

А. М. КУЦ, инж.

В. Ф. СУХОДОЛ, канд. техн. наук,

П. М. МАЛЬЦЕВ, д-р техн. наук

ВЛИЯНИЕ РАСЫ ДРОЖЖЕЙ НА ВЫХОД СПИРТА И ПОТЕРИ С ПОБОЧНЫМИ ПРОДУКТАМИ ПРИ СБРАЖИВАНИИ МЕЛАССЫ

В спиртовой промышленности широкое распространение находят гибридные дрожжи, которые имеют ряд биохимических и технологических преимуществ перед производственными дрожжами рас В и Я [5, 6]. Авторами составлен баланс продуктов брожения и определен расход сахара на образование спирта, вторичных и побочных продуктов брожения и биомассы в зависимости от расы применяемых дрожжей.

С этой целью сбраживали мелассное сусло концентрацией 22 % СВ в лабораторных условиях при рН = 5,5 и температуре брожения 30 °С. Количество засеваемых дрожжей составляло 50 млн. в 1 мл среды, а время брожения – 72 ч. В опытах применяли нормальную мелассу следующего состава: СВ – 82,2 %, рН = 6,7, сумма сбраживаемых веществ – 49,24 %, фосфор (P₂O₅) – 0,03 %, общий азот – 1,75 %, аминный азот – 0,27 %, сернистый ангидрид – 0,012 %, летучие кислоты в пересчете на уксусную – 0,92 %. В мелассное сусло вносили 0,15 % мочевины и 0,06 % ортофосфорной кислоты к массе мелассы.

В качестве возбудителей брожения использовали гибридные дрожжи 13; 26; 93; 94; 112; 202; 203 и 279, полученные в лаборатории селекции микроорганизмов Института общей генетики АН СССР [6] и дрожжи расы В (контроль).

Сумму сбраживаемых сахаров в мелассе определяли химико-хроматографическим методом [2], а остальные показатели – по методикам, принятым в спиртовой промышленности [7].

В бражках находили содержание глицерина, несброженных сахаров и биомассу, а в их дистиллятах – спирт и его примеси, для чего использовали методы, рекомендованные инструкцией по технхимическому контролю производства [7] и предложенные УкрНИИСП [1, 3].

Было проведено три серии опытов при трех- шестикратной повторности одного опытного сбраживания. Полученные результаты обрабатывали методом математической статистики с использованием ЭЦВМ «Промінь-М».

Состав бражек находился в прямой зависимости от применяемых рас дрожжей. В бражках содержалось (в граммах на 1 л бражки): спирта – 67,7–71,8, глицерина – 5,10–7,20, альдегидов – 0,026–0,076, летучих кислот – 0,179–0,526, высших спиртов – 0,126–0,251, сложных эфиров – 0,0599–0,0962, биомассы дрожжей – 21,8–34,3, несброженных сахаров 2,2–3,9.

Баланс продуктов брожения составлен в пересчете на 1 т условного крахмала (см. таблицу). Выход спирта находили по общепринятой методике [7], а потери условного крахмала при сбраживании мелассного сусла рассчитывали по формуле [9], которая после преобразования приобретает вид:

$$П = \frac{В}{Х} (AK_a + UK_y + B_y K_{г.с.} + ЭK_3 + GK_2 + H + 0,4D) \cdot 0,95$$

где $П$ – потери условного крахмала, кг на 1 т; $В$ – фактический выход спирта из 1 т условного крахмала, дал; $Х$ – содержание спирта в бражке, % по объему; A – содержание альдегидов в бражке в пересчете на уксусный, г/л, K_a – количество сахара, соответствующее 1 г уксусного альдегида, г; $У$ – содержание кислот в бражке в пересчете на уксусную, г/л; K_y – количество сахарозы, соответствующее 1 г уксусной кислоты, г; B_c – содержание высших спиртов в бражке в пересчет на амиловый, г/л; $K_{г.с.}$ – количество сахарозы, соответствующее 1 г амилового спирта, г; $Э$ – содержание эфиров в бражке в пересчете на уксусноэтиловый, г/л; K_3 – количество сахарозы, соответствующее 1 г уксусноэтилового эфира, г; G – содержание глицерина в бражке, г/л; K_2 – количество сахарозы, соответствующее 1 г глицерина, г; H – содержание несброженных сахаров в бражке, г/л; $0,4$ – количество сахарозы, расходуемое на 1 т дрожжей 75 %-ной влажности, т; D – содержание биомассы дрожжей, г/л; $0,95$ – коэффициент пересчета сахарозы на крахмал.

