

Научная статья

УДК 663.52

doi: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-107-113

Влияние пастеризации сусла на показатели бражек и процесс дрожжегенерации

Мадина Борисовна Хоконова^{✉1}, Залина Мухадиновна Карданова²

¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

²Министерство сельского хозяйства Кабардино-Балкарской Республики, проспект Ленина, 27, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360051

^{✉1}dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

²anilaz7@rambler.ru

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию физико-химических показателей спиртового сусла до и после пастеризации и выявлению параметров бражки в зависимости от генерации дрожжей. Исследования проводились в условиях ООО «Премиум» и на кафедре «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Кабардино-Балкарского ГАУ в 2023-2024 гг. В качестве объектов исследований служили осахаренное сусло до и после пастеризации, бражка, пшеничный солод, культура *Asp. Oryzae*. Расчеты по биотину велись на 100 мл испытуемой среды до и после пастеризации. Исследовались пшеничные заторы, приготовленные для сбраживания на спирт. Неизменность содержания биотина в сусле до и после пастеризации подтверждает, что термическая обработка среды не инактивирует биотин и не уменьшает его содержания в ней. Установлено, что оптимальными условиями пастеризации являются температура 75°C и продолжительность 30 минут, при которых наблюдается максимальное количество восстанавливающих сахаров, сухих и редуцирующих веществ. Недостаточное содержание дрожжевых клеток в дрожжах первых четырех генераций не повлияло на количество дрожжевых клеток в суточной бражке. Содержание дрожжевых клеток достаточное для ведения брожений, что составляет 86-102 млн/мл. Лучшие результаты по содержанию редуцирующих веществ на 0,14 мг/мл и восстанавливающих сахаров на 0,11 мг/мл имеет бражка от 6-10-й генераций дрожжей, по сравнению с 1-5-й генерациями. Определено, что бражки, приготовленные на дрожжах с пастеризованным сусликом, имеют хорошие технологические показатели, и брожение проходит в более стерильных условиях с нормальным размножением дрожжевых клеток в процессе брожения. Конечные показатели готовых бражек отличаются незначительными величинами по отбрадам, кислотности и остаточному крахмалу.

Ключевые слова: затор, сусло, бродильная способность дрожжей, продолжительность брожения, пастеризация, бражка

Для цитирования. Хоконова М. Б., Карданова З. М. Влияние пастеризации сусла на показатели бражек и процесс дрожжегенерации // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 1(47). С. 107–113. doi: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-107-113

Original article

The influence of wort pasteurization on the mash parameters and the yeast generation process

Madina B. Khokonova^{✉1}, Zalina M. Kardanova²

¹Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

²Ministry of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Republic, 27 Lenin Avenue, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360051

^{✉1}dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

²anilaz7@rambler.ru

Abstract. This work is devoted to the study of the physicochemical parameters of alcohol wort before and after pasteurization and the identification of mash parameters depending on yeast generation. The studies were carried out at Premium LLC and at the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University in 2023-2024. The objects of research were saccharified wort before and after pasteurization, mash, wheat malt, and *Asp. Oryzae* culture. Biotin calculations were carried out per 100 ml of the test medium before and after pasteurization. Wheat mashes prepared for fermentation into alcohol were studied. The unchangeable biotin content in the wort before and after pasteurization confirms that heat treatment of the medium does not inactivate biotin and does not reduce its content in it. It was established that the optimal pasteurization conditions are a temperature of 75°C and a duration of 30 minutes, at which the maximum amount of reducing sugars, dry and reducing substances is observed. Insufficient yeast cell content in the yeast of the first four generations did not affect the number of yeast cells in the daily mash. The yeast cell content is sufficient for fermentation, which is 86-102 million/ml. Better results are shown by the mash from the 6th-10th yeast generations than by the 1st-5th generation, in terms of reducing substances by 0.14 mg/ml and reducing sugars by 0.11 mg/ml. It has been determined that mashes prepared with yeast and pasteurized wort have good technological indicators, and fermentation takes place in more sterile conditions with normal reproduction of yeast cells during fermentation. The final indicators of the finished mashes differ insignificant values for fermentation, acidity and residual starch.

