

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 663.421.002.612

Изменение содержания кислот в солодах из обожженного светлого ячменя

Боровков Я.Е., Фролов Д.И.

Аннотация. В работе оценивалось изменение концентрации свободной феруловой и кумаровой кислот в процессе соложения. Обычно соложение проводят при температуре 14°C и в воде с кислотностью pH 7,4. Оценено влияние повышенной температуры процесса соложения (22°C), а также пониженного значения pH замочной воды (pH 5,2) на содержание свободной феруловой кислоты и кумаровой кислоты в обожженных солодах. Применение технологии активированного соложения проращивания вызвало ограниченное увеличение концентрации феруловой кислоты и кумаровой кислоты в солоде, тогда как более высокая температура во время соложения ячменя привела к концентрации обеих свободных фенольных кислот в 2 раза выше в обожженном солоде. Использование воды с кислотностью pH 5,2 вместо pH 7,4 привело к значительному увеличению содержания свободных феруловой и кумаровой кислот в солоде, что могло привести к увеличению содержания этих фенольных кислот в пиве.

Ключевые слова: феруловая кислота, кумаровая кислота, солод, соложение, пиво.

Для цитирования: Боровков Я.Е., Фролов Д.И. Изменение содержания кислот в солодах из обожженного светлого ячменя // Инновационная техника и технология. 2024. Т. 11. № 1. С. 5–11.

Variation of acid content in malts from roasted light barley

Borovkov Y.E., Frolov D.I.

Abstract. In this work, the change in the concentration of free ferulic and coumaric acids during malting was evaluated. Typically, malting is carried out at 14°C and in water with an acidity of pH 7.4. The effect of increased temperature of the maturation process (22°C) as well as lower pH value of the mash water (pH 5.2) on the content of free ferulic acid and coumaric acid in annealed malts was evaluated. The use of activated germination technology caused a limited increase in the concentration of ferulic acid and coumaric acid in the malt, whereas higher temperature during barley malting resulted in a concentration of both free phenolic acids 2-fold higher in the annealed malts. The use of water with an acidity of pH 5.2 instead of pH 7.4 resulted in a significant increase in free ferulic and coumaric acids in the malt, which could lead to an increase in these phenolic acids in the beer.

Keywords: ferulic acid, coumaric acid, malt, malting, beer.

For citation: Borovkov Y.E., Frolov D.I. Variation of acid content in malts from roasted light barley. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2024. Vol. 11. No. 1. pp. 5–11. (In Russ.).

Введение

Пиво является самым популярным алкогольным напитком, потребляемым в мире, и вполне вероятно, что оно не потеряет своих позиций и в будущем. Пиво, как популярный напиток, из-за со-

держания алкоголя является потенциальной причиной некоторых заболеваний и нарушений функций организма. Тем не менее, пиво потребляется широко во всем мире, и необходимо продолжать исследования, направленные на повышение полезных для здоровья свойств пива [1]. Пиво богато

фенольными соединениями, которые отвечают за антиоксидантный потенциал этого напитка [2]. К сожалению, большинство технологий пивоварения стремятся к максимальному удалению из пива фенольных соединений, поскольку этот класс соединений вместе с полипептидами пива ответственен за мутность пива. По этой причине общая антиоксидантная активность пива, измеренная, например, в системе, содержащей липопротеины низкой плотности (ЛПНП) и человеческую плазму, низка по сравнению с антиоксидантной активностью таких напитков, как вино и виноградный сок или зеленый и черный чай [9, 10]. С другой стороны, по сравнению с другими напитками, содержащими высокие уровни фенольных соединений, например белыми винами, антиоксидантная активность пива высока из-за высокого содержания проантоцианидинов, эпикатехина и феруловой кислоты [6]. Феруловая кислота (4-гидрокси-3-метоксикоричная кислота) является основной фенольной кислотой в ячмене, солоде и пиве [8]. Это соединение присутствует в ячмене преимущественно в связанной форме в виде сложного эфира с полимером арабиноксилана, и лишь около 10% общего количества феруловой кислоты в ячмене присутствует в свободной форме. Этерификация феруловой кислоты в полимеры арабиноксилана, а также роль феруловой кислоты в структуре клеточной стенки подробно описаны исследователями [3]. Интерес к исследованиям повышения концентрации феруловой или кумаровой кислоты в пиве можно объяснить более высокой способностью фенольных кислот всасываться в плазму крови по сравнению с другими, более сложными соединениями, например антоцианами [11, 5]. В процессе пищеварения и всасывания относительно простые структуры, такие как фенольные кислоты, не подвергаются большим изменениям и, вероятно, играют важную роль в повышении общей антиоксидантной активности [4].

