

УДК 663.551.4

З. В. ВАСИЛЕНКО, Е. А. ЦЕД, А. А. МИРОНЦЕВА

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СТИМУЛЯТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОГО ЭТИЛОВОГО СПИРТА

Могилевский государственный университет продовольствия

(Поступила в редакцию 10.06.2009)

Одним из наиболее перспективных направлений развития современной спиртовой отрасли, обеспечивающих увеличение выхода этилового спирта из единицы крахмала затраченного сырья, является разработка способов интенсификации процесса сбраживания спиртового сусла, причем главную роль в новых биотехнологиях играет такой фактор, как повышение бродильной активности используемых в технологическом процессе дрожжевых клеток. Это позволяет не только получать продукт с заданными качественными показателями, но и существенно повышает без каких-либо дополнительных материальных затрат рентабельность всего производства в целом [1, 2]. Поэтому применение новых технологических решений, направленных на усиление метаболической активности дрожжевых клеток, приводящих к интенсификации процесса спиртового брожения, имеет, несомненно, большую научную и практическую значимость.

Известно, что бродильная активность спиртовых дрожжей зависит от их генетических особенностей, размеров и химического состава клеток, физиологического состояния культуры и ряда других факторов [3–5]. Кроме того, в жизнедеятельности дрожжевых клеток немаловажное значение играет химический состав питательной среды, используемой для их культивирования, и, в частности, содержание в ней углеводов, аминокислот, минеральных веществ, витаминов, необходимых для нормального функционирования дрожжевой клетки. Недостаток тех или иных веществ в питательном субстрате приводит к снижению бродильной активности дрожжей и затуханию процесса брожения. Более того, происходит изменение метаболизма дрожжевых клеток в сторону образования повышенных количеств побочных продуктов брожения, ухудшающих физико-химические и органолептические показатели получаемого этилового спирта [6, 7]. Таким образом, полноценность химического состава сусла в спиртовом производстве является одним из определяющих факторов, обеспечивающих рациональность технологического процесса и качество получаемой продукции.

Цель настоящей работы – исследование возможности применения в спиртовом производстве добавок растительного происхождения и определение степени их влияния на биохимические процессы при сбраживании спиртового сусла для установления эффективности их использования при производстве пищевого этанола.

Объекты и методы исследований. В Могилевском государственном университете продовольствия проводятся исследования по определению влияния различных технологических факторов на интенсивность спиртового брожения при производстве пищевого этилового спирта. В качестве объектов исследования были выбраны два вида добавок растительного происхождения (в дальнейшем технологических добавок) – зеленая часть растения амарант и ржаной ферментированный солод, которые представляют собой потенциальные источники комплекса биологически активных веществ и участвуют в обменных процессах дрожжевой клетки.

Амарант (*Amaranthus*) – это однолетнее, однодомное растение семейства амарантовых (*Amaranthaceae*), относящееся к классу щирицевых. В мире известно 65 родов и около 900 видов

амаранта, из которых выделяют сорные, зерновые, овощные и декоративные растения. Потенциал амаранта весьма значителен – его химический состав характеризуется определенным многообразием различного рода веществ, в первую очередь азотистых. В нем содержится большое количество белка и свободных аминокислот, что придает данному растению повышенную питательную ценность. Так, например, белок амаранта по принятой шкале качества оценивается в 100 баллов, тогда как белок сои лишь в 60 баллов. Общее содержание белка в зависимости от сорта может составлять от 11 до 18%. Наибольшая доля фракционного состава белка приходится на водорастворимую фракцию, содержание которой колеблется от 40 до 52% [8].

Амарант содержит весьма значительное количество свободных аминокислот, таких как глутаминовая кислота, лизин, серин, тирозин, пролин, фенилаланин. Кроме того, листовая часть богата витаминами: тиамин, рибофлавин, аскорбиновой кислотой, каротиноидами, токоферолами, макро- и микроэлементами. Благодаря высокой питательной ценности амарант выращивают в сельском хозяйстве и используют в виде кормовой добавки для животных [9].

В качестве второго объекта исследований был выбран ржаной ферментированный солод – полупродукт, используемый для производства концентрата квасного суслу и хлебного кваса [10]. Особенностью технологии получения ржаного ферментированного солода является ряд технологических операций, обеспечивающих не только синтез протеолитических и амилолитических ферментов в прорастающем зерне, но и их последующее гидролитическое воздействие на белковые вещества и крахмал зернового субстрата. Благодаря протекающим в солоде на стадии ферментации различным биохимическим процессам в нем накапливается повышенное количество аминокислот, низкомолекулярных углеводов, фосфосодержащих веществ, витаминов [11].

