

УДК 664.68

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕРНОВОГО СОРГО В КАЧЕСТВЕ СОЛОЖЁНОГО И НЕСОЛОЖЁНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИВА

Д.Р. Шакиров, Н.В. Кривов

THE USE OF GRAIN SORGHUM AS MALTED AND UNMALTED RAW MATERIALS IN BEER PRODUCTION

D.R. Shakirov, N.V. Krivov

Анотация. В работе проводится анализ зернового сорго, производство из него солода, пива с использованием соложёного и несоложёного сорго, а так же анализ полученных образцов. Перспективность применения зернового сорго при производстве пива объясняется стабильно высокой урожайностью в условиях засухи, повышенным содержанием крахмала, отсутствием белков токсичных для больных целиакией (возможность производства безглютенового пива).

Ключевые слова: пиво; солод; соложёное сырьё; несоложёное сырьё; сорго; сорговый солод.

Abstract. The analysis of grain sorghum, production of malt, beer using malted and unsalted sorghum, as well as the analysis of the obtained samples is carried out. The prospects for the use of grain sorghum in the production of beer is explained by the consistently high yield in drought conditions, high starch content, the absence of toxic proteins for patients with celiac disease (the possibility of gluten-free beer production).

Key words: beer; malt; malted raw materials; unsalted raw materials; sorghum; sorghum malt.

Больше 20 % себестоимости пива составляет стоимость пивоваренного солода, по этой причине пивовары ищут различные способы замены его другим сырьём. Одной из перспективных зерновых культур для применения в пивоварении является зерновое сорго.

Сорго зерновое (*Sorghum bicolor*) – род однолетних и многолетних растений семейства злаковых. Зерно имеет различную окраску от кремовой, до красно-бурой (за счёт содержания в эндосперме танинов) [1].

Эта культура хорошо подходит для выращивания в засушливых регионах, например, в южных областях нашей страны. Количество воды для прорастания сорго от массы зерновки составляет 35 % , в то время как для других злаков: кукуруза – 40 %; пшеница – 55 %; ячмень – 57 % . Установлено так же, что для получения 1 г сухих веществ эта культура расходует 300 мл воды, в сравнение другие злаки: кукуруза – 338 мл; пшеница – 515 мл; ячмень – 534 мл; овёс – 600 мл.

Помимо неприхотливости к условиям внешней среды, растение характеризуется высокой урожайностью, обладает массой полезных свойств и успешно используется в различных целях [2].

Сорго в качестве несоложёного сырья пока не нашло широкого применения при производстве продуктов брожения. Однако эта культура после солодоращения часто применяется при производстве пива в странах, где ячмень и пшеница не могут расти, либо дают низкие урожаи из-за засушливого климата. Основные площади посева зернового сорго в РФ сосредоточены в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах. Во многих районах этих регионов сорго способно давать урожай зерна больше других культур более чем в два раза. Урожайность пивоваренного ячменя в засушливых районах Северного-Кавказа и Крыма составляет 1,5-2 т/га, в то время как урожайность зернового сорго составляет 3,5-4,5 т/га. За последние 5 лет площади посевов выросли в 11 раз [3].

Объект исследования

В работе использовались два сорта зернового сорго:

«Славянка» – получен путем многократных отборов гибридных линий. Вегетационный период 85-95 суток. Урожайность зерна достаточно высокая и стабильна по годам – от 2,6 до 4,4 т/га.

«Рось» – получен путем многократных отборов гибридных линий, зерно средней крупности, масса 1000 семян от 20 до 26 г, вымолачиваемость хорошая. Выход зерна при обмолоте 70-78 %. Эндосперм на 3/4 крахмалистый. Раннеспелый. Вегетационный период 87-100 суток. Устойчив к пониженным температурам в послевсходовый период и к засухе в период вегетации. Урожайность зерна в конкурсном сортоиспытании (2006-2010 гг.) от 2,0 до 5,3 т/га [4].

Был произведен анализ зерна по основным требованиям к ячменю пивоваренному, а именно: способность прорастания, %; влажность, %; масса 1000 зерен, г; натура зерна, г/л; кислотность, °Т; плёнчатость, %; содержание крахмала, %; содержание белка, %.

В табл. 1 представлены данные полученные при анализе зернового сорго сортов Рось и Славянка, и сравнение этих показателей с гостом на пивоваренный ячмень 1 и 2 класса.

