

УДК 663.51

# Исследование физико-химических показателей осахаренного сусла для получения спирта-виски

**А. В. Коростелев**, аспирант; **И. В. Новикова**, канд. техн. наук;  
**С. В. Востриков**, д-р техн. наук, профессор  
Воронежская государственная технологическая академия

**Ключевые слова:** зернопродукты, осахаренное сусло, физико-химические показатели, зерновые композиции

Регламент Совета ЕЭС № 1576/89 от 29.05.89 предусматривает применение в производстве виски соложеного или несоложеного сырья, ферментов солода [1, 2]. Нормативная документация, разработанная в России, включает применение ржи, кукурузы и соложеного ячменя в качестве осахаривающего средства, в виде солодового молока (Технологическая инструкция по ликероводочному производству, 1981), с добавлением ароматизаторов и древесных экстрактов [3]; соложеного зерна ячменя и ржи [4]; зерна пшеницы, ячменя, ржи (ТУ 9181-455-00008064-03).

Основная цель исследования — приготовление и анализ осахаренного сусла для виски из различных видов зернопродуктов — сухих солодов, кукурузы, ржи и пшеницы.

Для проведения экспериментов с целью варьирования органолептических свойств образцов изделий были выбраны различные композиции зернопродуктов — соложеное и несоложеное сырье по аналогии с составом сусла для некоторых солодовых, зерновых и смешанных напитков [1, 5]:

образец 1 — ячменный солод;

образец 2 — ячменный солод:кукуруза — в соотношении 1:1 по массе;

образец 3 — ячмень:рожь:кукуруза — в соотношении 1:1:1 по массе;

образец 4 — ячменный:ржаной:пшеничный солоды — в соотношении 1:1:1 по массе;

образец 5 — ячменный:пшеничный солоды — в соотношении 1:1 по массе;

образец 6 — ячменный:ржаной солоды — в соотношении 1:1 по массе;

образец 7 — ячменный:ржаной солоды:кукуруза — в соотношении 1:1:1 по массе;

образец 8 — ячменный солод:пшеница — в соотношении 1:1.

При получении осахаренного сусла в производстве виски в зависимости от доли соложеного и несоложеного сырья в композиции зернопродуктов применяют две основные технологии [1]. В первом случае особенность технологии заключается в действии собственных ферментов солодового сырья.

В этом случае затирание осуществляют аналогично получению пивного сусла, величины амилолитической (АС) и осахаривающей (ОСп) активностей солодов должны обеспечивать нормативный выход экстрактивных веществ в сусле. Во втором случае при повышенном количестве несоложеного сырья (более 20%) возникает необходимость применения микробных ферментных препаратов для увеличения выхода спирта-виски.

Затирание зернопродуктов проводили с помощью лабораторной установки по настольному способу для соложеного сырья и по способу совместного затирания, принятому в пивоварении, — при использовании несоложеного сырья и ферментных препаратов, без стадий фильтрования затора и кипячения сусла [6].

Для приготовления замеса из солодового сырья (образцы 1, 4, 5, 6) применяли настольный способ затирания зернового сырья. Амилолитическая активность и осахаривающая способность ферментов солода позволяют проводить процесс приготовления сусла без использования микробных ферментных препаратов с целью достижения требуемой полноты осахаривания.

Сырье (солоды) измельчали на лабораторной мельнице (степень помола 85–90%), смешивали с водой при температуре 37...40 °С в соотношении 1:4, перемешивали в течение 20 мин, поднимали температуру до 50...52 °С и проводили паузу в течение 20 мин для протеолиза белковых веществ. Затем температуру затора повышали до 62...64 °С со скоростью 1 °С в минуту и при этой температуре выдерживали 10–30 мин (мальтозная пауза). Далее при перемешивании температуру затора повышали до 70...72 °С для окончательного осахаривания. Окончание процесса контролировали по йодной пробе. Осахаренный затор нагревали до 75 °С и переносили на охлаждение до температуры складки.