Целью исследований было определение концентрации свободной феруловой кислоты при солодовании, а также выявление факторов, влияющих на высвобождение свободной феруловой кислоты из ее связанной формы с арабиноксиланами при производстве солода. Феруловая кислота, получаемая из ячменя и солода, может быть очень привлекательным природным антиоксидантом в пиве, который не вызывает резкой реакции среди потребителей, которые резко протестуют против применения некоторых синтетических антиоксидантов в пищевых продуктах.

Объекты и методы исследований

В исследовании использовали несколько сортов ячменя. Соложение произведено в лабораторных условиях в филиале АО МПБК ОЧАКОВО в г. Пензе. Производился светлый солод для светлого пива. Каждый раз порцию зерна ячменя весом 1 кг солодили в стеклянном вертикальном сосуде

(2 л). Общий объем воды в системе составлял 4,5 л. Температуру контролировали водой. Временно-температурная программа была следующей: 0-1 ч - замачивание зерна с одновременной дезинфекцией раствором перекиси водорода 0,5 мл/л; 1-24 ч - замачивание зерна в воде с pH 7,4 или pH 5,2; 24-34 ч - воздушная пауза зерна, процесс проводили в камере, оборудованной контролем потока воздуха и температуры; 36-48 ч – замачивание зерна в воде; 48 ч – прорастание. Проращивание продолжали до достижения необходимой длины корешков. Нагревание солода осуществляли в 4 последовательных этапа: 10 ч при 40°C; 10 ч при 55°C; 4 ч при 72°C; и 4 ч при 83°C. Чтобы исследовать влияние повышенной температуры на активность ферментов зерна ячменя, процесс соложения проводили при 22°C. Для изучения влияния пониженного значения pH замочной воды на активность ферментов ячменя применяли два значения pH: pH 7,4 (водопроводная вода) и pH 5,2 (водопроводная вода с молочной кислотой - 150 г/л раствора). Пробы солода отбирали каждые 24 часа во время замачивания и проращивания, а также после каждого этапа обжигания. Непосредственно после обжигания корешки зерна удаляли протиранием через сито. Солод хранили перед анализами в течение 4 недель при температуре 4°C. Эксперименты по соложению повторяли в двух экземплярах для каждого из двух испытанных сортов ячменя и для каждой примененной технологии соложения (температура 14°C или 22°C и pH воды для замачивания 7,4 или 5,2).

Фенольные кислоты экстрагировали из ячменя и солода метанолом. Ячмень (2 г) мелко измельчали в лабораторной мельнице, переносили в коническую колбу и четыре раза экстрагировали метанолом (по 20 мл каждый раз). Во время экстракции колбу с пробкой встряхивали в течение 20 мин при температуре окружающей среды. Четыре экстракта собирали вместе, твердые части удаляли центрифугированием (7000 г, 30 мин). Прозрачный супернатант упаривали досуха и повторно растворяли в 10 мл метанола (35°C, 1 атм). Образцы зерна разных стадий соложения характеризовались различным содержанием воды в пределах от нескольких процентов до 46%, поэтому взвешивание постоянного сухого вещества образца не представлялось возможным. Учитывая массу 1000 зерен ячменя, подсчитывали и использовали для экстракции количество зерен, равное 2 г ячменя перед соложением.

Гидролиз связанной феруловой кислоты из зерен ячменя проводили с использованием серной кислоты. Навеску (1 г) мелко измельчали в лабораторной мельнице, переносили в пробирки, содержащие по 15 мл 0,4 моль/л раствора H₂SO₄, и нагревали в течение 1 ч на кипящей водяной бане. Затем пробирки охлаждали на ледяной бане до температуры окружающей среды и добавляли 2,2 мл водного раствора ацетата натрия (2,5 моль/л), содержащего альфа-амилазу. Фермент содержал побочную активность эстеразы феруловой кислоты.

Затем образцы инкубировали в течение 1 часа при 30°C и центрифугировали (7000 г, 30 мин). Прозрачные надосадочные жидкости использовали для анализа ВЭЖХ.