Из данных таблицы видно, что на расход сахара оказывает существенное влияние раса дрожжей. Так, расход сахара на жизнедеятельность дрожжей и образование вторичных и побочных продуктов брожения для дрожжей расы В составил 11,78–13,49 %, а для гибридных дрожжей – 12,83–16,7 %. Соответственно и выход спирта (по отношению к теоретическому) был различным: для дрожжей расы В он составил 89,32–90,29 %, а для гибридов – 86,63–89,99 %.

По спиртообразующей способности исследуемые дрожжи можно расположить в следующей последовательности:

$$В > 279 > 26 > 112 > 93 > 202 > 203 > 71 > 176 > 13 > 94$$

Независимо от расы применяемых дрожжей основной сахар, используемый дрожжами в процессе их размножения и жизнедеятельности, расходовался на образование глицерина и биомассы дрожжей используется в среднем 70–80 % от общего расхода сахара на вторичные и побочные продукты брожения. На образование глицерина идет около 40 % сахара, что согласуется с данными УкрНИИСП [1, 2]. Максимальное количество глицерина накапливали гибриды 13, 93, 94, а наименьшее – дрожжи расы В. Эти данные находятся в тесной связи с содержанием биомассы в бражках.

Поскольку исследуемые дрожжи значительно отличались между собой по генерационной способности [5, 6, 8], расход сахара на образование биомассы в значительной мере зависел от расы дрожжей и для расы В составлял 37,4–39,2 %, а для гибридов – 38,2–45,7 % от общего расхода сахара на вторичные и побочные продукты брожения.

Образование альдегидов, высших спиртов, кислот и сложных эфиров связано с незначительным расходом сахара (в пределах 0,7–0,9 % от его общего расхода на вторичные и побочные продукты брожения). Обращает на себя внимание повышенный расход сахара (в 2–3 раз больше) на образование кислот у гибридных дрожжей по сравнению с дрожжами расы В, что обусловлено их повышенной ацетогенной способностью [8].

По несброженному сахару исследуемые дрожжи отличались незначительно. Исключение составляли гибридные дрожжи 13, 94, 112, 203, что можно объяснить снижением их бродильной энергии на мелассных средах [6].

Сходимость баланса продуктов брожения по результатам опытов составила 1,35–6,33 %, так как часть вторичных продуктов брожения (глицерин, карбоновые кислоты, альдегиды) могла быть внесена с мелассой. Кроме того, образование биомассы дрожжей, некоторых вторичных и побочных продуктов брожения связано как с углеводным, так и с азотистым обменом у дрожжей, что не могло не сказаться на результатах баланса.