В случае использования в качестве несоложеного сырья ржи, пшеницы и кукурузы, содержание которых в зерновой смеси ва-

рьировалось от 33,3 до 50,0% (образцы 2, 3, 7, 8), применяли модифицированный режим совместного затирания: в заторном аппарате при 45 °С одновременно затирали все количество дробленого солода, несоложеного сырья (степень помола 85–90%) и 5/6 части ферментных препаратов — источника  $\alpha$ -амилазы — Термозим 1000L (продуцент *Bacillus licheniformis*) из расчета 2 ед/г крахмала, а также комплексного ферментного препарата, обладающего цитолитической,  $\beta$ -глюканазной, ксиланазной активностью, ВискоСтар 150 Л (продуцент *Trichoderma longibranchiatum*) из расчета 0,5 ед/г. При необходимости затор подкисляли молочной кислотой до pH 5,5–5,7. Затор выдерживали при 45 °С в течение 15–20 мин, затем подогревали до 52 °С, выдерживали 30 мин, после чего нагревали до 65 °С, вносили ферментный препарат — источник глюкоамилазы — Глюкогам (продуцент *Aspergillus niger*) из расчета 9 ед/г крахмала. Через 10 мин прекращали перемешивание, отстаивали затор при этой температуре в течение 30 мин и с помощью декантера отбирали жидкую часть затора в другой заторный аппарат (для того, чтобы предотвратить инактивацию ферментов при дальнейшем кипячении затора), густую часть затора нагревали до 70 °С, выдерживали в течение 30 мин для осахаривания, нагревали до кипения, кипятили в течение 30 мин.

Жидкую и густую части затора соединяли в одном заторном аппарате, получая температуру общего затора 73 °С, добавляли оставшуюся часть ферментных препаратов амилолитического и цитолитического действия, выдерживали затор до полного осахаривания под влиянием ферментов, сохранившихся в жидкой части затора и имеющихся в последней порции ферментных препаратов. Затем затор нагревали до 76...78 °С и переносили в передаточную емкость для охлаждения до температуры складки 28...30 °С.

Пробы сусла фильтровали через плотную хлопчатобумажную ткань, в прозрачном

фильтрате определяли концентрацию сухих веществ с помощью сахаромера, редуцирующих веществ (РВ), аминного азота, титруемую кислотность и полноту осахаривания (по йодной пробе).

В образцах суслу, приготовленных настольным способом из смеси солодов, окраска суслу с йодом не менялась, при комплексном осахаривании ферментными препаратами плесневых грибов окраска оставалась сине-фиолетовой и исчезала при брожении суслу [7].

В сусле содержится смесь простых и сложных углеводов. Основное количество образовавшегося при затирании экстракта состоит из сахаров (мальтозы, мальтотриозы, глюкозы), которые дополняются дисахаридами зернового сырья (сахарозой, фруктозой). Так, в сусле кроме мальтозы присутствуют глюкоза, мальтоподобные сахара с 3–6 остатками молекул глюкозы и низкомолекулярные декстрины. Эти продукты гидролиза крахмала значительно различаются по молекулярной массе, но все имеют по одной свободной альдегидной группе. Мальтоза составляет основную часть сбраживаемых углеводов суслу, ее содержание в сусле предопределяет максимально возможное накопление алкоголя при брожении.

Критериями оценки влияния различных факторов на качество осахаренного суслу, полученного различными способами, были выбраны следующие физико-химические параметры — массовое содержание сухих веществ в сусле, %; содержание аминного азота в сусле, мг/100 см<sup>3</sup>; содержание редуцирующих веществ (РВ), г/100 см<sup>3</sup>.

Содержание редуцирующих веществ (РВ) в образцах суслу определяли йодометрическим методом, количество аминного азота — медным способом, кислотность суслу — титрованием раствором NaOH с концентрацией 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, массовую долю сухих веществ

контролировали с помощью сахаромера. Результаты исследования показаны на рис. 1.