Результаты и их обсуждение

Было определено содержание феруловой и кумаровой кислот в ячмене. В таблице 1 представлены концентрации свободной и общей (свободной плюс связанной) феруловой кислоты и кумаровой кислоты в девяти сортах ярового ячменя. У всех сортов ячменя свободная феруловая кислота составляла менее 0,6% от общей концентрации этой фенольной кислоты в зерне ячменя. Общее содержание феруловой кислоты в десяти сортах ячменя колебалось от 494,9 мкг до 597,9 мкг/г зерна. В ячмене наибольшее содержание общей феруловой кислоты (597,9 мкг/г зерна) и самое низкое содержание свободной феруловой кислоты (1,3 мкг/г зерна). Кумаровая кислота присутствовала в ячмене в относительно низких концентрациях по сравнению с феруловой кислотой. Различия по содержанию свободной и общей кумаровой кислоты между сортами ячменя были выше, чем различия обеих форм феруловой кислоты. Суммарная концентрация феруловой кислоты в каждом сорте ячменя в несколько раз превышала общую концентрацию кумаровой кислоты. Содержание свободной феруловой кислоты в Мобеке было ниже содержания кумаровой кислоты в этом сорте ячменя, а в 8 других сортах ячменя содержание свободной феруловой кислоты было несколько выше концентрации кумаровой кислоты. В следующей части работы были определены изменения содержания феруловой и кумаровой кислот в процессе соложения в отобранных сортах ячменя. При соложении ячменя при 14°C и pH 7,4 (рис. 1) наблюдалось увеличение содержания свободной феруловой кислоты, начиная с 72 ч процесса (зама-

чивание и воздушная пауза зерна) до 116 ч. процесса, когда так называемый «зеленый солод» нагревали до 55°C. На следующих этапах обжига снижение концентрации свободной феруловой кислоты достигло ок. 35%. Что касается кумаровой кислоты, то после 96 ч соложения было обнаружено увеличение концентрации свободной кумаровой кислоты после стабилизации содержания фенольной кислоты до конца процесса.

При соложении ячменя «Крона» (рис. 2) при 14°C и pH 7,4 наблюдалось увеличение содержания свободной феруловой кислоты, начиная с 92 ч процесса (первая стадия так называемого «зеленого солода», обожженного при 40°C). °C) до 102 ч процесса при обжиге солода при температуре 55°C. На последующих этапах снижение концентрации свободной феруловой кислоты достигло 40%. Концентрация кумаровой кислоты существенно не менялась в течение всего процесса соложения в

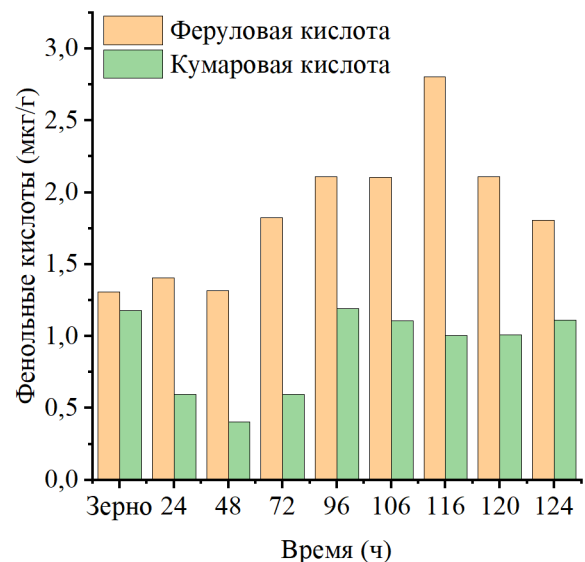


Рис. 1. Изменение содержания свободных фенольных кислот при соложении ячменя Рудзик при 14°C и pH 7,4.