Keywords: weight, wort, yeast fermentation capacity, fermentation duration, pasteurization, mash

For citation. Khokonova M.B., Kardanova Z.M. Influence of wort pasteurization on the mash parameters and the yeast generation process. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;1(47):107–113. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-107-113

Введение. Важными факторами, определяющими бродильную способность дрожжей, биосинтез вкусоароматических компонентов и коллоидную стойкость, являются биосинтетическая активность клеток и способность адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям внешней среды в процессе брожения. Физиологически активные дрожжи могут быть получены только при отсутствии дефицита питательных компонентов [1].

Одна из важных задач производства спирта – повышение физиологической активности дрожжей с целью сокращения сроков дрожжегенерирования и брожения [2].

Дрожжи различаются по отношению к факторам роста, т.е. к тем веществам, которые входят в состав клеток, но не могут при этом ими синтезироваться. Факторами роста для всех штаммов дрожжей являются биотин (витамин В₇), пантотеновая кислота (витамин В₃) и мезоинозит (витамин В₈) [1].

Для роста, размножения и обеспечения условий брожения таким дрожжам, как сахаромицеты, нужны витамины [3].

Для дрожжей *Sacharomices cerevisiae* рас, применяемых в спиртовой промышленности для обеспечения брожения и генерации дрожжей необходимы биотин и пантотеновая

кислота. Если пантотеновая кислота может синтезироваться дрожжами, то биотин не синтезируется, поэтому присутствие его в среде является необходимым [4]. Для дрожжегенерации, особенно непрерывного ведения дрожжей, следует знать о наличии в среде биотина – основного витамина, влияющего на ускорение роста дрожжей и брожения [5].

Целью работы является исследование физико-химических показателей спиртового сусла до и после пастеризации и выявление параметров бражки в зависимости от генерации дрожжей.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились в условиях ООО «Премиум» и на кафедре «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Кабардино-Балкарского ГАУ в 2023-2024 гг.

В качестве объектов исследований служили осахаренное сусло до и после пастеризации, бражка, пшеничный солод, культура *Asp. Oryzae*.

Исследовались пшеничные заторы, приготовленные для сбраживания на спирт.

Биологический метод определения биотина в среде, разработанный Е. А. Плевако и О. А. Бакушинской, основан на способности

дрожжей использовать различные формы биотина и его аналогов – биотиновых комплексов, биоцитина и детиобиотина – для ускорения роста и размножения клеток.

Результаты исследования. Расчеты по биотину велись на 100 мл испытуемой среды до и после пастеризации (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические показатели осахаренного сусла
Table 1. Physicochemical parameters of sugared wort

Анализируемая среда	Концентрация по сахарометру, %	Кислотность, °	pH	Содержание биотина в сусле, мкг/л
Осахаривание культурой <i>Asp. oryzae</i>				
Непастеризованное сусло	17,1	0,31	4,5	14,5
Пастеризованное сусло	17,9	0,29	4,4	15,0
Осахаривание солодом				
Непастеризованное сусло	16,3	0,25	4,1	13,8
Пастеризованное сусло	16,6	0,21	4,0	15,0

Анализируемые образцы получили при различных условиях осахаривания заторов. В первом образце брали сусло, полученное в результате осахаривания поверхностной культурой плесневых грибов *Asp. oryzae*, во втором – осахаривание провели солодом [6]. Биотин в сусле при различных условиях осахаривания сравнительно одинаков. Неизменность содержания биотина в сусле до и после пастеризации подтверждает, что термическая обработка среды не инактивирует биотин и не уменьшает его содержания в ней.

Оптимальный режим пастеризации сусла для приготовления дрожжей подбирался из расчета создания условий, обеспечивающих уничтожение кислотообразующей микрофлоры при мягкой температурной обработке среды [7, 8]. Такие условия требуют нагрева до 75-80°C.

В таблице 2 представлены результаты опытов по влиянию пастеризации на активность осахаривающего комплекса ферментов и процесс дрожжегенерации.

Таблица 2. Влияние пастеризации сусла на процесс дрожжегенерации
Table 2. The influence of wort pasteurization on the process of yeast generation

Условия пастеризации		Сухие вещества, %	Редуцирующие вещества, г/см ³	Восстанавливающие сахара, г/см ³	Кислотность, °	pH
температура пастеризации, °С	время пастеризации, мин					
75	10	16,2	15,12	11,70	0,30	4,5
75	20	16,4	15,30	12,12	0,30	4,5
75	30	16,6	15,70	12,35	0,30	4,5
80	10	16,1	15,32	12,02	0,30	4,5
80	20	16,3	15,73	11,65	0,30	4,5
80	30	16,4	15,90	11,48	0,30	4,5
Без пастеризации		16,2	15,16	12,24	0,30	4,5

Опыты показали, что оптимальными условиями пастеризации являются температура 75°C и продолжительность 30 минут, при

которых наблюдается максимальное количество восстанавливающих сахаров, сухих и редуцирующих веществ.