Наибольшее содержание сухих веществ составило 18,8%, редуцирующих веществ — 14,50 г/100 см<sup>3</sup>, аминного азота — 16,10 мг/100 см<sup>3</sup> в образце 6, приготовленном из ячменного и ржаного солодов. Общее содержание РВ в образце 6 составило 77,1%.

Физико-химические показатели образцов осахаренного суслу, полученных модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных препаратов, представлены на рис. 2.

Наибольшее содержание сухих веществ составило в образце 7—18,2%, редуцирующих веществ — 13,90 г/100 см<sup>3</sup>, аминного азота — 14,85 мг/100 см<sup>3</sup>, приготовленном из ячменного, ржаного солодов и кукурузы.

Титруемая кислотность образцов суслу составила 1,96–2,80 см<sup>3</sup> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> NaOH, что соответствует нормативным значениям при соответствующей микробиологической чистоте процесса осахаривания.

На содержание сухих веществ в сусле из соложенного и несоложенного сырья наибольшее влияние оказывает содержание в затопе кукурузной крупки. Кукуруза обладает наибольшей величиной экстрактивности по сравнению с другими видами зерна, что объясняется высокой крахмалистостью [8].

Содержание аминного азота максимально в присутствии в сусле ржаного солода, так как особенностью зерна ржи является повышенное содержание незаменимых аминокислот.

Таким образом, наибольшее содержание редуцирующих веществ (РВ) и аминного азота наблюдали в образце 6, приготовленном из ячменного и ржаного солодов настольным способом, а также в образце 7 из ячменного и ржаного солодов и кукурузы.

При сравнении образцов, приготовленных только из соложенного сырья, а также

из солодов и кукурузы, можно отметить, что содержание редуцирующих веществ, в том числе мальтозы, выше в образце 6 (ячменный, ржаной солоды) — 14,5 г/100 см<sup>3</sup>, чем в образце 7 (ячменный, ржаной солоды, кукуруза) — 13,9 г/100 см<sup>3</sup>.

Также при осахаривании с применением солодов в сусле накапливаются продукты гидролиза не только крахмала (низшие углеводы и декстрины), но и белков (аминокислоты и пептиды). Значительное количество аминокислот образуется под действием протеолитических ферментов уже во время солодоращения и переходит в сусле путем экстрагирования. В результате сусле содержит достаточное количество углеводов и аминокислот для нормальной жизнедеятельности дрожжей. В связи с этим в образце 6, приготовленном настольным способом, содержание аминного азота (16,10 мг/100 см<sup>3</sup>) выше, чем в образце 7, приготовленном с использованием микробных ферментных препаратов (14,85 мг/100 см<sup>3</sup>), в применяемом ферментном препарате отсутствовали ферменты протеолитического действия.

Углеводный состав осахаренного суслу имеет первостепенное значение для получения из него спирта-виски с заданными свойствами. От содержания сбраживаемых углеводов в сусле зависит предельно возможное накопление этилового спирта при сбраживании. При ферментативном гидролизе крахмала  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы солода расщепляют  $\alpha$ -1,4-гликозидные связи в молекуле крахмала, образуя преимущественно мальтозу, а также декстрины и небольшое количество мальтотриозы и глюкозы.

Изучали содержание глюкозы, мальтозы, мальтотриозы, декстринов в образцах суслу с помощью газовой хроматографии.

Диаграммы углеводного состава образцов суслу, приготовленных различными способами, представлены на рис. 3–8.