Таблица 1 – Содержание феруловой и кумаровой кислот в ячмене

Сорт ячменя	Концентрация свободной фенольной кислоты (мг/г зерна)		Общее содержание свободной и связанной фенольной кислоты (мг/г зерна)	
	Феруловая кислота	Кумаровая кислота	Феруловая кислота	Кумаровая кислота
Мадонна	1,5	1,5	523,7	93,4
Рудзик	1,3	1,2	597,9	146,7
Расбет	2	1,7	564,9	206,7
Атол	2,8	2	507,2	67
Крона	1,6	1	536,1	120
Мобек	1,4	2	536,1	186,7
Орлик	2,3	2,2	577,3	167
Родос	1,5	1,4	585,6	86
Бренда	1,5	1,3	536,1	167,1

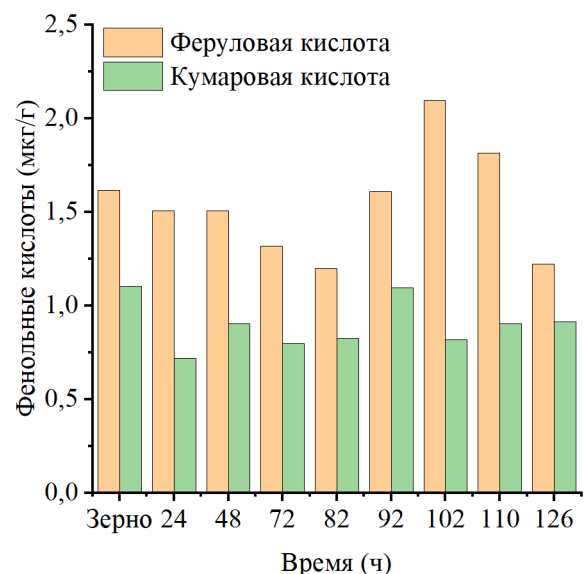


Рис. 2. Изменение содержания свободных фенольных кислот при соложении ячменя Крона при 14°C и pH 7,4

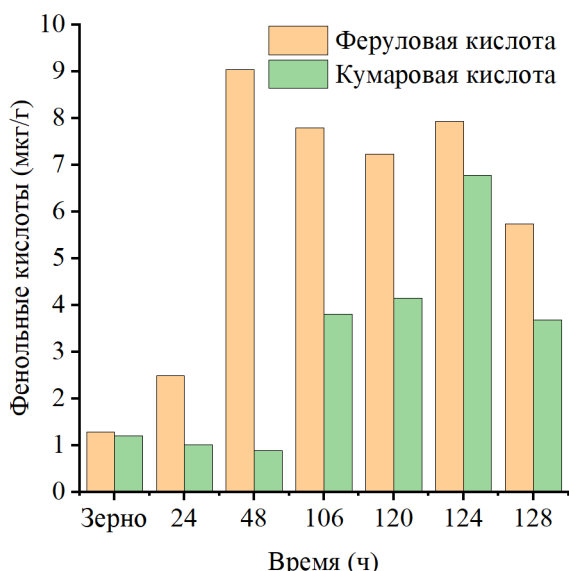


Рис. 3. Изменение содержания свободных фенольных кислот при соложении ячменя Рудзик при 14°C и pH 5,2

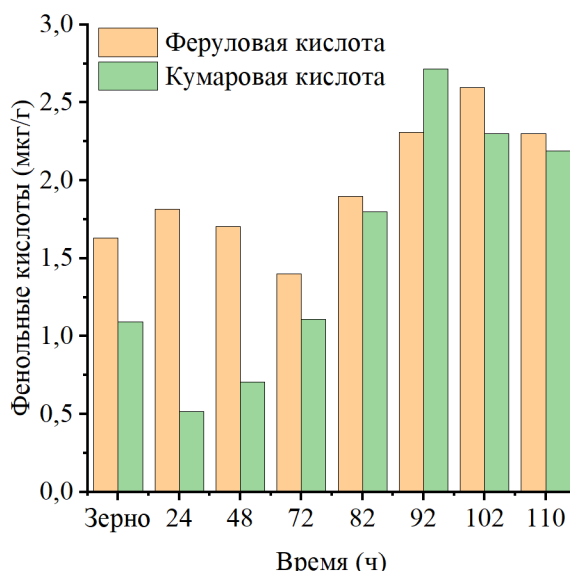


Рис. 4. Изменение содержания свободных фенольных кислот при соложении ячменя Крона при 14°C и pH 5,2