Таблица 1 – Показатели зернового сорго сортов Славянка и Рось и сравнение их с нормами для пивоваренного ячменя

Показатель	Норма для пивоваренного ячменя		Показатели зерна сорго	
	1 класс	2 класс	Сорт Славянка	Сорт Рось
Способность прорастания, %	≥95	≥90	97,4	94,4
Влажность, %	≤15,0	≤15,5	12,2	11,8
Масса 1000 зерен, г	37-48		25,5	23,5
Натура зерна, г/л	510-640		768	809
Кислотность, °Т	1,8- 2,5		1,7	2,4
Плёнчатость, %	7-12		10-12	15-18
Содержание крахмала,%	50-65		65,1	79,5
Содержание белка, %	≤12		12,1	11,3

Оба образца имели повышенное содержание крахмала, что важно для дальнейшей переработке. На основании полученных данных был сделан вывод о перспективности использования зернового сорго для производства пивоваренного солода.

Технология производства соргового солода

При солодоращении сорго используют более высокие температуры, нежели при производстве ячменного солода. Это объясняется теплолюбивостью культуры и пониженной активностью β-амилазы.

Производство солода начиналось с промывания зерна в теплой воде 30-35 °С для удаления всплывшего мусора и пыли. После очистки проводили дезинфекцию.

Дезинфекция. Дезинфекцию сорго проводили для предотвращения заплесневения солода при повышенных температурах проращивания. Для этих целей применялся 5 % спиртовой раствор йода, который добавлялся в замочную воду температурой 20-25 °С из расчёта 0,1 мл

на 1 л. Зерно дезинфицировалось этим раствором в течение 3 ч. Далее раствор сливали, сорго промывали и начинали основное замачивание.

Замачивание. Одним из результатов замачивания зерна при производстве солода является восстановление активности зародыша, вначале использующего для своей жизнедеятельности растворимые и усвояемые питательные вещества. Замачивание проводилось в течение 24 ч при температуре воды 20-25 °С, по 6 часов замачивая и проводя воздушные паузы. К концу замачивания влажность зерна составляла 46-48 %.

Проращивание зерна проводилось в продуктовых пластиковых ящиках обитых марлей, в течение 5 суток при температуре 20-23°С, сорго рассыпалось слоем 3-4 см и накрывалось влажной хлопковой тканью для предотвращения высыхания. Первые 4 дня проращивания солод перемешивался и смачивался водой каждые 12 ч, на 5 день солод не ворошился. К концу проращивания длина ростка составляла две длины зерновки [5, 6].

Сушка солода. Солод перед сушкой содержит от 44 до 48 % влаги, высушенный же должен содержать от 3,0 до 3,5 % влаги. Благодаря такой низкой влажности все жизненные процессы в нём сводятся к минимуму, о чем свидетельствует прекращение процесса проращивания сорго. Сушку солода проводили в три этапа, по 8 ч каждый при 40-45; 55-60 и 65-75 °С.

После сушки солод остужали и отделяли от ростков, путём перекачивания в тканом мешке и продуванием над вентилятором. Далее солод отлёживался в течение 1 месяца в сухом темном месте.

При отлёжке амилолитическая способность солода увеличивается, повышается также и его кислотность, что связано с действием кислотообразующих ферментов и переходом в растворимое состояние неорганических веществ. Идёт процесс набухания органических веществ солода, что помогает структурным превращениям веществ эндосперма [5].

По истечении 1 месяца производился анализ солода по следующим показателям: массовая доля влаги, %; кислотность, °Т; массовая доля экстракта в сухом веществе солода тонкого помола, %; стекловидность, %. Полученные данные и сравнение их с «ГОСТ 29294-2014 на солод пивоваренный» представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели солода из сорго

Показатель	ГОСТ 29294-2014 на солод пивоваренный		Показатели солода из сорго	
	Высший класс	1 класс	Сорт Славянка	Сорт Рось
Массовая доля влаги, %	≤4,5	≤5,0	5,2	5,4
Кислотность, °Т	0,9-1,1	0,9-1,2	1,0	1,2
Массовая доля экстракта в сухом веществе солода тонкого помола, %	≥ 79,0	≥ 78,0	57,6	74,5
Стекловидность, не более, %	3,0	5,0	3,2	4,7

Наилучшие показатели получены при анализе солода из зернового сорго сорта Рось. Следующим этапом работы было производство пива с использованием соложёного и несоложёного сорго.