Продукт брожения	Расход условного крахмала (числитель – кг, знаменатель – %)												
	Опыт 1					Опыт 2				Опыт 3			
	Б	26	71	93	279	В	94	112	203	В	13	176	202
Альдегиды в пересчете на уксусный	$\frac{0,43}{0,04}$	$\frac{0,62}{0,06}$	$\frac{0,99}{0,10}$	$\frac{0,097}{0,09}$	$\frac{0,62}{0,06}$	$\frac{0,48}{0,05}$	$\frac{0,55}{0,05}$	$\frac{0,39}{0,04}$	$\frac{0,43}{0,04}$	$\frac{0,35}{0,03}$	$\frac{0,69}{0,07}$	$\frac{0,82}{0,08}$	$\frac{1,02}{0,10}$
Кислоты в пересчете на уксусную	$\frac{1,76}{0,17}$	$\frac{5,19}{0,49}$	$\frac{3,86}{0,38}$	$\frac{4,41}{0,42}$	$\frac{3,65}{0,35}$	$\frac{1,91}{0,18}$	$\frac{3,25}{0,32}$	$\frac{3,72}{0,35}$	$\frac{4,62}{0,44}$	$\frac{2,22}{0,22}$	$\frac{3,95}{0,39}$	$\frac{3,43}{0,33}$	$\frac{3,79}{0,37}$
Высшие спирты в пересчете на амиловый	$\frac{3,52}{0,34}$	$\frac{3,60}{0,34}$	$\frac{3,28}{0,32}$	$\frac{3,20}{0,30}$	$\frac{3,16}{0,30}$	$\frac{3,91}{0,38}$	$\frac{2,58}{0,25}$	$\frac{3,51}{0,33}$	$\frac{3,73}{0,35}$	$\frac{4,47}{0,44}$	$\frac{4,31}{0,42}$	$\frac{5,06}{0,49}$	$\frac{5,07}{0,50}$
Эфиры в пересчете на уксусноэтиловый	$\frac{0,47}{0,05}$	$\frac{0,41}{0,04}$	$\frac{0,61}{0,06}$	$\frac{0,45}{0,04}$	$\frac{0,47}{0,04}$	$\frac{0,53}{0,05}$	$\frac{0,43}{0,04}$	$\frac{0,42}{0,04}$	$\frac{0,45}{0,04}$	$\frac{0,42}{0,04}$	$\frac{0,53}{0,05}$	$\frac{0,52}{0,05}$	$\frac{0,47}{0,05}$
Глицерин	$\frac{55,79}{5,39}$	$\frac{62,61}{5,85}$	$\frac{62,52}{6,08}$	$\frac{60,86}{5,77}$	$\frac{57,71}{5,47}$	$\frac{57,87}{5,60}$	$\frac{64,47}{6,36}$	$\frac{62,70}{5,90}$	$\frac{69,45}{6,57}$	$\frac{49,41}{4,87}$	$\frac{69,76}{6,83}$	$\frac{61,03}{5,94}$	$\frac{56,11}{5,48}$
Биомасса дрожжей	$\frac{49,40}{4,77}$	$\frac{61,64}{5,80}$	$\frac{51,41}{5,00}$	$\frac{65,23}{6,21}$	$\frac{66,89}{6,34}$	$\frac{53,15}{5,15}$	$\frac{58,76}{5,80}$	$\frac{81,10}{7,63}$	$\frac{70,86}{6,71}$	$\frac{46,70}{4,60}$	$\frac{57,27}{5,61}$	$\frac{64,22}{6,25}$	$\frac{54,69}{5,34}$
Несброженные сахара	$\frac{21,39}{2,07}$	$\frac{20,73}{1,97}$	$\frac{20,04}{1,95}$	$\frac{21,42}{2,04}$	$\frac{22,80}{2,16}$	$\frac{21,45}{2,08}$	$\frac{25,64}{2,53}$	$\frac{25,64}{2,41}$	$\frac{26,99}{2,55}$	$\frac{15,99}{1,58}$	$\frac{18,07}{1,77}$	$\frac{15,99}{1,56}$	$\frac{15,27}{1,49}$
Спирт	$\frac{902,92}{87,17}$	$\frac{897,82}{85,45}$	$\frac{885,69}{86,11}$	$\frac{894,86}{85,13}$	$\frac{899,86}{85,28}$	$\frac{893,19}{86,51}$	$\frac{857,78}{84,65}$	$\frac{886,11}{83,30}$	$\frac{880,00}{83,30}$	$\frac{894,72}{88,22}$	$\frac{866,25}{84,86}$	$\frac{876,39}{85,30}$	$\frac{887,50}{87,17}$
Всего	$\frac{1035,68}{100,00}$	$\frac{1053,24}{100,00}$	$\frac{1028,40}{100,00}$	$\frac{1051,22}{100,00}$	$\frac{1055,16}{100,00}$	$\frac{1032,49}{100,00}$	$\frac{1013,46}{100,00}$	$\frac{1063,59}{100,00}$	$\frac{1056,53}{100,00}$	$\frac{1014,28}{100,00}$	$\frac{1020,83}{100,00}$	$\frac{1027,46}{100,00}$	$\frac{1023,92}{100,00}$
Несходимость баланса	$\frac{+35,68}{+3,57}$	$\frac{+53,24}{+5,32}$	$\frac{+28,40}{+2,84}$	$\frac{+51,22}{+5,12}$	$\frac{+55,16}{+5,51}$	$\frac{+32,49}{+3,25}$	$\frac{+13,46}{+1,35}$	$\frac{+63,59}{+6,36}$	$\frac{+56,53}{+6,65}$	$\frac{+14,28}{+1,43}$	$\frac{+20,83}{+2,08}$	$\frac{+27,46}{+2,75}$	$\frac{+23,92}{+2,39}$
Расход на продукты брожения, биомассу и несброженный сахар	$\frac{132,76}{12,83}$	$\frac{155,32}{14,55}$	$\frac{142,71}{13,89}$	$\frac{156,36}{14,87}$	$\frac{155,30}{14,72}$	$\frac{139,30}{13,49}$	$\frac{155,68}{15,35}$	$\frac{177,48}{16,70}$	$\frac{176,53}{16,70}$	$\frac{119,56}{11,78}$	$\frac{154,58}{15,14}$	$\frac{151,07}{14,70}$	$\frac{136,42}{12,83}$