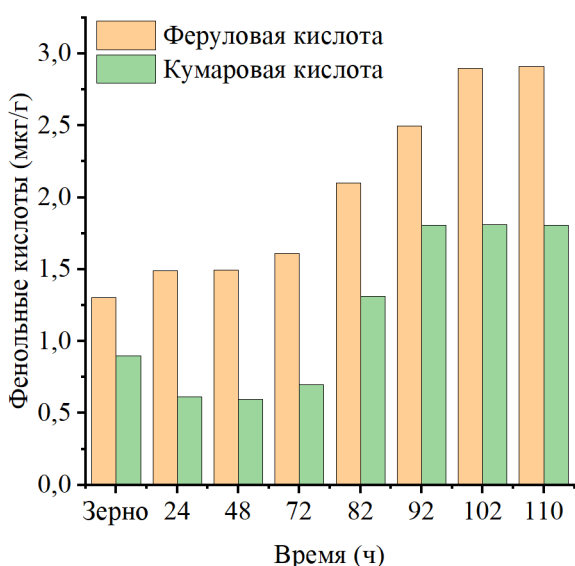


Рис. 5. Изменение содержания свободных фенольных кислот при соложении ячменя Рудзик при 22°C и pH 7,4

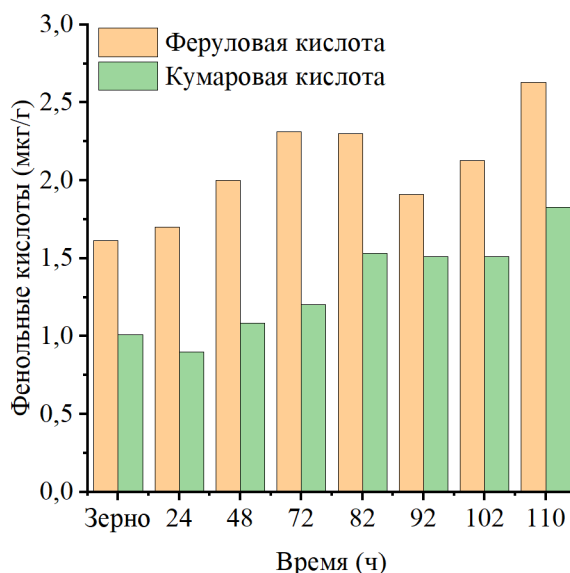


Рис. 6. Изменение содержания свободных фенольных кислот при соложении ячменя Крона при 22°C и pH 7,4

применяемых условиях. Соложение зерна Рудзик при 14°C и pH 5,2 (рис. 3) вызывало увеличение содержания свободной феруловой кислоты, начиная с 48 ч соложения (стадия замачивания/воздушного покоя зерна). Повышенный уровень свободной феруловой кислоты снизился при обжиге при 83°C, тем не менее содержание свободной феруловой кислоты в этом солоде составляло в 3 раза выше, чем в солодах, произведенных с использованием воды с pH 7,4. Зафиксировано существенное увеличение концентрации свободной кумаровой кислоты к 106 ч процесса и снижение содержания свободной кумаровой кислоты на последней стадии обжига при 83°C. Повышенные концентрации феруловой и кумаровой кислот наблюдались при солодовании ячменя Крона при 14°C и pH 5,2 (рис. 4). Значительное увеличение концентрации свободной феруловой кислоты

наблюдалось при обжиге при 55°C и 72°C после небольшого снижения концентрации свободной феруловой кислоты при 83°C. Аналогично, как и в случае солода Рудзик, соложенного с использованием воды с pH 5,2 (рис. 3), содержание свободной феруловой кислоты в обожженном солоде Крона было значительно выше, чем соответствующее содержание феруловой кислоты в солоде, полученном с использованием воды с pH 7,4. Соложение ячменя Рудзик при 22°C и pH 7,4 (рис. 5) привело к увеличению содержания свободной феруловой кислоты на 8-2 часа процесса соложения после стабилизации содержания феруловой кислоты во время обжига при 72°C и 83°C. При соложении ячменя Крона при 22°C с использованием воды с pH 7,4 (рис. 6) с начала соложения было обнаружено увеличение концентрации свободной феруловой и кумаровой кислот после небольшого снижения концентрации

свободной феруловой кислоты через 94 часа соложения. и еще одно увеличение концентрации феруловой кислоты при более высоких температурах обжига. Содержание свободной феруловой и кумаровой кислот в солоде «Крона», произведенном при 22°C, достигало уровня 210% и 208% содержания соответствующих фенольных кислот в солодах «Крона» производятся при 14°C (рис. 2 и 6 соответственно). Что касается ячменя Рудзик, то процесс, проведенный при 22°C, позволил значительно увеличить содержание феруловой и кумаровой кислот (около 160% каждая) по сравнению с содержанием фенольных кислот в солоде, полученном при 14°C (рис. 1 и 5). Применение замачиваемой воды с пониженным рН привело к более чем в 3 раза более эффективно высвобождению свободной феруловой и кумаровой кислот в обожженном солоде Рудзик. В случае солода Крона, полученного с использованием подкисленной замачиваемой воды, выделение феруловой и кумаровой кислот было аналогично содержанию свободных кислот в солоде, полученном при 22°C.

