

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУСЛА И РАСЫ ДРОЖЖЕЙ НА ОБРАЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ БРОЖЕНИЯ ПРИ СПИРТОВОМ СБРАЖИВАНИИ МЕЛАССЫ

А. М. КУЦ, В. Ф. СУХОДОЛ

Киевский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт
пищевой промышленности

Концентрация сухих веществ *СВ* или сахаров в сусле — один из важнейших технологических факторов, от которого зависит количество образующегося в результате брожения спирта и его примесей. Сведения [1, 2, 3] относятся к дрожжам рас В, Я и К-69. Исследовалось влияние концентрации сусла на накопление спирта при использовании гибридов 75 и 105 [4]. Однако при этом совершенно не контролировались вторичные и побочные продукты брожения.

Мы изучали влияние начальной концентрации сусла на образование спирта, биомассы, вторичных и побочных продуктов брожения при использовании дрожжей расы В (контроль), Г-75 и Г-112, а также определяли затраты сахара на образование отдельных продуктов брожения при спиртовом сбраживании мелассы.

В ходе опытов сбраживали сусло с начальной концентрацией 15, 20, 25% и содержанием сбраживаемых веществ 8,80; 11,74 и 14,67% соответственно. Брожение и анализ бражек проводили по методикам [5]. Глицерин определяли колориметрически [6]. Выход спирта из 1 т условного крахмала, дал/т, с учетом трат сахара на построение биомассы рассчитывали по методике [7], а баланс продуктов брожения — по методике, уточненной А. Д. Коваленко [8].

Независимо от расы используемых дрожжей количество спирта, глицерина, альдегидов, кислот, сложных эфиров, летучих азотистых веществ *ЛАВ* и ненасыщенных соединений в бражке повышалось с увеличением начальной концентрации сусла. В образовании биомассы и высших спиртов наблюдалась обратная закономерность (таблица).

Содержание спирта в бражках повышалось с увеличением начальной концентрации сухих и сбраживаемых веществ сусла. Несахара мелассы неблагоприятно воздействовали на зимазный комплекс дрожжей, причем они больше влияли на гибридные дрожжи, чем на дрожжи расы В. Так, при использовании гибридных дрожжей содержание спирта в зрелой бражке, начиная с концентрации сусла 20%, было ниже, чем в контроле. Из таблицы видно, что при концентрации сусла 15% дрожжи расы В и Г-75 образовали одинаковое количество спирта, а Г-112 — 99,81% по отношению к контролю. При повышении концентрации сусла до 25% в зрелых бражках, полученных с использованием гибридов 75 и 112, найдено спирта соответственно 98,58 и 97,98% по сравнению с крепостью контрольных бражек.

С другой стороны, при всех условиях опытов в зрелых бражках, полученных при использовании гибридных дрожжей, содержалось биомассы больше, чем в контрольных. Исследуемые дрожжи по генеративной активности располагались в такой убывающий ряд: Г-112 >

