в 1000 раз [2].

Развитие плесневых грибов рода *Fusarium* в ходе проращивания связывают с эффектом гашинга готового пива, кроме того, накопление микотоксинов, продуцируемых плесневыми грибами (зеараленона, 4-дезоксиниваленола, афлатоксинов и других), негативно влияет на здоровье человека. Реальная оценка действия микотоксинов пива на организм человека сложна, так как в процессе брожения дрожжи могут метаболизировать их в другие соединения.

Последующая сушка свежепросоженного солода приводит к снижению бактериальной обсемененности солода; так при сушке в токовой солодовне продуктами сгорания антрацита количество аэробных и грамотрицательных бактерий может быть снижено по сравнению с исходным ячменем. Более высоким, чем в ячмене до соложения, является лишь содержание молочнокислых бактерий.

Чем выше общая микробная обсемененность солода, тем больше вероятность присутствия патогенных микроорганизмов и мицелиальных грибов, продуцирующих микотоксины.

Длительное хранение сухого солода в неблагоприятных условиях (при повышенной относительной влажности воздуха и умеренных температурах) также может влиять на содержание микроорганизмов и качество готового пива.

Затирирование солода является важной стадией в производстве пива [3]. При затирировании следует обеспечить возможно более полное извлечение составных веществ солода и несоложенных материалов [4], обеспечивающих нормальное протекание последующих технологических этапов и необходимые органолептические свойства готового пива. На процесс затирирования влияет множество факторов: степень измельчения солода, температурный режим, pH и продолжительность процесса, минеральный состав воды, используемой для затирирования, и, конечно, качество используемого солода, регламентируемого для первого класса по ГОСТ 29294-2014 «Солод пивоваренный ячменный. Технические условия». Таким образом, задачей солодоращения явля-

ется получение богатого ферментами солода, относительно чистого микробиологически, с хорошим растворением содержимого зерна, а для пивоваренного солода – с минимальными потерями крахмала [5].

В данной работе провели оценку изменения обсемененности сухого солода при хранении в условиях высокой относительной влажности воздуха и влияния качества выдержанного в неблагоприятных условиях солода на приготовление суслу.

Материалы и методы исследования

Основными показателями качества солода являются влажность, экстрактивность, длительность осахаривания, которые влияют на такие характеристики суслу, как плотность, содержание экстракта, pH. Кроме того, характеристикой солода можно считать и бактериальную обсемененность, которая по литературным данным достаточно высока и находится в пределах $(0,7-7,7) \times 10^6$ клеток/г [2].

Неблагоприятные условия хранения трех образцов светлого ячменного солода имитировали выдержкой дробленого солода в открытых банках, помещенных в эксикаторы над слоем воды, при температуре в лаборатории 18–25 °С. Продолжительность выдержки составляла до 24 суток. Пробы солода отбирали на 3, 5, 10, 15, 20 и 24 суток хранения, проверяли их влажность и микробную обсемененность и проводили затирирование солодов конгрессным методом. Для затирирования использовали воду с оптимальным для перехода экстрактивных веществ солода в суслу содержанием Ca^{2+} и Mg^{2+} . Для этого смешивали водопроводную и дистиллированную воду так, чтобы общая жесткость воды составляла 2,9 мг-экв/л, кальциевая – 2,5 мг-экв/л, магниевая – 0,4 мг-экв/л [6]. После проведения затирирования определяли пикнометрически плотность суслу, полученного фильтрованием затора, и рассчитывали экстрактивность на воздушно-сухое и сухое вещество солода; также оценивали pH, содержание общего и восстанавливающих сахаров, микробиологическую обсемененность суслу.

Оценку микробиологической обсемененности солода и суслу выполняли прямым подсчетом микробных клеток с помощью камеры Горяева. Из пробы солода готовили водную вытяжку, охлажденное фильтрованное суслу разбавляли водой и проводили подсчет микробных клеток с помощью микроскопа МИКМЕД-5.

Кроме того, для установления родовой принадлежности и общего числа остаточных микроорганизмов суслу, полученного из солода с выдержкой 10 суток при высокой влажности воздуха, проводили посев на плотную среду МПА и термостатирование в течение 72 ч с последующим подсчетом колоний.

Результаты исследования и их обсуждение

Содержание влаги в образцах ячменного солода при продолжительном хранении в условиях высокой относительной влажности воздуха (близкой к 100%) возрастало в 3–4 раза: с 3,92–4,73% до 14,10–17,73%. Бактериальная обсемененность исходных образцов находилась в преде-

лах $(4,75-5,00) \times 10^6$ клеток/г, в ходе хранения на 16–20 сутки она достигала $(8,00-19,12) \times 10^6$ клеток/г, то есть увеличивалась до 4-х раз (рис. 1).

