Научная статья

УДК 663.52

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-141-147

Изменение состава среды при пастеризации сусла для приготовления дрожжей в спиртовом производстве

Мадина Борисовна Хоконова^{✉1}, Джамиля Расуловна Созаева²,
Инал Юрьевич Бегидов³

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

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

²djamilia-84@mail.ru

³begidov@mail.ru

Аннотация. Данная работа посвящена определению изменения аминокислотного состава среды спиртового сусла, осахаренного солодом и поверхностной культурой плесени, до и после пастеризации. Исследования проводились в 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 *Aspergillus oryzae*. Исследовали кукурузное сусло, осахаренное в первом варианте смесью солодов (ячмень 35, овес 35, просо 30%); во втором – поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*. Установлено, что пастеризация сусла, осахаренного различными агентами, сказывается в большей степени на среде, осахаренной поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*. В этом случае при пастеризации теряется 26,5% аминокислот, в то время как в осахаренном солодом сусле 14,2%. Тенденция к убыли наблюдается у всех шести кислот, за исключением L-лейцина, содержание которого в пастеризованном сусле, осахаренном культурой плесневого гриба, тоже несколько ниже, чем в пробе с пастеризованным сусликом. Определено, что при пастеризации среды аминокислотный состав ее существенно не изменяется, однако температурному воздействию больше подвергаются аминокислоты в сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*. Общее содержание аминокислот в крахмалсодержащих средах, осахаренных солодом и поверхностной культурой плесени, после пастеризации примерно одинаково и достаточно для обеспечения аминным азотом дрожжегенерацию и брожение.

Ключевые слова: сусло, аминокислотный состав среды, пастеризация, осахаривание, спиртовые дрожжи

Для цитирования: Хоконова М. Б., Созаева Д. Р., Бегидов И. Ю. Изменение состава среды при пастеризации сусла для приготовления дрожжей в спиртовом производстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 141–147.
doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-141-147

Original article

Changing the composition of the medium during pasteurization of wort for the preparation of yeast in alcohol production

Madina B. Khokonova^{✉1}, Dzhamilya R. Sozaeva², Inal Y. Begidov³

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

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

²djamilia-84@mail.ru

³begidov@mail.ru

Abstract. This work is devoted to determining changes in the amino acid composition of the alcohol wort medium before and after pasteurization, saccharified with malt and surface mold culture. The studies were conducted 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 the study were saccharified wort before and after pasteurization, mash, wheat malt, and *Asp. Oryzae* culture. The study was carried out on corn wort, saccharified in the first variant with a mixture of malts (barley 35, oats 35, millet 30%); in the second one with a surface culture of *Aspergillus oryzae* mold. It was found that pasteurization of wort saccharified with various saccharifying agents has a somewhat greater effect on the environment where it was saccharified with a surface culture of *Aspergillus oryzae* mold. The corn wort saccharified in the first variant with a mixture of malts (barley 35, oats 35, millet 30%) was studied; in the second one with a surface culture of the mold *Aspergillus oryzae*. It was found that pasteurization of the wort saccharified with various saccharifying agents affects to a slightly greater extent the environment where the surface culture of the mold *Aspergillus oryzae* was saccharified. In this case, 26.5% of amino acids are lost during pasteurization, while in the wort saccharified with malt 14.2%. A tendency for the loss to increase is observed for all six acids, with the exception of L-leucine, the content of which in the pasteurized wort saccharified by the mold fungus culture is also somewhat lower than in the pasteurized wort sample. It was determined that during pasteurization of the medium, its amino acid composition does not change significantly, but amino acids in the wort saccharified by the surface culture of the mold fungi *Aspergillus oryzae* are more exposed to temperature effects. The total content of amino acids in starch-containing media saccharified by malt and the surface culture of mold after pasteurization is relatively the same and is sufficient to provide amino nitrogen for yeast generation and fermentation.

Keywords: wort, amino acid composition of the medium, pasteurization, saccharification, alcohol yeast

For citation: Khokonova M.B., Sozaeva D.R., Begidov I.Y. Changing the composition of the medium during pasteurization of wort for the preparation of yeast in alcohol production. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):141–147. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-141-147

Введение. Современные технологии спирта должны базироваться на использовании концентрированного зернового сусла, способствующего повышению рентабельности производства, сокращению энергозатрат, снижению объемов образования послеспиртовой барды [1, 2]. Одна из важных задач производства спирта – повышение физиологической активности дрожжей с целью сокращения сроков дрожжегенерирования и брожения [3].

Для обеспечения стабильных процессов генерации дрожжей и спиртового брожения необходимо подобрать условия подготовки концентрированного зернового сусла, асимилированного дрожжевыми клетками. При этом немаловажную роль играют физиологически активные расы спиртовых дрожжей, которые должны обладать высокой осмофильностью [4].