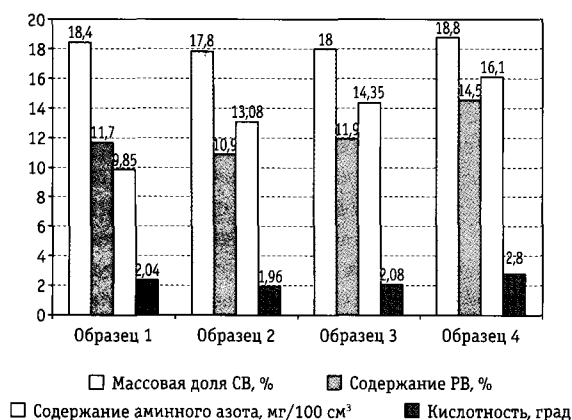


Рис. 1. Физико-химические показатели образцов суслу, полученных настольным способом

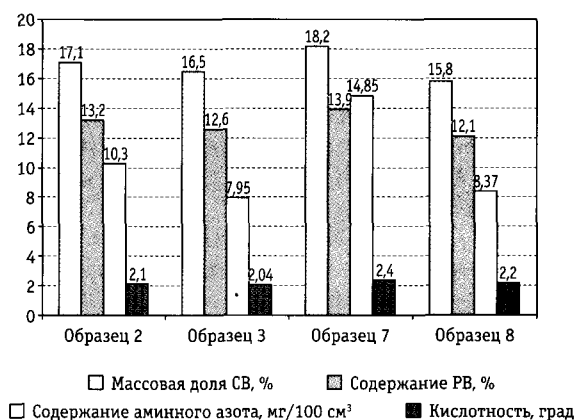


Рис. 2. Физико-химические показатели образцов суслу, полученных модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных препаратов

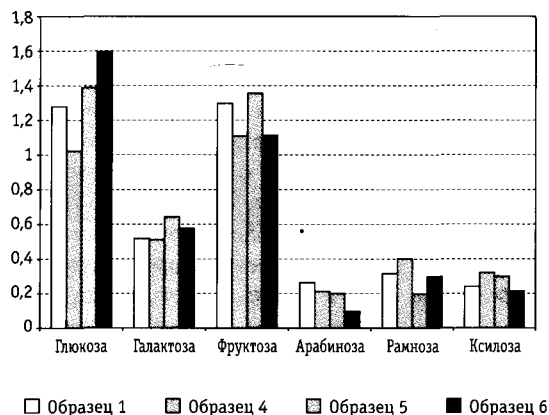


Рис. 3. Содержание моносахаридов в образцах сула, полученных настойным способом

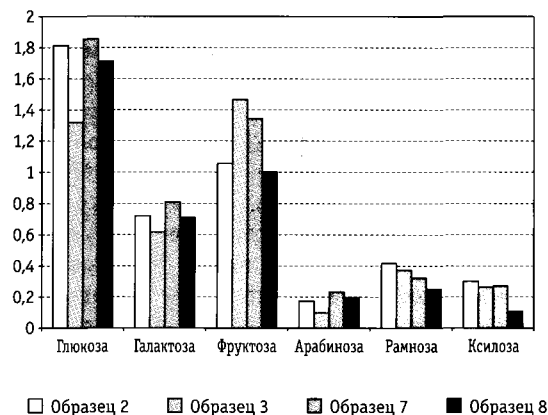


Рис. 4. Содержание моносахаридов в образцах сула, полученных модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных препаратов

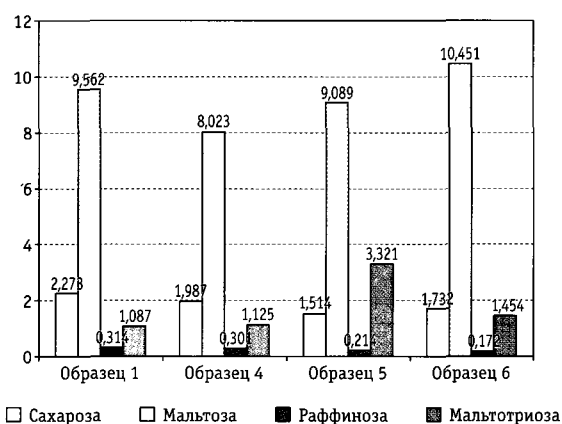


Рис. 5. Содержание ди- и трисахаридов в образцах сула, полученных настойным способом