Как следует из рис. 1, на рост обсеменности солода влияют как начальная, так и конечная влажность. Образец с меньшей влажностью содержит меньше микробов. Набор влаги объясняется гигроскопичностью образца, которая характеризуется в свою очередь гигроскопической точкой, то есть такой температурой, при которой не происходит поглощения и испарения влаги. Для образца 1 гигроскопическая точка явно ниже, чем у остальных.

Показатели качества фильтрованного суслу, приготовленного на солодах с разным сроком хранения, приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Рис. 2 наглядно доказывает, что увлажнение солода при хранении помимо образования микрофлоры вызывает уменьшение плотности суслу и, как следствие, уменьшение экстрактивности солода, что безусловно скажется на эффективности последующих стадий брожения и дображивания, а также повышает остаточное количество микроорганизмов и повышает pH суслу до 6, что в итоге может повлиять на направление брожения.

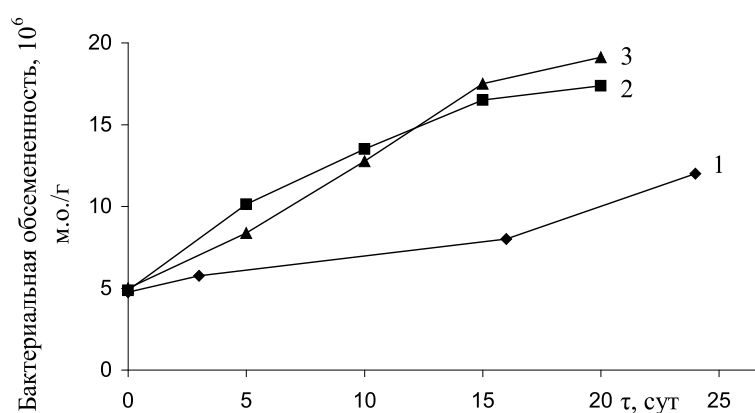


Рис. 1. Влияние времени выдерживания в неблагоприятных условиях солода на его бактериальную обсемененность: 1 – образец I, 2 – образец II, 3 – образец III

Таблица 1

Характеристики пивного суслу

Продолжительность выдержки солода, сут	Влажность солода, %	Содержание в сусле, %			Экстрактивность солода, %	
		экстракта	общего сахара	восстанавливающих сахаров	на воздушно-сухое вещество	на сухое вещество
I образец						
0	4,53	6,498	4,72	4,48	55,91	58,56
3	7,10	6,424	4,79	3,70	55,41	57,97
16	14,10	5,754	4,77	3,99	49,70	57,86
24	14,71	5,561	4,86	4,42	47,97	56,25
II образец						
0	3,92	7,748	5,01	4,93	67,52	70,27
5	9,19	7,072	4,90	4,32	61,58	67,81
10	12,91	7,011	4,86	4,20	61,29	70,37
15	14,47	6,998	4,20	3,50	61,28	71,65
20	17,73	6,572	4,79	4,48	57,52	69,92
III образец						
0	4,73	8,305	4,49	3,87	72,89	76,50
5	10,00	7,895	4,65	4,03	69,43	77,15
10	11,27	6,887	3,60	3,41	60,00	67,63
15	13,46	6,739	3,58	3,19	58,78	67,92
20	16,27	6,015	3,28	3,09	52,24	62,39

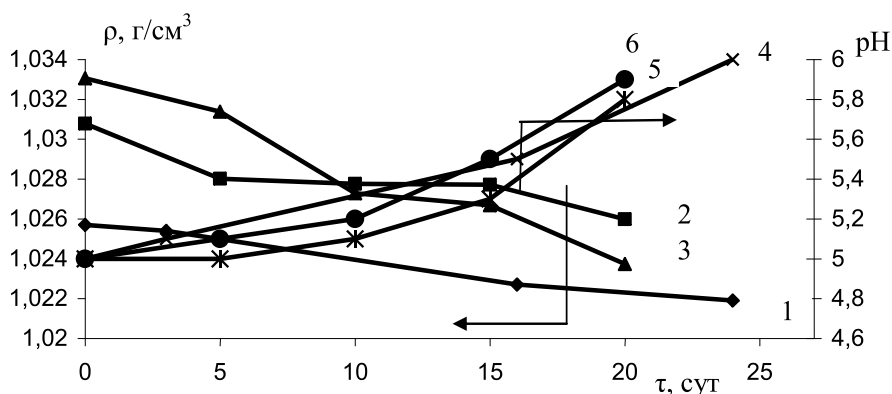


Рис. 2. Зависимость плотности (1–3) и pH суслу (4–6), полученного фильтрованием затора от продолжительности выдержки солода в неблагоприятных условиях: 1, 4 – образец I, 2, 5 – образец II, 3, 6 – образец III