Таким образом, исследуемые технологические добавки по своему химическому составу характеризуются содержанием целого ряда биологически активных веществ, способных потенциально участвовать в регуляции и активации обмена веществ, применяемых микроорганизмов, что будет способствовать интенсификации процесса сбраживания спиртового субстрата.

При проведении исследований использовали водную вытяжку из амаранта, для чего измельченную листовую часть растения смешивали с водой температурой 50 °С в соотношении 1 : 10 и проводили двукратное настаивание при температуре 80 °С в течение 3 ч. Концентрация сухих веществ в полученной вытяжке составляла 5%. Аналогичным образом получали водную вытяжку из ржаного ферментированного солода, причем концентрацию сухих веществ в вытяжке также доводили до значения 5%.

Исследования проводили в условиях лаборатории кафедры «Технология пищевых производств» УО «Могилевский государственный университет продовольствия». Физико-химические показатели различных образцов суслу и зрелой бражки оценивали согласно Инструкции по технологическому и микробиологическому контролю спиртового производства.

Результаты и их обсуждение. Для определения влияния исследуемых технологических добавок на биохимические процессы, протекающие при сбраживании спиртового субстрата, в частности интенсивность спиртообразования, готовили ржаное суслу по механико-ферментативному способу: температура разваривания – 90 °С, время выдержки – 100 мин. После разваривания массу быстро охлаждали до температуры 56 °С и проводили осахаривание затора. В качестве разжижающего и осахаривающего средств использовали ферментные препараты Термамил SC и Сан-Экстра L при стандартных дозировках – 2 и 7 ед. активности на 1 г условного крахмала соответственно.

В первой серии опытов были проведены исследования по определению физико-химических показателей спиртового суслу (содержание сухих, редуцирующих, растворимых и общих сбраживаемых углеводов, аминного азота, титруемую кислотность) после внесения в него различных количеств – 1, 3, 5, 10% от объема суслу – водной вытяжки из амаранта. В качестве контроля служило суслу без добавления вытяжки.

Как свидетельствуют полученные экспериментальные данные (табл. 1), при добавлении в суслу водной вытяжки из амаранта происходило увеличение всех контролируемых показателей: содержание сухих веществ – на 0,6%, растворимых сбраживаемых углеводов – на 0,8%, редуцирующих веществ – на 0,12%, содержание аминного азота – в 2 раза; показатели общих сбраживаемых углеводов и титруемой кислотности практически не изменялись.

Таблица 1. Физико-химические показатели спиртового сусла с внесенными вытяжками из амаранта

Показатель	Контроль	Количество вносимой вытяжки, %			
		1	3	5	10
Сухие вещества, %	16,4	16,5	16,6	16,7	17,0
Растворимые сбраживаемые углеводы, %	14,2	14,4	14,88	15,0	15,2
Редуцирующие вещества, г/100 см ³	6,8	6,85	6,88	6,90	6,92
Общие углеводы, %	14,1	14,1	14,1	14,1	14,2
Аминный азот, мг/100 см ³	11,0	12,9	15,8	18,9	22,4
Титруемая кислотность, град	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

Следует отметить, что дрожжевые клетки весьма избирательны в отношении азотистого питания, необходимого им для осуществления процессов роста и размножения. Наиболее ценным и важным источником азота для дрожжей являются свободные аминокислоты. Из необходимого дрожжам азота 70% они ассимилируют в виде аминокислот, остальное – в виде аммония, амидного азота и некоторых пептидов, причем вначале брожения главную роль играет именно прямая ассимиляция аминокислот из сусла [3–5]. Поэтому азотный обмен дрожжей имеет большое практическое значение, так как скорость и эффективность брожения во многом определяется содержанием необходимого азота в сбраживаемом субстрате и, соответственно, в дрожжевых клетках [3, 4].

Наибольшее содержание аминного азота наблюдалось в сусле, содержащем 10% вытяжки из амаранта. По сравнению с контролем концентрация аминного азота в данном образце увеличилась практически в два раза. Более того, увеличение количества задаваемой вытяжки привело и к некоторому повышению содержания в сусле сухих веществ, сбраживаемых углеводов. Таким образом, внесение в спиртовое сусло водной вытяжки из амаранта позволяет обогатить его дополнительным количеством именно аминного азота и других веществ, необходимых для обеспечения активной жизнедеятельности дрожжей при спиртовом брожении сусла.