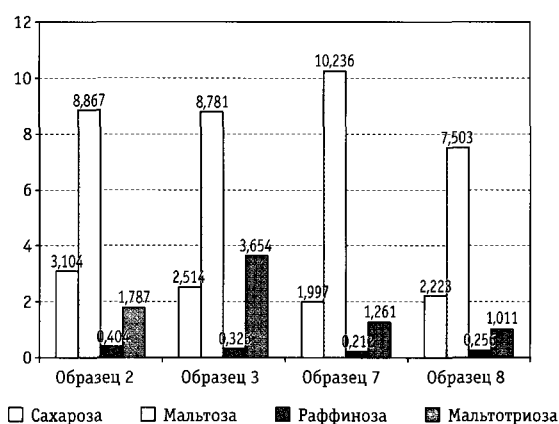


Рис. 6. Содержание ди- и трисахаридов в образцах сула, полученных модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных препаратов

Наибольшее количество глюкозы наблюдали в образце 6 из ячменного и ржаного солодов; галактозы — в образце 5 (смесь ячменного и пшеничного солодов); фруктозы — в образце 1 (ячменный солод), образце 5; арабинозы — в образце 1; рамнозы — в образце 4 (смесь ячменного, ржаного, пшеничного солодов); ксилозы — в образцах 4 и 5.

Количество глюкозы, галактозы, арабинозы максимально в образце 7, приготовленном из ячменного, ржаного солодов и кукурузы; фруктозы — в образце 3 (ячмень, рожь, кукуруза); рамнозы и ксилозы — в образце 2 (ячменный солод и кукуруза).

Диаграммы состава ди- и трисахаридов образцов сула представлены на рис. 5, 6.

В процессе приготовления сула стремятся накопить мальтозу в количестве, достаточном для достижения объемной доли этанола в бражке.

Содержание мальтозы в образце 6 (ячменный, ржаной солоды) максимально и

составляет 55,6% от общего содержания СВ сула, 72,1% от общего содержания РВ сула; наибольшее содержание сахарозы и раффинозы наблюдали в образце 1–2,27 и 0,31% соответственно. Мальтотриоза сбраживается спиртовыми дрожжами *Sacc. cerevisiae*, сильносбраживающими штаммами пивных дрожжей. Наибольшее содержание мальтотриозы — в образце 5 (ячменный, пшеничный солоды). Минимальное содержание раффинозы — в образцах 5 и 6. Раффиноза лишь на 1/3 сбраживается расами дрожжей, которые применяются в производстве виски.

Наибольшее количество мальтозы содержится в образце 7 (ячменный, ржаной солоды, кукуруза), что составляет 55,7% от общего количества сухих веществ сула и 73,7% от общего количества РВ сула. Максимальное содержание сахарозы наблюдали в образце 2 (ячменный солод и кукуруза), мальтотриозы — в образце 3 (ячмень, рожь, кукуруза); минимальное содержание раффинозы — в

образцах 7 и 8 (ячменный солод и пшеница), максимальное — в образце 2.

Методом газовой хроматографии определяли также содержание поли- и олигосахаридов в образцах сула, полученных различными способами. Результаты исследования представлены на рис. 7, 8.

Наибольшее содержание пектиновых веществ наблюдали в образце 4 (ячменный, ржаной, пшеничный солоды), наименьшее — в образце 6 (ячменный, ржаной солоды); максимальное содержание декстринов — в образце 1 (ячменный солод). Минимальное содержание декстринов было выявлено в образце 4 (ячменный, ржаной, пшеничный солоды), что связано с качественным проведением процессов проращивания солодов и вследствие этого высокой амилолитической активностью и осаживающей способностью пшеничного солода. В образце 6 (ячменный и ржаной солоды) количество декстринов составило 10% от количества сбраживаемых углеводов сула (в спирто-

вой промышленности допускается содержание декстринов в сусле не более 1/3 от общего содержания сбраживаемых компонентов [7].