Литература

1. К о в а л ь В. Г., Б о й к о Л. М., К о р о л ю к Т. А. Методика определения потерь сахара на жизнедеятельность дрожжей и побочные продукты брожения в процессе сбраживания мелассы. – «Тематический сборник УкрНИИСП». Вып. 14. М., «Пищевая промышленность», 1972, с. 56–65.
2. К о в а л ь В. Г., К о р о л ю к Т. А., Р у б ч е н к о М. Д. Химико-хроматографический метод определения сбраживаемого сахара в мелассе. – «Тематический сборник УкрНИИСП». Вып. 14, М., «Пищевая промышленность», 1972, с. 65–74.
3. Новый фотоэлектроколориметрический метод определения несброженных углеводов в мелассной бражке. – «Тематический сборник УкрНИИСП», Вып. 14. «Пищевая промышленность», 1972, с. 74-79. Авт.: Коваль В. Г., Бойко Л. М., Петенко Е. П., Королюк Т. А.
4. Образование вторичных продуктов при различных методах сбраживания мелассы. – «Тематический сборник УкрНИИСП», Вып. 14. «Пищевая промышленность», 1972, с. 26–33. Авт. Коваленко А. Д., Хоменко Е. В., Ярмоненко К. С., Старик К. С., Усенко Т. Т.
5. Применение гибридных дрожжей для сбраживания мелассы на спирт с получением хлебопекарных дрожжей. – «Труды УкрНИИСП». Вып. 15, с. 33–46. Авт.: Раев З. А., Коваленко А. Д., Коробкова Л.А., Садовникова Т. А., Беспалая М. К.
6. Р а е в с к а я О. Г., К о с и о в К. В. Новые гибриды, сбраживающие полностью раффинозу и имеющие активную мальтазу. – «Микробиология», 1969, т. 38, вып. 4, с 571–578.
7. Р у х л я д ь е в а А. П. Технохимический контроль спиртового производства. М., «Пищевая промышленность», 1974, 357 с.
8. С у х о д о л В. Ф., Ш е в ч е н к о А. М., К у ц А. М. Влияние гибридных дрожжей на состав и светопоглощающую способность мелассных бражек. – «Харчова промисловість». Вып. 14. К., «Техніка», 1972, с. 11–17.
9. Технологические расчеты бродильных производств. К., «Техніка», 1974, 300 с. Авт.: Коробов М. М., Маринченко В. А., Мелетьев А. Е., Суходол В. Ф., Швец В. Н.

Поступила 23 декабря 1974 г.