Исследования, представленные в данной статье, были сосредоточены на изменении концентрации свободной феруловой кислоты и кумаровой кислоты в процессе соложения, особенно на влиянии таких факторов, как температура соложения и рН воды для замачивания. В ряде научных работ отмечено, что феруловая и кумаровая кислоты присутствуют в несолодовом ячмене преимущественно в связанной форме, и лишь незначительная часть этих фенольных кислот присутствует в ячменном зерне в свободной форме. Также в этом исследовании мы попытались оценить содержание феруловой кислоты и кумаровой кислоты в свободной и связанной формах в девяти сортах ячменя. Общее содержание феруловой кислоты в сортах ячменя колебалось от 494,9 мкг до 597,9 мкг/г зерна, а кумаровой кислоты - от 67,0 мкг до 206,7 мкг/г зерна. Во всех сортах ячменя свободная феруловая кислота составляла не более 0,6% от общей концентрации этой фенольной кислоты в зерне ячменя. Аналогичным образом, лишь незначительная часть кумаровой кислоты присутствовала в свободной форме. Уровни феруловой кислоты были значительно выше, чем уровни второй по значимости фенольной кислоты в ячмене, а именно кумаровой кислоты, что объясняет значительный интерес к роли феруловой кислоты в повышении антиоксидантного потенциала солода, сусла и пива. Различия по общему содержанию феруловой кислоты были значительными и колебались от 343,2 мкг/г до 579,7 мкг/г зерна в зависимости от сорта ячменя, места произрастания (континентальный климат или нет) и уровня моря. В аналогичных экспериментах было показано, что феруловая кислота присутствует в зернах ячменя в связанной форме, и только около 10% от общего содержания феруловой кислоты присутствует в свободной форме.

Условия соложения, такие как температура и

рН воды для замачивания, вероятно, влияют на ферментативные и неферментативные изменения в зерне. Повышенная температура во время соложения (22°C) вместо стандартной температуры соложения в 14°C была предложена некоторыми авторами как часть технологии производства солода, называемой «соложением с активированным прорастанием» [7]. Температуру 22°C применяли для усиления ферментативной активности и модификации эндосперма зерна путем быстрой активации зародыша. Активированное проращивание солода позволило создать программу соложения, позволяющую сократить процесс без ухудшения качества солода. Было доказано, что применение повышенной температуры 22°C в течение всего процесса соложения приводило к снижению экстрактивности сусла и снижению диастатической силы полученного солода. С другой стороны, повышенная температура соложения влияла на более полную деградацию 3-глюкана, поэтому полученное сусло и пиво имели пониженную вязкость, что, в свою очередь, увеличивало скорость фильтрации пива. Увеличение концентрации свободной феруловой кислоты при 50°C и 64°C можно объяснить изменением экстрагируемости солодовых зерен, вызванным уменьшением влажности солода. зафиксировали значительное снижение содержания воды в солоде во время обжига при 64°C. Другой причиной увеличения содержания свободной феруловой и кумаровой кислот после соложения может быть деградация тканей зерна, что улучшило извлечение фенольных кислот. Наконец, в процессе соложения наблюдалось повышение активности эстеразы феруловой кислоты — фермента, играющего ключевую роль в деградации полимеров арабиноксилана, присутствующих в клеточных стенках зерна ячменя. Помимо основных желаемых ферментных активностей, индуцируемых во время соложения, таких как протеазы, амилазы и /3-глюканазы, происходит ряд других дополнительных ферментных активностей, в том числе гидролаз некрахмальных полисахаридов, таких как ксиланазы, ацетилэстеразы и эстеразы, которые играют решающую роль в деградации арабиноксилана во время соложения. Активность эстеразы феруловой кислоты была обнаружена в проросшем ячмене, а также в непроросшем зерне ячменя. Активность фермента падала после одного дня прорастания по сравнению с активностью, присутствующей в зерне ячменя, а затем повышалась до несколько более высокого уровня, чем в непроросшем зерне, после второго дня прорастания. В течение следующих четырех дней активность эстеразы феруловой кислоты постоянно снижалась и к 6-му дню активность фермента была ниже, чем в не проросшем зерне ячменя. Активированное проращивание солода позволило лишь незначительно увеличить концентрацию феруловой кислоты в обожженном солоде Рудзик, тогда как в случае обожженного солода Крона - прилб. Получена концентрация свободной феруловой кислоты в 2 раза