Количество пектиновых веществ в образце 2 (ячменный солод, кукуруза) — максимальное, сниженное количество пектинов наблюдали в образце 7 (ячменный, ржаной солоды, кукуруза). Наибольшее содержание декстринов — в образце 3 (ячмень, рожь, кукуруза) — 9,8% от общего количества сбраживаемых веществ.

Содержание гемицеллюлоз в образцах суслу (рис. 7, 8) в зависимости от состава сырья меняется незначительно и составляет 0,034–0,071%, что свидетельствует об удовлетворительной цитолитической активности ферментов солодов и подтверждает

необходимость применения комплексного ферментного препарата, обладающего цитолитической, β-глюканазной, ксиланазной активностью, ВискоСтар 150 Л в случае приготовления суслу с повышенным количеством несоложенного сырья [8].

Наиболее полно результаты идентификации углеводного комплекса образцов суслу, полученных настойным способом и модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных препаратов, представлены в сводной табл. 1.

Помимо данных, приведенных на рис. 3–8, в таблице представлены значения содержания в образцах суслу для виски галактуроновой, глюкуроновой кислот, тетрасахарида стахиозы, гемицеллюлоз фракции Б.

В процессе брожения вначале сбраживаются фруктоза, глюкоза, сахароза, мальтоза, затем мальтотриоза, декстрины не сбраживаются. Мальтоза тем интенсивнее сбраживается, чем меньше концентрация простых углеводов в сусле. Анализ углеводного комплекса образцов суслу, приготовленных настойным способом и модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных препаратов, показал, что во всех образцах суслу содержатся моно-, дисахариды (сбраживаемые компоненты), содержание редуцирующих веществ, в том числе мальтозы, 13,9–14,5%, что является достаточным для накопления в бражке нормативного содержания этилового спирта, количество несбраживаемых компонентов суслу — декстринов — не выше 10% от общего

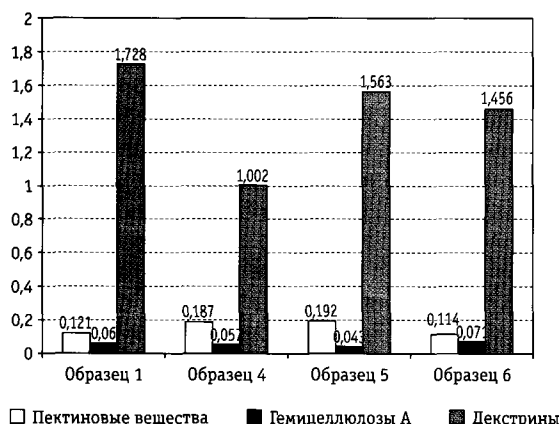


Рис. 7. Содержание поли- и олигосахаридов в образцах суслу, полученных настойным способом

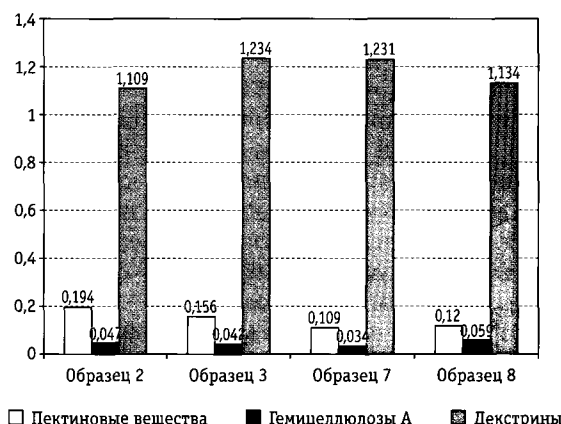


Рис. 8. Содержание поли- и олигосахаридов в образцах суслу, полученных модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных препаратов