Подготовка среды определенного качества – основной момент непрерывного процесса дрожжегенерации. Необходимое количество питательных веществ обеспечивает нормаль-

ную жизнедеятельность дрожжей при отсутствии посторонней микрофлоры.

Для ведения дрожжей на пастеризованном сусле важно изменение аминокислотного состава среды после пастеризации [5, 6]. Проведены определения содержания аминокислот в сусле до и после пастеризации методом адсорбции, на колонках, заполненных ионообменной смолой с последующим вымыванием этиловым спиртом [7].

Целью работы являлось определение изменений аминокислотного состава среды спиртового сусла до и после пастеризации, осахаренных солодом и поверхностной культурой плесени.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились в 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 *Aspergillus oryzae*.

Адсорбция проводилась на двух колонках: 1-я колонка 0,6×150 см, заполненная ионообменной смолой Dowex 50×12×200×400 м; фракция 40±7 м; скорость протекания среды 12–15 мл/час; температура 50 °±0,5 °С; 2-я колонка 0,6×15 см, заполненная смолой Dowex 50×12×200×400 м; фракция 20±5 м; скорость протекания среды 26–30 мл/час; температура 50 °±0,5 °С.

Исследовали кукурузное сусло, осахаренное в первом варианте смесью солодов (ячмень 35, овес 35, просо 30%); во втором – поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*.

Концентрация суслу в обоих случаях была до пастеризации 16,2 ° по сахарометру; кислотность 0,2 °; рН 5,2.

После пастеризации концентрация суслу была в обоих вариантах 16,1 °; кислотность 0,2 °Д; рН 5,2.

Основные аминокислоты вымывались 0,35 н нитратным буфером с рН 5,28.

Результаты исследования. По результатам исследований проанализировали спиртовое сусло на содержание аминокислот до и после пастеризации (табл. 1).

Таблица 1. Изменение аминокислотного состава среды при пастеризации
Table 1. Changes in the amino acid composition of the medium during pasteurization

Аминокислота	Характеристика образцов							
	осахаривание солодом				осахаривание поверхностной культурой			
	до пастеризации, τ/мл	к общему количеству, %	после пастеризации, τ/мл	к общему количеству, %	до пастеризации, τ/мл	к общему количеству, %	после пастеризации, τ/мл	к общему количеству, %
Аспарагиновая кислота	112,0	8,53	108,3	9,61	129,0	8,51	94,2	8,44
Треонин	56,4	4,29	31,1	2,76	82,5	5,44	79,1	7,10
Серин	52,3	3,98	53,6	4,75	84,0	5,54	71,1	6,40
Глютаминовая кислота	109,3	8,32	136,2	12,09	158,0	10,40	95,8	8,60
Пролин	36,2	2,76	33,4	2,96	57,2	3,77	55,0	4,93
Глицин	99,1	7,54	86,2	7,65	120,8	7,96	86,7	7,77
Аланин	127,0	9,68	116,6	10,34	135,1	8,90	48,2	4,32
Цистеин	16,7	1,27	9,8	0,87	24,1	1,58	11,8	1,06
Валин	80,6	6,14	51,0	4,53	80,0	5,27	78,7	7,05
Метионин	22,0	17,3	15,3	1,36	23,7	1,56	24,5	2,20
L-лейцин	145,7	11,10	119,2	10,57	137,5	9,06	117,9	10,57
Лейцин	52,9	3,98	54,7	4,86	78,5	5,17	51,2	4,58
Тирозин	49,2	3,75	42,6	3,78	53,7	3,53	56,1	5,02
Фенилаланин	60,3	4,59	48,7	4,33	81,1	5,35	71,4	6,40
Лизин	100,0	7,62	62,0	7,30	55,9	3,68	38,0	3,40
Гистидин	96,6	7,28	62,0	5,50	73,5	4,85	50,6	4,53
Аргинин	97,7	7,44	76,0	6,74	143,0	9,43	85,0	7,62
Итого	1313,2	100	1126,7	100	1517,6	100	1115,2	100

Пастеризация суслу, осахаренного различными агентами, сказывается в большей степени на среде, осахаренной поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*. В этом

случае при пастеризации теряется 26,5% аминокислот, в то время как в осахаренном солодом сусле 14,2%.

В непастеризованном сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов, содержание аминокислот превышает на 16% содержание их в сусле, осахаренном солодом; в пастеризованном сусле оно снижается за счет процесса пастеризации на 26,5%, и содержание аминокислот становится почти одинаковым в обоих вариантах осахаривания. Существенная разница в убыли аминокислот, а следовательно и аминного азота, при пастеризации объясняется возможностью возникновения реакции меланоидинообразования, условия для которой лучше при осахаривании поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*, производящей более глубокое и сложное расщепление углеводов на сахара, которые вступают в реакцию с аминокислотами, образуя меланоидины [8, 9].