Таблица

Раса дрожжей	Зрелые бражки				Дистилляты бражек										Выход	
	несброжен- ные сахара	глице- рин	биомасса, г/г	коэффи- циент размно- жения дрож- жей	pH	титруемая кислот- ность, град	концент- рация спирта, об. %	альде- гиды	высшие спирты	кислоты	сложные эфиры	испысы- щенные соеди- нения	летучие азотис- тые ве- щества			
													спирта, г/г	дрожжей, кг/г		
Концентрация сусла 15%																
В	0,13	0,24	29,38	1,60	5,48	0,38	5,21	56,7	273,3	320,8	27,0	13,18	3,52	64,55	5,64	
Г-75	0,11	0,25	31,38	1,86	5,38	0,47	5,21	72,6	286,9	403,2	42,4	12,99	1,28	65,26	6,02	
Г-112	0,11	0,25	31,86	2,00	5,31	0,52	5,20	75,9	287,4	453,4	46,8	12,78	1,00	65,30	6,12	
Концентрация сусла 20%																
В	0,21	0,38	23,90	1,48	5,45	0,46	7,72	83,7	222,2	488,4	38,7	15,49	4,20	66,16	3,09	
Г-75	0,20	0,39	25,86	1,76	5,30	0,58	7,70	112,8	225,8	664,2	73,2	14,02	1,35	66,32	3,35	
Г-112	0,23	0,42	26,57	1,88	5,24	0,62	7,68	123,6	236,3	729,3	76,1	15,30	1,28	66,46	3,45	
Концентрация сусла 25%																
В	0,48	0,94	17,28	1,38	5,39	0,51	9,86	124,0	186,3	667,5	58,5	16,86	7,00	63,86	1,75	
Г-75	0,42	0,95	18,50	1,54	5,26	0,78	9,72	160,3	188,0	926,7	98,3	15,46	2,10	63,28	1,90	
Г-112	0,52	0,98	19,00	1,62	5,11	0,84	9,66	176,2	195,9	1010,1	100,8	16,90	1,86	62,98	1,97	

>Г-75>раса В. С повышением концентрации сусла генеративная активность дрожжей уменьшалась, что нашло отражение в снижении коэффициента размножения дрожжей и накопления биомассы в бражке. Снижение генеративной активности дрожжей обусловлено ростом осмотического давления в среде с повышением концентрации сусла, что приводит к нарушению нормального функционирования дрожжевой клетки.

Следовательно, повышенный расход сахара на построение биомассы гибридных дрожжей, а также снижение активности их зимазного комплекса обусловили снижение крепости опытных бражек по сравнению с контрольными.

Потребление сахаров среды и образование глицерина дрожжами также зависело от начальной концентрации сусла. Сахара среды потреблялись полнее при низких концентрациях сусла. Несброженный остаток сахара по отношению к введенному при использовании дрожжей расы В и концентрации сусла 15% составил 1,47%, при 20% — 1,79% и при 25% — 3,27%. Для гибрида 75 эти величины соответственно составляли 1,25; 1,70 и 2,86%, а для гибрида 112 — 1,25; 1,96 и 3,54%. Кроме этого в зрелых бражках, полученных из сусла концентрацией 20 и 25%, содержалось несброженных сахаров соответственно в 1,6—2,1 и 3,7—4,7 раза больше, чем при сбраживании сусла концентрацией 15%. Считается [9], что при нормальном ведении брожения не-

сброженные сахара не должны превышать 2,5% по отношению к введенному на брожение. По этой причине дрожжи расы В,Г-75 и Г-112 нецелесообразно использовать для сбраживания сусла концентрацией 25% СВ и выше.

С повышением концентрации сусла от 15 до 25% содержание глицерина в зрелой бражке возросло почти в 4 раза (таблица). Это явилось результатом превращения сахаров по пути глицеропировиноградного брожения, особенно в начале сбраживания сусла. С повышением концентрации сусла активизируются ферменты, ответственные за осуществление цикла глицеропировиноградного брожения [10], что связывают с увеличением осмотического давления и концентрации электролитов в среде [11].

Концентрация начального сусла также существенно влияла на образование летучих примесей спирта (таблица). Так, с увеличением концентрации сусла от 15 до 25% в бражке выросло содержание альдегидов в среднем в 2,3 раза. Это, по-видимому, связано с тем, что с повышением содержания СВ в среде тормозится активность фермента алкогольдегидрогеназы, ответственного за восстановление уксусного альдегида в спирт [10]. Помимо этого образование альдегидов возможно по пути переаминирования и дезаминирования аминокислот [12], содержание которых возрастает с повышением концентрации сусла.

Образование высших спиртов тесно связано с углеводным и аминокислотным обменом в дрожжевой клетке и размножением дрожжей [13]. С повышением концентрации СВ в сусле увеличивается содержание углеводов и аминокислот, однако интенсивность их обмена снижается вследствие уменьшения роста дрожжей. Это соответственно привело к уменьшению образования высших спиртов.