выше. Что касается содержания кумаровой кислоты в обожженном солоде обоих сортов ячменя, наблюдалось увеличение примерно в 2 раза по сравнению с содержанием кумаровой кислоты в солодах, произведенных при 14°C. В представленном исследовании зафиксирована стабилизация или снижение содержания фенольных кислот во всех готовых солодах, за исключением солода «Крона», произведенного при 22°C, где отмечено незначительное увеличение. Потеря феруловой и кумаровой кислоты в обожженном солоде была предметом исследований. Исследователи показали, что в липофильном растворе, содержащем додекан, потеря трансферуловой кислоты после 4 ч инкубации при 85°C составила 35%, а в водном растворе в тех же условиях потеря трансферуловой кислоты достигла всего 5%. Обжиг при более высоких температурах, учитывая наличие в зернах ячменя жирных кислот, может привести к снижению содержания фенольных кислот. Содержание свободной трансферуловой кислоты и транскумаровой кислоты было примерно в 100 раз ниже соответствующего содержания связанных форм обеих фенольных кислот. Показано также, что в процессе соложения соотношение основных свободных фенольных кислот (феруловой и кумаровой) не меняется, однако концентрации обеих фенольных кислот первоначально увеличиваются примерно на 100%. 130% до обжига при 80°C, а затем снижается примерно на 130%. 20% после нагревания при 90°C. Хотя конечная температура обжига, примененная в представленном исследовании, составляла 83°C, а не 90°C, наблюдалось такое же первоначальное повышение с последующей либо уменьшением, либо стабилизацией содержания фенольных кислот. Установлено, что в обожженном солоде большая часть содержится трансферуловой кислоты (около 59% от суммы содержания феруловой и кумаровой кислот), за которой следуют цис-феруловая кислота (15%) и транс-п-кумаровая кислота. (26%). Хотя конечная температура обжига, примененная в представленном исследовании, составляла 83°C, а не 90°C, наблюдалось такое же

первоначальное повышение с последующей либо уменьшением, либо стабилизацией содержания фенольных кислот. В обожженном солоде большая часть содержится трансферуловой кислоты (около 59% от суммы содержания феруловой и кумаровой кислот), за которой следуют цис-феруловая кислота (15%) и транс-п-кумаровая кислота (26%). Хотя конечная температура обжига, примененная в представленном исследовании, составляла 83°C, а не 90°C, наблюдалось такое же первоначальное повышение с последующей либо уменьшением, либо стабилизацией содержания фенольных кислот. Было установлено, что в обожженном солоде большая часть содержится трансферуловой кислоты (около 59% от суммы содержания феруловой и кумаровой кислот), за которой следуют цис-феруловая кислота (15%) и транс-п-кумаровая кислота. (26%).

Фенольные соединения, в том числе основные солодовые фенольные кислоты - феруловая и кумаровая, могут оказывать значительное влияние на уровень антиоксидантной активности обожженного солода, сула и пива.

Выводы

Применение технологии и использование замачиваемой воды с pH 5,2 вместо pH 7,4, может способствовать значительному увеличению содержания свободной феруловой и кумаровой кислот в солодах из обожженного светлого ячменя. Это, как следствие, может привести к увеличению концентрации фенольных кислот в пиве. Будущие эксперименты следует планировать для выявления именно этих факторов, влияющих на высвобождение свободных фенольных кислот из зерна ячменя во время соложения. Феруловая кислота и кумаровая кислота являются очень привлекательными природными антиоксидантами, которые могут быть привлекательными для потребителей, демонстрирующих негативное отношение к некоторым искусственным антиоксидантам, добавляемым в пищу.

Литература

- [1] Бурак Л. Ч. Состояние и перспективы развития крафтового пива. Обзор // The Scientific Heritage. – 2022. – №. 87-1. – С. 52-66.
- [2] Бурак Л. Ч., Сапач А. Н. Использование крахмалосодержащего сырья в производстве пива и его влияние на качество готового продукта. Обзор зарубежной литературы // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2021. – №. 3.
- [3] Грибкова И. Н. и др. Анализ возможностей извлечения органических соединений пивной дробины различными способами // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52. – №. 3. – С. 469-489.