Производство пива с применением соложёного и несоложёного сорго

В связи с высокой температурой клейстеризации соргового крахмала (70-75 °С) в сравнение с ячменным (56-62 °С) использовался отварочный (декоксионный) способ производства сула. Были произведены 8 образцов пива с использованием сорго: несоложёного – 7,5 и 15 %,

и соложёного – 30 и 70 % от засыпи всех зернопродуктов. При производстве пива с использованием несоложёного сорго засыпь отварки состояла из всего зерна (7,5; 15 %) и 30 % ячменного пивоваренного солода. Соотношение – зернопродукты/вода использовалось 1/3,5.

Затиранье начиналось при 45-47 °С (оптимум работы β -глюконазы), после тщательного перемешивания (не допускается образование комочков) выдерживалась β -глюкановая пауза (10 мин) с поддержанием начальной температуры. Далее температуру медленно (1 °С/мин) поднимали до 52-54 °С и выдерживали белковую паузу (25 мин), после этого проводили мальтозную паузу 62-64 °С и осахаривание 72-74 °С по 25 мин каждая. По окончании всех основных ферментативных пауз затор быстро нагревали до температуры клейстеризации соргового крахмала 80-100 °С и поддерживали ее 10 мин.

При использовании соложёного сорго использовали специальный отварочный способ затиранья. Засыпь отварки состояла только из соргового солода, соотношение воды к зернопродуктам применялось выше, чем при использовании несоложёного зерна ($\frac{1}{4}$). Затиранье начинали при 45-47 °С, проводили β -глюкановую (10 мин) и белковую (при 52-54 °С, 30 мин) паузы. Далее богатую ферментами жидкую часть отварки сливали в основной затор, а густой остаток клейстеризовали при 80-100 °С в течение 10 мин.

Основной затор состоял из оставшегося солода и воды – 1/3,5. Затиранье начиналось при 52-54 °С, проводилась белковая пауза (25 мин), и приливалась клейстеризованная отварка тем самым температура затора поднималась до 62-64 °С. Проводилась мальтозная пауза (25 мин), а так же осахаривание при 72-74 °С (25 мин), полноту расщепления крахмала определяли йодной пробой. При отсутствии синего окрашивания затор нагревался до 78 °С (для инактивации ферментов и лучшей фильтрации сусла) и отправлялся на фильтрацию. После сливания первого сусла дробину промывали водой температурой 77-79 °С для вымывания оставшегося экстракта [7].

Далее, первое сусло и промывную воду соединяли, быстро доводили до кипения и кипятили в течение 70 мин с открытой крышкой и задачей хмеля в три приёма:

- 1) после 10 мин от начала кипения – для горечи;
- 2) за 20 мин до конца кипения – для вкуса;
- 3) за 10 мин до конца кипения – для аромата.

Выпаривание составляло 10-15 %/ч.

После окончания кипячения сусла с хмелем его как можно быстрее охлаждали (для предотвращения контаминации) до 20-25 °С и засеивали низовыми дрожжами Saflager – S23 из расчёта 10 мл густого осадка на 1 л сусла. Основное брожение проводилось при 8-10 °С до конечной видимой плотности по ареометру 2,3-3,0 °Р в течение 7-10 сут.

После окончания основного брожения «зелёное» пиво снимали с дрожжевого осадка и разливали в ПЭТ (полиэтилентерефталат) бутылки для дозревания, в течение 21 сут при 4-6 °С и насыщения напитка CO₂. Для карбонизации использовалась декстроза, которая добавлялась в виде 65 % сиропа из расчёта 8 г/л [8].

Анализ образцов

После дозревания пива был произведен химико-физический анализ образцов по высоте пены, мм; пеностойкости, мин; титруемой кислотности, °Т; цветности напитка, ц. ед; массовой доле спирта, %; массовой доле действительного экстракта, %; массовой доле сухих веществ в начальном сусле, % и действительной степени сбраживания, %. В качестве контроля для сравнения использовалось разливное пиво «Жигулёвское» с экстрактивностью начального сусла 11 % . Результаты физико-химических анализов представлены в табл. 3.