Таблица 1

Содержание углеводов, %	Углеводные комплексы по образцам							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
<b>Моносахариды</b>								
Глюкоза	1,279	1,814	1,321	1,023	1,389	1,598	1,856	1,712
Галактоза	0,519	0,720	0,618	0,512	0,642	0,576	0,809	0,712
Фруктоза	1,298	1,056	1,466	1,109	1,356	1,112	1,345	1,001
Арабиноза	0,264	0,174	0,098	0,213	0,201	0,098	0,234	0,197
Рамноза	0,317	0,417	0,374	0,401	0,198	0,298	0,324	0,252
Ксилоза	0,241	0,301	0,264	0,321	0,301	0,214	0,271	0,107
Галактуроновая кислота	0,047	0,037	0,023	0,056	0,087	0,109	0,116	0,082
Глюкуроновая кислота	0,030	0,030	0,014	0,037	0,045	0,074	0,045	0,0053
<b>Ди- и трисахариды</b>								
Сахароза	2,273	3,104	2,514	1,987	1,514	1,732	1,997	2,223
Мальтоза	9,562	8,867	8,781	8,023	9,089	10,451	10,236	7,503
Раффиноза	0,314	0,404	0,325	0,301	0,214	0,172	0,212	0,256
Мальтотриоза	1,087	1,787	3,654	1,125	3,321	1,454	1,261	1,011
<b>Тетрасахариды</b>								
Стахиоза	0,042	0,097	0,085	0,046	0,087	0,067	0,048	0,056
<b>Поли- и олигосахариды</b>								
Пектиновые вещества	0,121	0,194	0,156	0,187	0,192	0,114	0,109	0,120
Гемицеллюлозы А	0,060	0,047	0,042	0,057	0,043	0,071	0,034	0,059
Гемицеллюлозы Б	0,023	0,0021	0,017	0,031	0,014	0,011	0,016	0,039
Декстрины	1,728	1,109	1,234	1,002	1,563	1,456	1,231	1,134

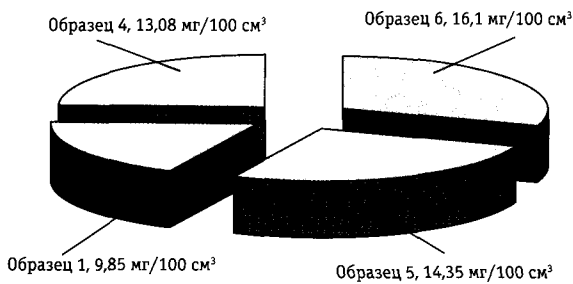


Рис. 9. Содержание аминного азота в образцах суслу, полученных настойным способом

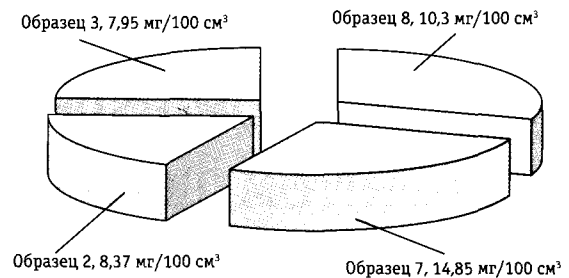


Рис. 10. Содержание аминного азота в образцах суслу, полученных модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных препаратов

Таблица 2

Измеряемые параметры	Ед. изм.	Образец суслу							
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Валин	г/100 г белка	2,87	2,46	2,91	3,12	3,16	3,07	2,98	3,45
Изолейцин	г/100 г белка	3,75	3,12	3,61	3,21	3,08	3,63	3,51	3,43
Лейцин	г/100 г белка	9,87	9,12	9,16	8,71	9,04	7,16	8,34	9,04
Лизин	г/100 г белка	2,23	2,15	2,64	2,83	2,12	2,45	2,56	2,14
Метионин + цистин	г/100 г белка	1,54	1,46	1,52	1,48	1,32	1,29	1,49	1,56
Треонин	г/100 г белка	3,21	3,12	3,26	3,57	3,04	3,36	3,48	3,01
Триптофан	г/100 г белка	0,89	0,82	0,87	0,92	0,89	0,81	0,78	0,91
Фенилаланин + тирозин	г/100 г белка	7,88	8,02	8,78	8,90	7,82	8,43	8,64	7,92
Аргинин	г/100 г белка	3,21	3,1	2,9	3,16	3,08	3,12	3,21	3,09
Гистидин	г/100 г белка	1,12	1,01	1,05	0,98	1,04	1,1	1,02	1,12

содержания сбраживаемого экстракта суслу. В дальнейшем это позволит получить планируемый выход спирта-виски и допустимый в производстве виски процент потерь несброженных углеводов после сбраживания суслу и дистилляции бражки.