References

- [1] Burak L. Ch. State and prospects for the development of craft beer. Review // The Scientific Heritage. – 2022. – No. 87-1. – P. 52-66.
- [2] Burak L. Ch., Sapach A. N. The use of starch-containing raw materials in beer production and its impact on the quality of the finished product. Review of foreign literature // International Journal of Applied Sciences and Technologies “Integral”. – 2021. – No. 3.
- [3] Gribkova I. N. et al. Analysis of the possibilities of extracting organic compounds from brewer’s grains using various methods // Equipment and technology of food production. – 2022. – T. 52. – No. 3. – pp. 469-489.
- [4] Ziyatdinova G.K., Budnikov G.K. Natural phenolic

- [4] Зиятдинова Г. К., Будников Г. К. Природные фенольные антиоксиданты в биоаналитической химии: состояние проблемы и перспективы развития // Успехи химии. – 2015. – Т. 84. – №. 2. – С. 194-224.
- [5] Меледина Т. В., Давыденко С. Г. Влияние пива на здоровье человека // Питание и интеллект. – 2015. – С. 25-28.
- [6] Стрижаков И. И. и др. Определение природных антиоксидантов в пиве // Пиво и напитки. – 2006. – №. 2. – С. 86-88.
- [7] Третьяк Л. Н., Герасимов Е. М. Новый взгляд на проблемы пивоварения // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2003. – №. 2. – С. 147-156.
- [8] Carvalho D. O., Guido L. F. A review on the fate of phenolic compounds during malting and brewing: Technological strategies and beer styles // Food Chemistry. – 2022. – Т. 372. – С. 131093.
- [9] Gasowski B. et al. The influence of beer with different antioxidant potential on plasma lipids, plasma antioxidant capacity, and bile excretion of rats fed cholesterol-containing and cholesterol-free diets // The Journal of nutritional biochemistry. – 2004. – Т. 15. – №. 9. – С. 527-533.
- [10] Gorinstein S. et al. Bioactivity of beer and its influence on human metabolism // International journal of food sciences and nutrition. – 2007. – Т. 58. – №. 2. – С. 94-107.
- [11] Konishi Y., Zhao Z., Shimizu M. Phenolic acids are absorbed from the rat stomach with different absorption rates // Journal of agricultural and food chemistry. – 2006. – Т. 54. – №. 20. – С. 7539-7543.
- antioxidants in bioanalytical chemistry: state of the problem and development prospects // Advances in chemistry. – 2015. – Т. 84. – No. 2. – pp. 194-224.
- [5] Meledina T.V., Davydenko S.G. The influence of beer on human health // Nutrition and Intellect. – 2015. – P. 25-28.
- [6] Strizhakov I.I. et al. Determination of natural antioxidants in beer // Beer and drinks. – 2006. – No. 2. – pp. 86-88.
- [7] Tretyak L.N., Gerasimov E.M. A new look at the problems of brewing // Bulletin of the Orenburg State University. – 2003. – No. 2. – pp. 147-156.
- [8] Carvalho D. O., Guido L. F. A review on the fate of phenolic compounds during malting and brewing: Technological strategies and beer styles // Food Chemistry. – 2022. – T. 372. – P. 131093.
- [9] Gasowski B. et al. The influence of beer with different antioxidant potential on plasma lipids, plasma antioxidant capacity, and bile excretion of rats fed cholesterol-containing and cholesterol-free diets // The Journal of nutritional biochemistry. – 2004. – T. 15. – No. 9. – pp. 527-533.
- [10] Gorinstein S. et al. Bioactivity of beer and its influence on human metabolism // International journal of food sciences and nutrition. – 2007. – T. 58. – No. 2. – pp. 94-107.
- [11] Konishi Y., Zhao Z., Shimizu M. Phenolic acids are absorbed from the rat stomach with different absorption rates // Journal of agricultural and food chemistry. – 2006. – T. 54. – No. 20. – pp. 7539-7543.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Боровков Ярослав Евгеньевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: streetbuker@gmail.com</p>	<p>Borovkov Yaroslav Evgenievich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: streetbuker@gmail.com</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>