Пониженная степень сбраживания других образцов с использованием сорго объясняется технологией дображивания в бутылках и используемым штаммом дрожжей. Так же была произведена органолептическая оценка напитка по 25-ти бальной системе, критерии оценки которой представлены в табл. 4.

Таблица 3 – Физико-химические показатели полученных образцов пива

Рецептура Показатели	Жигулёвское	Сорго как несоложёное сырьё				Сорго как соложёное сырьё			
		Славянка (7,5%)	Рось (7,5%)	Славянка (15%)	Рось (15%)	Славянка (30%)	Рось (30%)	Славянка (70%)	Рось (70%)
Высота пены, мм	95	47	85	30	40	20	25	20	25
Пеностойкость, мин	7	6	9	4,5	5,5	2	2,5	2	3
Кислотность, к. ед	1,65	1,30	1,6	1,65	1,40	1,50	1,45	1,45	1,50
Цвет, ц.ед	0,43	0,94	0,99	1,82	0,85	1,01	1,17	1,83	1,32
Массовая доля спирта, %	4,05	3,67	3,69	3,32	3,74	3,65	4,33	3,55	4,40
Массовая доля действительного экстракта, %	3,41	4,35	4,31	4,10	4,53	4,80	4,46	4,59	4,47
Массовая доля сухих веществ в начальном сусле, %	11,2	11,5	11,5	10,6	11,8	11,9	12,8	11,5	12,9
Действительная степень сбраживания, %	69,5	62,7	62,5	61,1	61,6	59,5	65,2	60,0	65,4

Таблица 4 – 25-ти бальная система органолептической оценки пива

Показатели пива	Оценка, баллы			
	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Прозрачность	3	2	1	0 (снимается с дегустации)
Цвет	3	2	1	0
Вкус	5	4	3	2
Хмелевая горечь	5	4	3	2
Аромат	4	3	2	1
Пенообразование	5	4	3	2
Высота пены, мм	40	30	20	менее 20
Пеностойкость, мин.	4	3	2	менее 2
Итого баллов	22-25	19-21	13-18	12 и ниже

К органолептическим показателям относят: прозрачность, цвет, вкус, хмелевую горечь, аромат и пенообразование. Эти показатели индивидуальны для каждого сорта пива и являются критерием оценки его потребительских свойств. Все органолептические показатели качества напитка определялись в процессе дегустации при 12 ± 2 °С. Результаты органолептической оценки полученных образцов представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Органолептическая оценка пива

Показатели качества пива	Жигулевское	Сорго в качестве несоложёного сырья				Сорго в качестве соложёного сырья			
		Славянка (7,5%)	Рось (7,5%)	Славянка (15%)	Рось (15%)	Славянка (30%)	Рось (30%)	Славянка (70%)	Рось (70%)
Прозрачность	3	3	3	2	3	2	3	3	2
Цвет	3	3	3	2	3	3	3	2	4
Вкус	3	4	4	4	3	3	4	3	4
Хмелевая горечь	5	4	3	4	4	3	3	3	2
Аромат	4	4	4	3	3	2	3	4	4
Пенообразование	5	5	5	4	5	3	3	3	4
Высота пены, мм	95	45	85	30	40	20	25	20	25
Пеностойкость, мин	7	6	9	4,5	5,5	2	2,5	2	3
Итого баллов	24	23	22	20	21	16	19	18	20

Как видно из органолептической оценки практически все образцы получили оценку «хорошо» или «отлично» за исключением пива изготовленного с 30 и 70 % солода из сорта Славянка, по причине не специфической хмелю горечи. Такой вкус объясняется высоким содержанием танинов в эндосперме зерна [9].

Выводы

На основании проведённых исследований и полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) Зерновое сорго является перспективным сырьём для производства продуктов брожения, в частности пива. По причине стабильно высокой урожайности в условиях засушливого климата, а так же высокой ценности с точки зрения сырья для пивоварения: высокое содержание крахмала, повышенная экстрактивность.