Нормативное содержание аминного азота в сусле для производства виски положительно влияет на жизнедеятельность дрожжей и на их активность при брожении.

Количество аминного азота в образцах суслу контролировали «медным способом».

Изменение количества аминного азота в зависимости от состава зерновых композиций и способа получения суслу представлено на рис. 9, 10.

Максимальное содержание аминного азота 16,1 мг/100 см<sup>3</sup> суслу наблюдали в образце 6 (ячменный, ржаной солоды).

Максимальное содержание аминного азота, необходимого для питания дрожжей во время сбраживания суслу, в количестве 16,1 мг/100 см<sup>3</sup> суслу наблюдали в образце 7 (ячменный, ржаной солоды, кукуруза). На содержание аминного азота в сусле должна оказывать большое влияние первоначальная белковистость того или иного зернового продукта. Таким образом, сильное влияние на этот параметр количества ржаного солода объяснимо, так как содержание белка в ржаном солоде составило 12%.

Аминокислотный состав образцов суслу изучали с помощью жидкостной хроматографии.

Результаты исследования образцов представлены в табл. 2.

Установили наибольшее содержание незаменимых аминокислот, таких, как лизин, треонин, фенилаланин в образцах 3 (ячмень, рожь, кукуруза), 4 (ячменный, ржаной, пшеничный солоды), 6 (ячменный, ржаной солоды), 7 (ячменный, ржаной солоды, кукуруза). Данные свидетельствуют о наличии в зерне ржи более высокого содержания незаменимых аминокислот — лизина, треонина и фенилаланина — более ценных в питательном отношении для дрожжей, чем белки зерна других культур.

Исследовали основные физико-химические показатели образцов комбинированного суслу, приготовленного из различных зерновых композиций. Установили, что максимальное количество сбраживаемых редуцирующих веществ, в том числе мальтозы, аминного азота, необходимого для жизнедеятельности дрожжей при брожении, рациональный углеводный и аминокислотный состав, наблюдается в образцах настоев суслу 6 (приготовленного из смеси ржаного и ячменного солодов), 7 (приготовленного модифицированным способом совместного затирания с применением ферментных

препаратов из смеси ржаного, ячменного солодов и кукурузы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли, Э. Спиртные напитки. Особенности брожения и производства/Э. Ли, Д. Пиготт. — М.: Профессия, 2006. — 564 с.
2. Регламентация производства виски российского/П. П. Любченков [и др.]/Техника и технология. — 2006. — № 1. — С. 25–30.
3. Фараджева, Е. Д. Общая технология бродильных производств/Е. Д. Фараджева, В. А. Федоров. — М.: Дрофа, 2001. — 263 с.
4. К вопросу производства виски в России/Р. К. Гвелесиани, А. Ф. Писарницкий, Е. А. Жучкова и др./Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2005. — № 4. — С. 18.
5. Тузмухамедов, Э. Р. Виски мира — 3-е изд., перераб. и дополн./Э. Р. Тузмухамедов — М.: ЗАО «ББПГ» (Издательство ВВРГ), 2003. — 336 с.
6. Ермолаева, Г. А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков/Г. А. Ермолаева, Р. А. Колчева. — М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. — 416 с.
7. Технология спирта: учебник для вузов/В. Л. Яровенко, В. А. Маринченко, В. А. Смирнов и др.; под ред. В. Л. Яровенко. — М.: Колос, 2001. — 464 с.
8. Ермолаева, Г. А. Химико-технологический контроль производства солода и пива/Г. А. Ермолаева. — М.: Профессия, 2003. — 458 с.