В таблице 3 представлены показатели многократной генерации дрожжей на пастеризованном сусле из зернового сырья.

Дрожжи, приготовленные на пастеризованном сусле, адаптируются в пастеризованной среде. Если в первых трех генерациях количество дрожжевых клеток было в пре-

делах 29-48 млн/мл, то, возрастая, с пятой генерации с 59,5 млн/мл оно достигает более 80 млн/мл. Это количество дрожжевых клеток обеспечивает нормальные условия брожения. Каждая из генераций дрожжей использовалась в качестве засевных дрожжей для сбраживания заторов (табл. 4).

Таблица 3. Показатели генерации дрожжей на пастеризованном сусле
Table 3. Yeast generation rates on pasteurized wort

Технологический показатель				
дрожжей при выращивании		готовых дрожжей		
концентрация по сахарометру, %	кислотность, °	концентрация по сахарометру, %	кислотность, °	дрожжевые клетки, млн/мл
15,8	0,75	8,2	0,75	39,5
15,8	0,75	8,4	0,75	29,0
15,8	0,75	7,8	0,75	32,0
15,8	0,75	7,6	0,75	48,0
15,8	0,75	6,8	0,75	59,5
15,8	0,75	6,7	0,75	78,0
15,8	0,75	6,6	0,75	75,0
15,8	0,75	6,8	0,75	82,5
15,8	0,75	6,6	0,75	77,0

Таблица 4. Показатели бражек, приготовленных на дрожжах с пастеризованным суслom
Table 4. Indicators of mash prepared with yeast and pasteurized wort

Генерации дрожжей	1-е сутки					2-е сутки				3-и сутки				
	концентрация, по сахарометру, %	кислотность, °	редуцирующие вещества, г/см ³	восстанавливающие сахара, г/см ³	дрожжевые клетки, млн/мл	концентрация, по сахарометру, %	кислотность, °	редуцирующие вещества, г/см ³	восстанавливающие вещества, г/см ³	концентрация, по сахарометру, %	кислотность, °	редуцирующие вещества, г/см ³	восстанавливающие сахара, г/см ³	Остаток крахмала, г/мл
1	4,2	0,36	3,82	1,51	89,0	1,23	0,38	1,80	0,52	0,80	0,42	1,40	0,43	0,14
2	4,4	0,35	3,92	1,54	86,0	1,13	0,39	1,42	0,50	0,95	0,43	1,38	0,42	0,29
3	4,4	0,35	3,90	1,48	102,0	1,20	0,40	1,48	0,50	1,00	0,45	1,39	0,41	0,10
4	3,6	0,36	3,43	0,82	91,6	1,10	0,40	1,40	0,49	1,20	0,45	1,43	0,47	0,15
5	4,0	0,37	3,72	0,95	93,5	1,10	0,42	1,42	0,50	1,05	0,50	1,35	0,31	0,14
6	3,8	0,38	3,50	0,86	116,0	1,12	0,42	1,45	0,51	1,10	0,50	1,37	0,33	0,14
7	3,7	0,38	3,40	0,79	78,0	1,07	0,38	1,37	0,48	0,98	0,39	1,23	0,31	0,13
8	3,7	0,40	3,42	0,80	87,5	1,13	0,40	1,50	0,50	0,86	0,38	1,18	0,42	0,15
9	3,6	0,38	3,38	0,80	100,0	1,13	0,40	1,48	0,50	1,06	0,38	1,18	0,30	0,13

Недостаточное содержание дрожжевых клеток в дрожжах первых четырех генераций не повлияло на количество дрожжевых кле-

ток в суточной бражке [9, 10]. Содержание дрожжевых клеток нормальное и достаточное для ведения брожений, что составляет

86-102 млн/мл. Несколько лучшие результаты по содержанию редуцирующих веществ на 0,14 мг/мл и восстанавливающих сахаров на 0,11 мг/мл имеет бражка от 6-10-й генераций дрожжей, по сравнению с 1-5-й генерациями.

Далее мы изучали показатели бражки в зависимости от продолжительности брожения (табл. 5).