Значительную долю в составе аминокислот составляют основные кислоты – лизин, гистидин, аргинин, общее содержание которых 18–22,3%.

Пастеризация среды существенно не меняет содержания в ней метионина и цистеина.

При пастеризации среды аминокислотный состав его существенно не изменяется, однако температурному воздействию больше подвергаются аминокислоты в сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*.

Общее содержание аминокислот в крахмалсодержащих средах, осахаренных солодом и поверхностной культурой, плесени, по-

сле пастеризации сравнительно одинаково и достаточно для обеспечения аминным азотом дрожжегенерации и брожения.

Меланоидины в питательной среде отрицательно влияют на размножение дрожжей и брожение [10].

В процессе термической обработки сред для дрожжегенерации при 75 °С в течение 30 мин. имеет значение изменение содержания меланоидинов в процессе пастеризации. Содержание меланоидинов в сусле до и после пастеризации определяется по количеству в среде азота меланоидинов [11–13].

Метод основан на предварительном удалении белковых веществ и осаждении меланоидинов гидратом окиси меди с последующей минерализацией и количественным определением азота по Кьельдалю.

Содержание азота рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{0,14 \cdot 1000(A - B)}{12,5} = 11,2(A - B),$$

где

A – количество 0,01 н раствора H₂SO₄, взятого для улавливания аммиака при отгонке, мл;
B – количество 0,01 н раствора NaOH, взятого на титрование раствора H₂SO₄, мл.

По полученным данным, содержание азота меланоидинов в пастеризованном сусле существенно отличается от содержания его в непастеризованном сусле (табл. 2).

Таблица 2. Изменение содержания азота меланоидинов при пастеризации сусла
Table 2. Changes in the content of melanoidin nitrogen during pasteurization of wort

Анализируемая среда	Осахаривающий агент	Концентрация сусла до и после пастеризации, °Б	Содержание азота меланоидинов, τ/мл		
			до пастеризации, τ/мл	после пастеризации, τ/мл	увеличение содержания азота меланоидинов, %
Сусло кукурузное	Смесь солодов (ячмень + овес + просо)	16,0	123,2	145,6	14,8
	Поверхностная культура	16,0	117,6	143,4	22,1
Сусло ячменное	Поверхностная культура	16,0	89,6	123,2	37,0
	Смесь солодов (ячмень + овес + просо)	16,0	89,6	112,0	25,0

Содержание азота меланоидинов увеличивается в среде после пастеризации на 14,8–37,0%. В сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*, количество азота меланоидинов выше, чем при осахаривании смесью солодов, на 7,3–12%.

В таблице 3 показана убыль вышперечисленных кислот при пастеризации сусла, осахаренного солодом и поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*.

Таблица 3. Убыль аминокислот при пастеризации сусла
Table 3. Depletion of amino acids during pasteurization of wort

Аминокислота	Содержание, т/мл					
	осахаривание сусла солодом			осахаривание сусла поверхностной культурой		
	до пастериза- ции	после пастериза- ции	убыль	до пастериза- ции	после пастериза- ции	убыль
L-лейцин	145,7	119,2	26,5	137,5	117,9	19,6
Глицин	99,1	86,2	12,9	120,8	86,7	34,1
Аланин	127,0	116,6	10,4	135,1	48,2	86,9
Аспарагиновая кислота	112,0	108,3	3,7	129,0	94,2	34,8
Глутаминовая кислота	109,3	136,2	26,9	158,0	95,8	62,2
Аргинин	97,7	76,0	21,7	143,0	85,0	58
Итого	690,8	642,5	48,3	823,4	527,8	295,6

Тенденция к убыли наблюдается у всех шести кислот, за исключением L-лейцина, содержание которого в пастеризованном сусле, осахаренном культурой плесневого гриба, тоже несколько ниже, чем в пробе с пастеризованным суслом, осахаренным солодом (на 1,3 т/мл).

Пентозы, имеющие место при осахаривании культурами плесневых грибов, являются хорошими реагентами с аминокислотами для образования меланоидинов; увеличение содержания в среде азота меланоидинов объясняет прямую зависимость убыли аминокислот при пастеризации сусла, особенно при осаха-

ривании поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*.

Выводы. При пастеризации среды аминокислотный состав его существенно не изменяется, однако температурному воздействию больше подвергаются аминокислоты в сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*. Общее содержание аминокислот в крахмалсодержащих средах, осахаренных солодом и поверхностной культурой плесени, после пастеризации примерно одинаково и достаточно для обеспечения аминным азотом дрожжегенерацию и брожение.