Во второй серии опытов аналогичным образом и в тех же дозировках в сусло задавали водную вытяжку из ржаного ферментированного солода. Полученные результаты (табл. 2) показали однотипную динамику изменения всех контролируемых показателей: увеличение количества вносимой вытяжки приводило к прямопропорциональному повышению концентрации сухих (на 0,8%) и редуцирующих веществ (на 1,5%), растворимых (на 1,3%) и общих углеводов (на 1,6%), аминного азота (на 94%), титруемой кислотности (на 0,1 град). Исходя из этого можно сделать вывод, что добавление в сусло вытяжки из ржаного ферментированного солода так же, как и в предыдущем случае, способствует обогащению его состава дополнительным количеством сбраживаемых углеводов и особенно аминного азота.

Представляло интерес исследовать динамику протекания биохимических процессов при брожении исследуемых образцов сусла в зависимости от вида вносимой растительной вытяжки и ее дозировки. С этой целью в опытные и контрольные образцы сусла вносили дрожжевую разводку в количестве 10% от объема сусла и осуществляли их сбраживание в течение 72 ч

Таблица 2. Физико-химические показатели спиртового сусла с внесенными вытяжками из ржаного ферментированного солода

Показатель	Контроль	Количество вносимой вытяжки, %			
		1	3	5	10
Сухие вещества, %	16,4	16,6	16,8	16,9	17,2
Растворимые сбраживаемые углеводы, %	14,2	14,5	15,0	15,4	15,7
Редуцирующие вещества, г/100 см ³	6,8	7,5	7,8	8,0	8,3
Общие углеводы, %	14,1	14,7	15,3	15,4	15,7
Аминный азот, мг/100 см ³	11,0	12,6	15,4	17,5	21,3
Титруемая кислотность, град	0,15	0,16	0,18	0,23	0,25

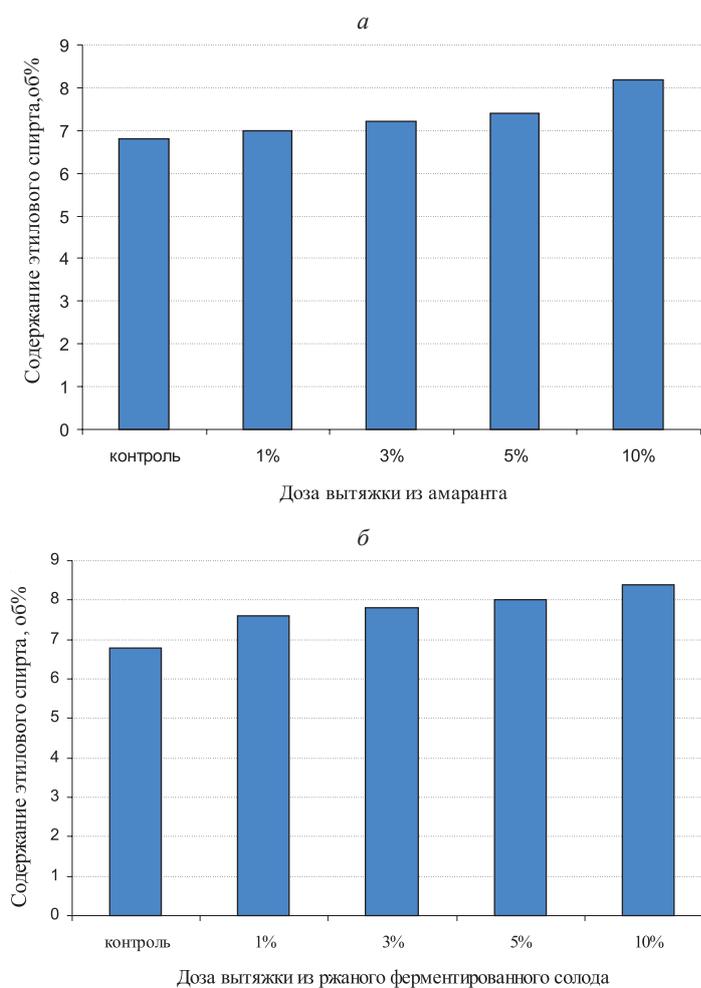


Рис. 1. Содержание этилового спирта в дистиллятах зрелых бражек в зависимости от дозы вытяжки из амаранта (а) и из ферментированного ржаного солода (б)

нологических добавок по отношению к контролю составил 20,5–24,5%. В производственных масштабах такое увеличение концентрации этанола будет способствовать значительному повышению рентабельности спиртового производства, так как при одних и тех же материально-энергетических затратах на приготовление сусле и его сбраживание и незначительных расходах на получение вытяжек обеспечивается более высокий выход готового продукта, что свидетельствует об экономической целесообразности применяемых технологических добавок при производстве пищевого этанола.