Полученные данные показывают, что с увеличением продолжительности брожения происходит снижение концентрации сухих веществ и возрастает титруемая кислотность.

По результатам исследований был проведен корреляционно-регрессионный анализ, который выявил:

- слабую обратную связь между продолжительностью и температурой брожения (рис. 1);

- сильную обратную связь между продолжительностью брожения и видимой концентрацией сухих веществ (рис. 2);

- сильную прямую связь между продолжительностью брожения и титруемой кислотностью (рис. 3).

Таблица 5. Физико-химические показатели различных проб бражки
Table 5. Physicochemical parameters of various mash samples

Проба	Продолжительность брожения, ч	Бражка		
		температура, °С	видимая концентрация сухих веществ, %	титруемая кислотность, °
1	-	32,0	14,0	0,13
2	24	34,8	5,0	0,24
3	36	33,0	0,6	0,28
4	48	31,9	0,6	0,32
5	60	31,1	0,4	0,40

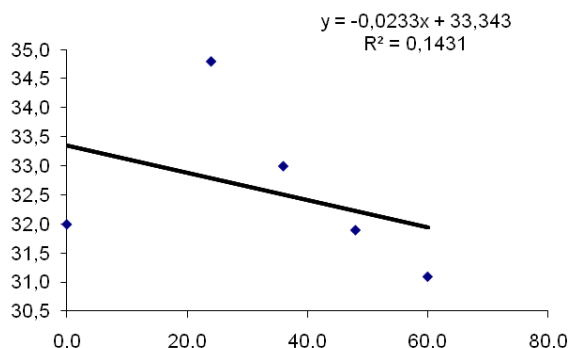


Рисунок 1. Зависимость между продолжительностью брожения и температурой
Figure 1. Relationship between fermentation duration and temperature

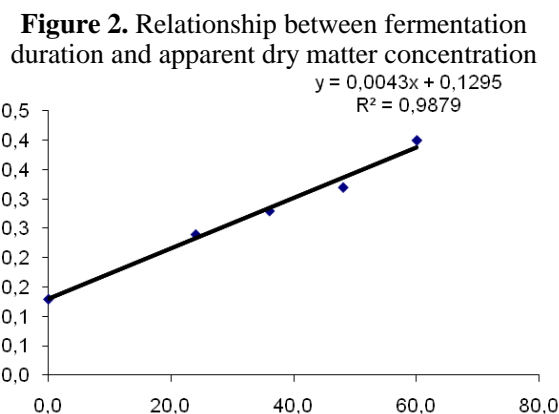


Рисунок 3. Зависимость между продолжительностью брожения и титруемой кислотностью
Figure 3. Relationship between fermentation duration and titratable acidity

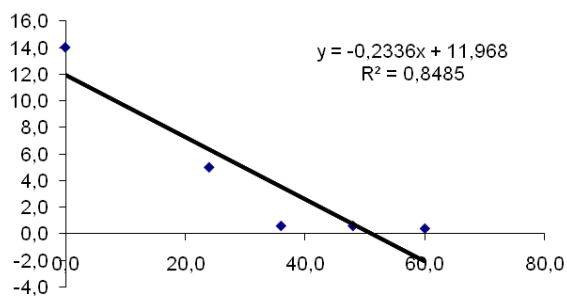


Рисунок 2. Зависимость между продолжительностью брожения и видимой концентрацией сухих веществ

Выводы. Бражки, приготовленные на дрожжах с пастеризованным суслим, имеют хорошие технологические показатели, и брожение проходит в более стерильных условиях с нормальным размножением дрожжевых клеток в процессе брожения. Несмотря на недостаточное содержание дрожжевых клеток в дрожжах первых четырех генераций, количество дрожжевых клеток в суточной бражке

нормальное и достаточное для ведения брожения. Во всех случаях количество засевных дрожжей было одинаковым и равнялось 10% к объему сбраживаемого сусла. Конечные показатели готовых бражек отличаются незначительными величинами по отбрадам, ки-

слотности и остаточному крахмалу. Несколько лучшие результаты по содержанию редуцирующих веществ и восстанавливающих сахаров имеет бражка от 6-10-й генераций дрожжей, по сравнению с 1-5-й генерациями.