С увеличением концентрации сусла содержание кислот в бражке возросло почти в 2,5 раза. Эти результаты хорошо согласуются с данными по титруемой и активной кислотностям зрелых бражек (таблица). Повышение кислотности зрелых бражек обусловлено рядом факторов. Так, одним из путей образования одиосновных жирных кислот при спиртовом брожении является дезаминирование аминокислот по реакции Стигленда [12]. Известно также, что образование уксусной кислоты связано с содержанием уксусного альдегида в среде. Концентрация же аминокислот и уксусного альдегида растет с повышением концентрации сусла. Кроме того, часть кислот переходит в бражку из сусла.

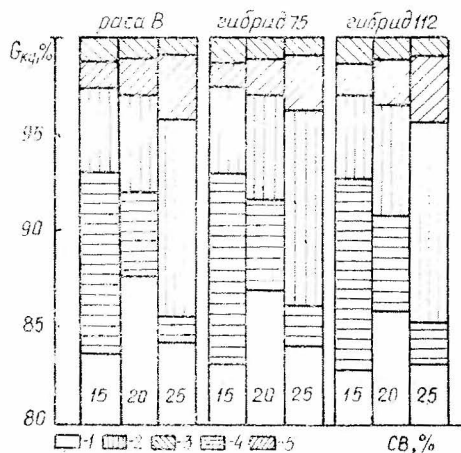
Содержание сложных эфиров в бражке зависело и от концентрации исходного сусла и увеличивалось по мере повышения ее в среднем в 2 раза. Это объясняется тем, что с повышением концентрации сусла возрастает содержание спирта и кислот в бражке. Последнее приводит к усилению реакции этерификации.

Повышение концентрации сусла увеличивало содержание ЛАВ в бражке, что обусловлено, по-видимому, их повышенным введением с суслом, а также образованием при перегонке за счет разложения бетаннов. Наименьшее количество ненасыщенных соединений найдено в бражках, полученных при сбраживании сусла концентрацией 15%. С повышением концентрации сусла до 20 и 25% их количество соответственно возросло в 1,1 и 1,25 раза.

Независимо от условий в опытных бражках содержалось суммарно больше летучих примесей спирта, чем в контрольных, в том числе альдегидов в 1,28—1,47 раза, кислот в 1,25—1,51 раза, сложных эфиров в 1,57—1,96 раза, а содержание ЛАВ — в 2,75—3,76 раза меньше. По

концентрации высших спиртов и ненасыщенных соединений опытные и контрольные бражки практически не отличались, что наблюдалось ранее [5].

На основании результатов определен выход спирта и биомассы (таблица), а также составлен баланс продуктов брожения в пересчете на 1 т условного крахмала (см. рисунок). Максимальный выход спирта для всех рас дрожжей был при



та для всех рас дрожжей был при концентрации сусла 20%. В этих условиях на образование спирта расходовалось максимальное количество сахара $G_{\text{к.у}}$ — от 85.78 до 87.52% по отношению к введенному. Потери же сахара на построение биомассы, образование вторичных продуктов брожения и с несброженными сахарами составляли от 12.48 до 14.22% к введенному. При концентрациях сусла 15 и 25% расход сахара на образование вторичных продуктов брожения, построение биомассы и потери с несброженными сахарами был выше — от 15.73 до 17.49% по отношению к введенному. Соответственно

с этим снижалась доля сахара на образование спирта, что сказалось на его выходе (таблица).