Наблюдаемый эффект стимуляции спиртообразования в сусле, содержащем исследуемые вытяжки, обусловлен, вероятно, наличием в них биологически активных веществ, в первую очередь аминокислот, находящихся в наиболее приемлемых для усвоения живым организмом формах, активно включающихся в клеточный метаболизм дрожжевых клеток. Из литературных источников известно, что дрожжи по-разному утилизируют аминокислоты [3]. Так, метионин при брожении используется полностью на 100%, глютаминовая кислота – на 82–83%, цистин – на 63%, пролин только на 14%. Можно предположить, что исследуемые технологические добавки являются источниками преимущественно тех аминокислот, которые в первую очередь утилизируются дрожжевыми клетками. Это, в свою очередь, дает возможность дрожжам увеличить количество своей биомассы при одновременном снижении расхода углеводов сусле на ее синтез. Данный факт подтверждается нашими исследованиями – при увеличении содержания в зрелых бражках концентрации этанола одновременно наблюдался и прирост биомассы дрожжей, который в образцах

при температуре 30 °С. Через каждые 24 ч процесс контролировали, определяя при этом следующие технологические показатели: содержание видимых и действительных сухих веществ, концентрацию этилового спирта, несброженных растворимых углеводов, титруемую кислотность, а также физиологическое состояние дрожжевых клеток.

Полученные данные (рис. 1) показали, что внесение в спиртовое сусле исследуемых технологических добавок привело к интенсификации процесса спиртонакопления в сбраживаемом сусле. Так, наибольшая концентрация спирта наблюдалась в бражках с максимальной дозировкой вытяжек из амаранта и ржаного ферментированного солода (10%) и составляла 8,2 и 8,4 об% соответственно, в то время как в контрольном образце содержание спирта находилось на уровне 6,8 об%. Кроме того, в этих образцах наблюдалось наименьшее содержание видимых и действительных сухих веществ, несброженных растворимых углеводов, редуцирующих веществ по сравнению с контролем, что свидетельствует о полноценно прошедшем процессе брожения. Таким образом, процентный прирост спиртообразования в бражках с использованием исследуемых тех-

сусла с добавлением растительных вытяжек составлял 58–70% от общего количества дрожжевых клеток (рис. 2).

Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что обогащение сусла исследуемыми технологическими добавками – водными вытяжками из амаранта и ржаного ферментированного солода – приводит к интенсификации биохимических процессов при его сбраживании и повышению выхода этилового спирта. Это послужило основанием для разработки нового способа производства пищевого этилового с использованием вышеуказанных технологических добавок растительного происхождения.

Выводы

1. Проведенные исследования позволили обосновать эффективность и целесообразность использования в спиртовом производстве технологических добавок растительного происхождения – водных вытяжек из амаранта и ржаного ферментированного солода, обеспечивающих интенсификацию биохимических процессов при сбраживании спиртового сула.

2. Внесение в спиртовое суло водных вытяжек из амаранта и ржаного ферментированного солода в количестве 10% от объема сула приводит к существенному увеличению в нем концентрации аминного азота (в 2 раза) и других исследуемых параметров: сухих веществ, общих и растворимых сбраживаемых углеводов, редуцирующих веществ.

3. Использование водных вытяжек из амаранта и ржаного ферментированного солода стимулирует процесс размножения дрожжевых клеток, способствует активизации процессов при сбраживании сула и усиливает их бродильную активность. Установлено, что процентный прирост спиртообразования в зрелых бражках с использованием водных вытяжек из амаранта и ржаного ферментированного солода в количестве 10% от объема сула по отношению к контролю составил 25%, что свидетельствует об эффективности их применения при производстве пищевого этилового спирта.

Разработана и запатентована биотехнология пищевого этилового спирта с использованием технологических добавок растительного происхождения – водных вытяжек из амаранта (патент № 11637) и ржаного ферментированного солода.