Список литературы

1. Метод переработки крахмалсодержащего сырья при получении концентрированного зернового сусла / В. И. Степанов, Л. В. Римарева, В. В. Иванов, А. Ю. Шариков // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2007. № 3. С.16-17. EDN: IAMNFB
2. Поляков В.А. Разработка инновационных ресурсосберегающих технологий для спиртовой промышленности // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2013. № 1. С. 19–25. EDN: SDZDCN
3. Калужина О. Ю. Изучение способа активации спиртовых дрожжей // Пиво и напитки. 2017. № 1. С. 30–32. EDN: YKNDRH

4. Особенности селекционированных рас спиртовых дрожжей с осмофильными и термотолерантными свойствами / Л. В. Римарева, М. Б. Оверченко, Н. И. Игнатова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 10, С. 29–34. EDN: XCTARX
5. Меледина Т. В., Давыденко С. Г., Васильева Л. М. Физиологическое состояние дрожжей: учеб. пособие. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2013. 46 с. EDN: ZVDDZH
6. 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.
7. 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
8. 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
9. Хоконова М. Б., Цагоева О. К. Качественные показатели зерновых заторов, осахаренных ферментами глубинной культуры солода // Актуальная биотехнология. 2019. № 3(30). С. 244–248. EDN: UHGQ SJ
10. Биохимия / под. ред. Е. С. Северина. 5-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 316 с.
11. Нечаев А. П., Шуб И. С., Аношина О. М. Технология пищевых производств / под. ред. А. П. Нечаева. Москва: КолосС, 2005. 768 с.
12. Качмазов Г. С. Дрожжи бродильных производств: практическое руководство. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 224 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://e.lanbook.com>
13. Фараджева Е. Д., Федоров В. А. Общая технология бродильных производств: учеб. пособие. Москва: Колос, 2002. 408 с.

References

1. Stepanov V.I., Rimareva L.L.V., Ivanov V.V., Sharikov A.Yu. Method of starch-containing raw material processing in technology of reception of the concentrated grain mash. *Manufacture of alcohol and liqueur & vodka products*. 2007;(1):16-17. (In Russ.). EDN: IAMNFB
2. Polyakov V.A. Razrabotka innovacionnyh resursosberegayushchih tekhnologij dlya spirtovoj promyshlennosti. *Technologies of the food and processing industry of AIC – healthy food* 2013;(1):19–25. (In Russ.). EDN: SDZDCN
3. Kaluzhina O.Yu. Researching of activating of alcohol yeast. *Beer and beverages*. 2017;(1):30–32. (In Russ.). EDN: YKNDRH
4. Rimareva L.V. Overchenko M.B., Ignatova N.I. [et al.]. Features of selected races of alcohol yeast with osmophilic and thermotolerant properties. *Storage and processing of farm products*. 2016;(10):29–34. (In Russ.). EDN: XCTARX
5. Meledina T.V., Davydenko S.G., Vasil'eva L.M. *Fiziologicheskoe sostoyanie drozhzhej: ucheb. Posobie* [Physiological state of yeast: textbook]. Saint Peterburg: Universitet ITMO, 2013. 48 p. (In Russ.)
6. 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.)
7. Khokonova M.B. Application of enzyme preparations in the production brewing malt. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2016;1(11):50–54. (In Russ.). EDN: ZCRGPJ
8. 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. EDN: CJYQIL
9. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of grain mashes saccharified with enzymes of deep malt culture. *Aktual'naya biotekhnologiya*. 2019;3(30):244–248. (In Russ.). doi: 10.20914/2304-4691-2019-3-244-248. EDN: UHGQ SJ
10. *Biokhimiya* [Biochemistry]. Edited by E.S. Severin. Moscow: GEOTAR-Media, 2008. 316 p. (In Russ.)
11. 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.)

12. Kachmazov G.S. *Drozhzhi brodil'nykh proizvodstv: prakticheskoye rukovodstvo* [Fermentation yeast: a practical guide]. Saint Petersburg: Lan', 2012. 224 p. [Electronic resource]. Access mode: <http://e.lanbook.com> (In Russ.)

13. Faradzheva E.D., Fedorov V.A. *Obshchaya tekhnologiya brodil'nykh 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, доцент, 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

Созаева Джамиля Расуловна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов общественного питания и химия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код:2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Бегидов Инал Юрьевич – магистрант 1-го года обучения, направление подготовки «Агрономия», направленность «Технология производства и переработки растениеводческой продукции», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

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

Dzhamilya R. Sozaeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Public Catering Products and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN code: 2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Inal Y. Begidov – 1st year master's student, field of study Agronomy, focus Technology of production and processing of plant products, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

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

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 20.05.2025;
принята к публикации 27.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 20.05.2025;
accepted for publication 27.05.2025.*