С повышением концентрации сусла от 15 до 25% расход сахара на образование глицерина в среднем повысился от 4.99 до 10.35%, а на построение биомассы — соответственно снизился от 9.08 до 1.94%. Суммарный расход сахара на образование глицерина и построение биомассы при концентрациях сусла 15, 20 и 25% соответственно составлял 14.07; 10.34 и 12.29% по отношению к введенному. В то же время образование альдегидов, кислот, высших спиртов и сложных эфиров связано с незначительными затратами сахара. Минимальный расход сахара на образование летучих примесей спирта был при концентрациях сусла 20 и 25% — от 1.03 до 1.53%, а максимальный — при концентрации сусла 15% — от 1.51 до 1.81% по отношению к введенному. Однако при всех концентрациях сусла дрожжи расы В расходовали меньше сахара на образование летучих примесей спирта, чем гибридные дрожжи.

Начальная концентрация сусла существенно влияла на величину потерь сахара при брожении. Так, если при концентрации сусла 15% они располагались в следующем порядке: биомасса > глицерин > летучие примеси > несброженные сахара, то при концентрации 25% — глицерин > несброженные сахара > биомасса > летучие примеси (см. рисунок).

ВЫВОДЫ

1. Независимо от расы дрожжей с повышением концентрации сусла в бражке возрастает содержание спирта, глицерина, альдегидов, кислот, сложных эфиров, летучих азотистых веществ и ненасыщенных соединений. В образовании биомассы и высших спиртов наблюдается обратная закономерность.

2. Сахара сусла потребляются полнее при низких концентрациях среды. Однако максимальный выход спирта наблюдается при концен-

трации сусла 20%, что обусловлено повышенным расходом сахара на его образование.

3. При всех концентрациях сусла дрожжи расы В расходовали меньше сахара на образование глицерина и летучих примесей спирта и построение биомассы по сравнению с гибридными дрожжами Г-75 и Г-112.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савчук М. Я., Цыганков П. С. Изв. вузов СССР, Пищевая технология, 1970, № 6, с. 60.
2. Деркасов Н. И., Образцова А. З., Куршева Н. Г. Ферменты и спирт. пром-сть, 1977, № 4, с. 22.
3. Олийничук С. Т., Раев З. А., Зелинская А. Ф., Петренко Л. Г. Спирт. пром-сть. М., ЦНИИТЭИпищепром, 1973, вып. 6, с. 18.
4. Раев З. А., Коваленко А. Д., Коробкова Л. А. и др. Тр. Укр. н.-и. ин-та спирт. пром-сти, 1973, вып. 15, с. 39.
5. Куц А. М., Суходол В. Ф., Мальцев П. М., Шевченко А. М. Изв. вузов СССР, Пищевая технология, 1976, № 3, с. 77.
6. Коваль В. Г., Бойко Л. М., Ковальчук Е. П. Спирт. и ликеро-водочная пром-сть. М., ЦНИИТЭИпищепром, 1978, № 4, с. 12.
7. Технологический регламент двухпродуктового производства при сбраживании мелассы на спирт с получением хлебопекарных дрожжей. Киев, Укр. н.-и. ин-т спирт. пром-сти, 1972, с. 21.
8. Куц А. М., Суходол В. Ф., Мальцев П. М. Пищевая пром-сть, Техніка, 1976, вып. 22, с. 24.
9. Коваль В. Г., Королюк Т. А., Ровный З. Б., Шахова В. А. Спирт. и ликеро-водочная пром-сть. М., ЦНИИТЭИпищепром, 1977, № 1, с. 7.
10. Коновалов С. А. Биохимия бродильных производств. М., Пищевая пром-сть, 1967, с. 272.
11. Umoto S., Irie Y., Ymai T. J. of ferment. technol., 1967, 45, № 2, p. 117; № 3, p. 241.
12. Родонудо А. К. Биохимия шампанского производства. М., Пищевая пром-сть, 1975, 352 с.
13. Грачева И. М. Биосинтез высших спиртов дрожжами. В кн.: Итоги науки и техники. Сер. Микробиология. М., ВИНТИ АН СССР, 1972, 1, с. 97.

Кафедра технологии бродильных производств

Поступила 15 IV 1980