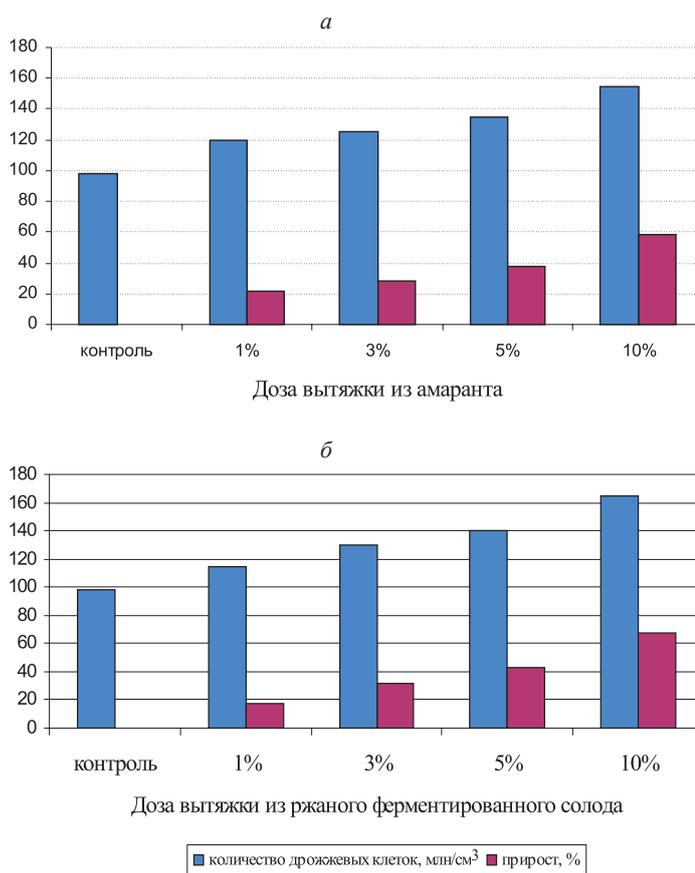


Рис. 2. Содержание общего количества дрожжевых клеток в зрелых бражках и их прирост в зависимости от дозы вытяжки из амаранта (а) и из ржаного ферментированного солода (б)

Литература

1. Р о г о в, И. А. Пищевая биотехнология: в 4 кн. / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Г. П. Шуваева. – М.: КолосС, 2004. – Кн. 1: Основы пищевой биотехнологии. – 440 с.
2. Л е д е н е в, В. П. Внедрение безотходных ресурсо- и энергосберегающих технологий – безальтернативный путь развития спиртовых заводов России / В. П. Леденев // Перспективнее направления научно-технического

развития спиртовой и ликероводочной отрасли пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 2007. – 452 с.

3. Коновалов, С. А. Биохимия дрожжей / С. А. Коновалов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 271 с.

4. Матвеев, В. Е. Научные основы микробиологической технологии / В. Е. Матвеев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.

5. Жвирблянская, А. Ю. Микробиология в пищевой промышленности / А. Ю. Жвирблянская, О. А. Бакушинская. – 2-е изд. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 500 с.

6. Яровенко, В. Л. Технология спирта / В. Л. Яровенко, В. А. Маринченко, В. В. Смирнов. – М.: Колос, Колос-Пресс, 2002. – 464 с.

7. Лихтенберг, Л. А. Производство спирта из зерна / Л. А. Лихтенберг. – М.: Пищевая промышленность, 2006. – 324 с.

8. Бабенко, П. П. Полноценная белковая композиция для функционального питания / П. П. Бабенко, И. Б. Немковский // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2006. – № 1. – С. 38–39.

9. Кононков, П. Ф. Листья амаранта – ценное сырье для получения пищевых добавок и обогащения чайных продуктов / П. Ф. Кононков, М. С. Гинс, В. М. Рахимов // Картофель и овощи. – 2004. – № 1. – С. 29–30.

10. Технология солодовых экстрактов, концентратов квасного сусла и кваса / Н. О. Емельянова [и др.]; под общ. ред. Н. О. Емельяновой. – Киев: ИСДО, 1994. – 152 с.

11. Колотуша, П. В. Технология солода / П. В. Колотуша. – Киев: ИСДО, 1993. – 136 с.

Z. V. VASILENKO, E. A. TSED, A. A. MIRONTSEVA

SUBSTANTIATION OF THE EFFICIENCY OF USING VEGETABLE STIMULATORS IN THE PRODUCTION OF FOOD ETHYL ALCOHOL

Summary

The results on determination of the impact of technological additives of vegetable origin – amaranth aqueous extracts of fermented malt and rye on the physical and chemical characteristics of rye mash and the processes of its fermentation are presented. It is found that the application of these extracts lead to the intensification of biochemical processes during fermentation of wort and the increase of the ethanol yield, which is indicative of the effectiveness of their use in the production of food ethyl alcohol.