2) Использование зернового сорго сорта Рось (без танинов в оболочке) наиболее перспективно при производстве пива, по причине высокого содержания крахмала в эндосперме [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунце В. Технология солода и пива. СПб.: Профессия, 2003. 912 с.
2. Карипов Р.Х. Практикум по земледелию. Астана: КазАТУ, 2005. 240 с.
3. Меледина Т.В., Матвеев И.В., Федоров А.В. Несоложёные материалы в пивоварении: учебное пособие. СПб.: Университет ИТМО. 2017. 66 с.
4. Каталог сортов и гибридов сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Поволжский НИИСС» / под. ред В. В. Глуховцева. Кинель: ФГБНУ «Поволжский НИИСС». 2016. 61 с.



5. Баланов П.Е., Смотряева И.В. Технология солода. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ. 2014. 82 с.
6. Нарцисс. Л. Пивоварение. Т. 1. Технология солодоращения: перевод с нем. под общ. ред. Г. А. Ермолаевой и Е.Ф. Шаненко. СПб.: Профессия, 2007. 584 с.
7. Agu R.C., Palmer. G. H., 1997. Effect of mashing procedures on some sorghum varieties germinated at different temperatures. Process Biochem. 1997. №32. С.147-158
8. Палмер Д. Искусство домашнего пивоварения. Пять шагов к идеальному пиву. М.: Эксмо. 2012. 320 с.
9. Шепелев А.Ф., Мхитарян К.Р. Товароведение и экспертиза вкусовых и алкогольных товаров. М.: Март. 2001. 208 с.
10. Фараджева Е.Д., Федоров Е.А. Общая технология бродильных производств. М.: Колос. 2002. 408 с.

REFERENCES

1. Kuntz W. Tekhnologiya soloda i piva [Technology of malt and beer]. St. Petersburg: Professiya. 2003. 912 p.
2. Karipov R.H. *Praktikum po zemledeliyu* [Workshop on agriculture]. Astana: KazATU 2005. 240 p.
3. Meledina T.V., Matveev I.V., Fedorov. A.V. *Nesolozhyonye materialy v pivovarenii* [Cereals materials in brewing]: *Uchebnoe posobie*. SPb: ITMO university, 2017. 66 p.
4. *Katalog sortov i gibridov sel'skohozyajstvennykh kul'tur selekcii FGBNU «Povolzhskij NIISS»* / pod. red. V. V. Gluhovceva [The catalog of grades and hybrids of crops of selection of FGBNU "Povolzhskii NIISS" / pod. red. V. V. Gluhovceva]. Kinel: FGBNU "Povolzhskii NIISS". 2016. 61 p.
5. Balanov P. E., Smotrayera I.V. *Tekhnologiya soloda* [The technology malting]: *Uchebnoe posobie*. St. Petersburg: NIU ITMO; IC and BT. 2014. 82 p.
6. Nartsiss L. *Pivovarenie. T.1. Tekhnologiya solodorashcheniia* [Brewing. Vol.1. The technology malting]. St. Petersburg, Professiya, 2007. 584 p
7. Agu R.C., Palmer. G.H., 1997. Effect of mashing procedures on some sorghum varieties germinated at different temperatures. Process Biochem. 1997. No32. С.147-158
8. Palmer D. *Iskusstvo domashnego pivovareniya. Pyat' shagov k ideal'nomu pivu* [Art of house brewing. Five steps to ideal beer]. Moscow: Eksmo. 2012. 320 p.
9. Shepelev A.F., Mkhitaryan K.R. *Tovarovedenie i ehkspertiza vkusovykh i alkogol'nykh tovarov* [Commodity and examination of gustatory and alcoholic products]. Moscow: Mart. 2001. 208 p.
10. Faradzheva E.D., Fedorov E.A. *Obshchaya tekhnologiya brodil'nykh proizvodstv* [General technology of fermentative productions]. Moscow: Kolos. 2002. 408 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шакиров Дамир Ринатович

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия, студент факультета пищевых производств, бакалавриат.

E-mail: damir9612@gmail.com

Shakirov Damir Rinatovich

Samara State Technical University, Samara, Russia, student of the faculty of food production, bachelor's degree.

E-mail: damir9612@gmail.com



Кривов Николай Васильевич

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия, доктор биологических наук, профессор.

E-mail: krivovn@mail.ru

Krivov Nikolay Vasilievich

Samara State Technical University, Samara, Russia, doctor of biological Sciences, Professor.

E-mail: krivovn@mail.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:

443076, Самара, ул. Балаковская, д. 22, кв. 79. Шакиров Д. Р.

89874405834