Переход растворимых веществ в сусло, полученное из солодов с разным сроком выдержки при высокой влажности воздуха, в пересчете на воздушно-сухое вещество уменьшается, так как экстрактивных веществ в солоде становится меньше за счет того, что при затирании одинаковой массы солода с возрастающей влажностью уменьшается содержание сухих веществ солода. Экстрактивность солода в пересчете на сухое вещество также снижается, для первого и второго образцов незначительно, а для третьего – существенно, с 76,5 до 62,39%. Возможно, это связано с ростом бактериальной обсемененности и использованием микроорганизмами сухих веществ солода, преимущественно переходящих в экстракт, в качестве питательной среды. Чем длительнее выдержка солода при неблагоприятных условиях, тем значительнее снижение экстрактивности в пересчете на сухое вещество. Высокая относительная влажность воздуха (практически 100%) и температура 18–25 °С достаточно благоприятны при хранении солода для развития микроорганизмов, особенно плесневых грибов (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*), потребляющих в качестве питательных веществ прежде всего сахара и аминокислоты.

Количество общего сахара и восстанавливающих сахаров (глюкозы, мальтозы, мальтотриозы) в сусле при затирании первого образца солода практически не зависит от условий его хранения, а для второго и третьего образцов отмечается снижение как общего содержания сахаров (в том числе крахмала и декстринов), так и снижение содержания восстанавливающих сахаров. Содержание восстанавливающих сахаров составляет в среднем 90% общего сахара.

Обсемененность образцов солода увеличивалась при хранении в 3–4 раза, последующие затирание и фильтрование затора, включающее нагрев перед фильтрованием до 78 °С, вызывают гибель части микробных клеток. В табл. 2 приведены результаты определения бактериальной обсемененности (число микроорганизмов) исходного солода и суслу после фильтрования затора.

Таблица 2
Бактериальная обсемененность солода и суслу после фильтрования

Время выдержки солода, сут.	Число микроорганизмов, млн клеток/г		Доля погибших микроорганизмов, %
	в навеске солода	в сусле после фильтрования	
0	250	50	80
5	420	70	83
10	630	73	88
15	870	75	91
20	950	83	91

Как видно из табл. 2, общее число микроорганизмов в сусле с ростом начальной обсемененности солода также возрастает (до полутора раз относительно исходной пробы солода), а доля погибших микроорганизмов увеличивается от 80 (для исходного образца) до 91%. Содержание микроорганизмов в сусле после фильтрования значительно и пропорционально зависит от начальной обсемененности солода. Посев пробы суслу на плотную питательную среду МПА показал, что остаточная микрофлора суслу образует округлые белые блестящие колонии с гладкой поверхностью, родовая принадлежность колоний предположительно микрококки.

Выводы

Таким образом, хранение солода при неблагоприятных условиях (в условиях повышенной влажности и умеренных температур) негативно сказывается на процессе переработки солода и качестве готового продукта. Чем продолжительнее срок хранения солода, тем существеннее снижение экстрактивности и содержания сахаров в сусле и выше бактериальная обсемененность сусле, в том числе и вероятность развития микрофлоры, опасной для здоровья человека.

Список литературы

1. Хоконова М.Б., Терентьев С.Е. Влияние биологических особенностей сортов ярового ячменя на урожайность

и пивоваренные качества зерна и солода // Пиво и напитки. 2016. № 3. С. 10–13.

2. Микробиология пива / Под ред. Ф.Дж. Прист, Й. Кемпбелл; пер. с англ. под общ. ред. Т.В. Мелединой и Тьну Сойдла. СПб.: Профессия, 2005. 368 с.

3. Алябьев Б.А., Ростовская М.Ф., Приходько Ю.В. Зависимость экстрактивности и содержания редуцирующих веществ сусле от параметров затирания и состава засыпи // Пиво и напитки. 2016. № 1. С. 40–43.

4. Хоконова М.Б., Кагермазова А.Ч. Выход экстракта в зависимости от доли несоложенного ячменя в заторе // Пиво и напитки. 2016. № 1. С. 36–38.

5. Хоконова М.Б., Кагермазова А.Ч. Критерии оптимального температурного режима соложения // Пиво и напитки. 2018. № 3. С. 40–42.

Перетрутов А.А., Пастухова Г.В., Просвирин С.В., Чубенко М.Н., Авдонина А.В., Ануфриева А.И., Иванов А.И. Влияние солей жесткости воды на затирание солода и промывку солодовой дробины в производстве пива // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–2. С. 224–228.