Список литературы

1. Меледина Т. В., Давыденко С. Г., Васильева Л. М. Физиологическое состояние дрожжей: учеб. пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. 48 с. EDN: ZVDDZH
2. Калужина О. Ю. Изучение способа активации спиртовых дрожжей // Пиво и напитки. 2017. № 1. С. 30–32. EDN: YKNDRH
3. Ашапкин В.В., Кутуева Л. И., Захарова М. Г. Контроль качества продукции физико-химическими методами: учеб. пособие для студ. вузов. Москва: ДеЛи принт, 2005. 124 с.
4. Хоконова М. Б. Применение ферментных препаратов в производстве пивоваренного солода // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2016. № 1(11). С. 50–54. EDN: ZCRGPJ
5. Хоконова М. Б., Цагоева О.К. Качественные показатели продуктов брожения в спиртовом производстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 1(23). С. 56–59. EDN: CJYQIL
6. Хоконова М. Б., Цагоева О. К. Качественные показатели зерновых заторов, осахаренных ферментами глубинной культуры солода // Актуальная биотехнология. 2019. № 3(30). С. 244–248. EDN: UHGQSJ
7. Биохимия / под. ред. Северина Е. С. 5-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 316 с.
8. Нечаев А. П., Шуб И. С., Аношина О. М. Технология пищевых производств / под. ред. А. П. Нечаева. Москва: КолосС, 2005. 768 с.
9. Качмазов Г. С. Дрожжи бродильных производств: практическое руководство [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 224 с. URL: <http://e.lanbook.com> (дата обращения: 30.05.2024)
10. Фараджева Е. Д., Федоров В. А. Общая технология бродильных производств: учеб. пособие. Москва: Колос, 2002. 408 с.

References

1. Meledina T.V., Davydenko S.G., Vasil'eva L.M. *Fiziologicheskoe sostoyanie drozhdzhej: ucheb. posobie* [Physiological state of yeast: textbook]. Saint Petersburg: NIU ITMO; IHiBT, 2013. 48 p. (In Russ.). EDN: ZVDDZH
2. Kaluzhina O.Yu. Researching of activating of alcohol yeast. *Beer and drinks*. 2017;(1):30–32. (In Russ.). EDN: YKNDRH
3. Ashapkin V.V., Kutueva L.I., Zaharova M.G. *Kontrol' kachestva produktsii fiziko-khimicheskimi metodami: ucheb. posobiye dlya stud. vuzov* [Product quality control using physical and chemical methods: textbook. aid for students universities]. Moscow: DeLi print, 2005. 124 p. (In Russ.)
4. Khokonova M.B. Application of enzyme preparations in the production of brewing malt. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2016;1(11):50–54. (In Russ.). EDN: ZCRGPJ
5. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of food products in alcohol manufacture. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2019;1(23):56–59. (In Russ.) EDN: CJYQIL
6. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of grain mashes saccharified with enzymes of deep malt culture. *Aktualnaya biotekhnologiya*. 2019;3(30):244–248. (In Russ.). doi.org/10.20914/2304-4691-2019-3-244-248. EDN: UHGQSJ
7. *Biokhimiya*. [Biochemistry]. Edited by E.S. Severin. Moscow: GEOTAR-Media, 2008. 316 p. (In Russ.)
8. Nechaev A.P., Shub I.S., Anoshina O.M. *Tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. Pod. red. A.P. Nechayeva* [Technology of food production]. Edited by A.P. Nechaev. Moscow: KolosS, 2005. 768 p. (In Russ.)
9. Kachmazov G.S. *Drozhdzhi brodil'nykh proizvodstv: prakticheskoye rukovodstvo* [Fermentation yeast: a practical guide]. Saint Petersburg: Lan', 2012. 224 p. Available at: <http://e.lanbook.com> (accessed 30 May 2024). (In Russ.)

10. Faradzheva E.D., Fedorov V.A. *Obshchaya tehnologiya brodil'nyh proizvodstv: ucheb. posobie* [General technology of fermentation production: textbook allowance]. Moscow: Kolos, 2002. 408 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Хоконова Мадина Борисовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Карданова Залина Мухадиновна – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель начальника отдела растениеводства и защиты растений Министерства сельского хозяйства Кабардино-Балкарской Республики

Information about the authors

Madina B. Khokonova – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technology Production and Processing of Agricultural Product, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Zalina M. Kardanova – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Head of the Department of Plant Production and Plant Protection of the Ministry of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Republic

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 31.01.2025;
одобрена после рецензирования 20.02.2025;
принята к публикации 28.02.2025.*

*The article was submitted 31.01.2025;
approved after reviewing 20.02.2025;
accepted for publication 28.02.2025.*