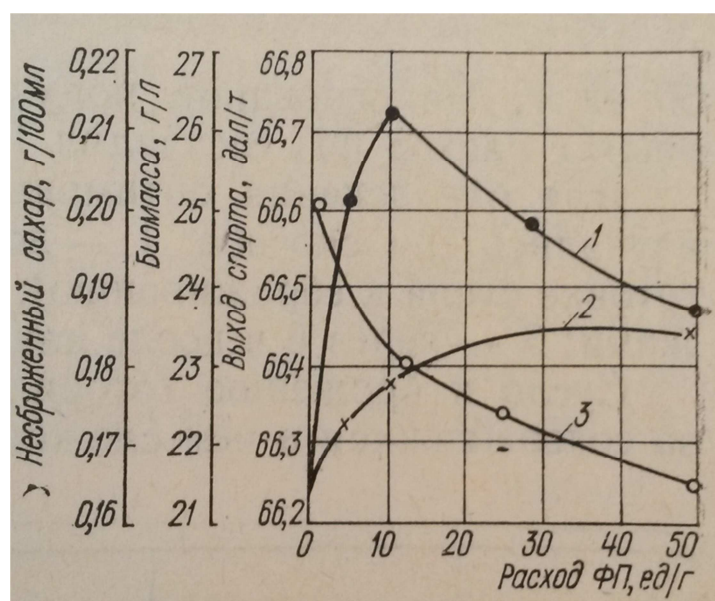


А. М. КУЦ, В. Ф. СУХОДОЛ, кандидаты техн. наук

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА ФРУКТАВАМОРИН Г10Х ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПИРТА ИЗ МЕЛАССЫ

Одним из перспективных способов повышения эффективности производства спирта из мелассы является применение ферментных препаратов. Использование препарата Фруктаваморин Г10Х (ФП), содержащего ферменты α -галактозидазу и β -фруктофуранозидазу, при спиртовом сбраживании мелассы позволяет сократить длительность брожения, повысить выход спирта и биомассы дрожжей [2].

Целью работы явилась разработка способа и определение эффективности применения ФП при производстве спирта из мелассы. Сусло концентрацией 21 % СВ сбраживали дрожжами расы В в количестве 100 млн дрожжевых клеток в 1 мл. Использовали шесть образцов мелассы, значительно отличающихся по своему составу. Содержание рафинозы в них колебалось от 0,40 до 2,20 %, а кетоз – от 0,60 до 3,19 %. ФП дозировали в единицах активности фермента β -фруктофуранозидазы на 1 г сбраживаемых сахаров сусла (ед./г). Анализ бражки, расчет выхода спирта и биомассы выполняется по общепринятым методикам [5].



Влияние расхода препарата Фруктаваморин Г10Х на выход спирта (1), биомассы (2) и потери несброженных сахаров (3).

При изучении влияния дозировки ФП на выход спирта и биомассы изменялся его расход в пределах от 5 до 50 ед./г. Усредненные результаты опытов приведены на рисунке, из которого видно, что с увеличением расхода ФП сахара мелассы потреблялись более полно, что подтверждается их меньшим содержанием в зрелой бражке. Однако увеличение расхода ФП от 5—10 до 50 ед./г сопровождалось снижением выхода спирта в связи с увеличенным накоплением биомассы. Наибольший выход спирта был при расходе ФП от 5 до 10 ед./г. При дальнейшем увеличении дозировки ФП выход спирта уменьшался, но во всех случаях был выше контроля, т. е. при сбраживании сусла без ФП. Накопление биомассы увеличивалось с повышением расхода ФП: от 2,03 – 10,92 % при дозировке 5 ед./г и до 9,58 – 15,96 % при 50 ед./г. На основании полученных данных во всех последующих опытах расход ФП составлял 10 ед./г.

Табл. 1

№ образца мелассы	Условия внесения ФП в мелассное сусло	Содержание спирта в бражке, %	Выход спирта, дал/л	Изменение выхода спирта по сравнению с контролем		Содержание в бражке			
						Несброженного сахара		Биомассы	
				дал/т	%	г/100 мл	%, к введённому	г/л	% к контролю
3	Контроль	8,709	66,28	-	100,0	0,25	1,94	19,67	100,00
	Одновременно с дрожжами	8,753	66,84	+0,56	100,84	0,22	1,71	20,75	105,49
	Гидролиз 2 ч при 50 °С	8,717	66,45	+0,17	100,26	0,23	1,78	20,19	102,64
	Гидролиз 1 ч при 70 °С	8,722	66,43	+0,15	100,23	0,23	1,78	19,95	101,4
	Через 6 ч от начала брожения	8,712	66,29	+0,01	100,02	0,24	1,86	19,63	99,80
6	Контроль	8,992	66,19	-	100,00	0,19	1,42	20,84	100,00
	Одновременно с дрожжами	9,086	67,01	+0,82	101,24	0,16	1,10	21,66	103,93
	Гидролиз 2 ч при 50 °С	9,019	66,46	+0,27	100,41	0,18	1,34	21,33	101,87
	Гидролиз 1 ч при 70 °С	9,013	66,40	+0,21	100,31	0,18	1,34	21,17	101,58
	Через 6 ч от начала брожения	9,086	66,88	+0,69	100,04	0,18	1,34	21,00	100,76

Для определения оптимального времени внесения ФП в сусло изучались три способа: 1 – до задачи засевных дрожжей (при подготовке сусла к сбраживанию); 2 – одновременно с засевными дрожжами; 3 – через 6 ч после начала брожения.

Сусло к брожению готовилось путем предварительного гидролиза за содержащихся в нем сложных углеводов в течение 2 ч при 50 °С и 1 ч при 70 °С. По истечении указанного времени сусло охлаждалось до 30 °С и вводились в него засевные дрожжи. Ранее установлено [1], что в этих условиях степень гидролиза углеводов сусла достигла 40-45 %. Кроме этого, учитывались следующие обстоятельства. В технологической схеме непрерывной стерилизации мелассы, предложенной КТИПП, имеется узел, котором сусло будет находиться 15-30 мин при 70 °С [4]. В мелассе, обработанной ФП, резко увеличится содержание глюкозы и фруктозы, легко проникающих в дрожжевую клетку. Следовательно, можно ожидать ускорения брожения в результате предварительного гидролиза углеводов мелассы. Введение же ФП одновременно с засевными дрожжами интенсифицирует их размножение, сокращает лаг-фазу и время дображивания. За 6 ч брожения сбраживается около 50% углеводов сусла, что позволяет значительно сократить расход ФП [2].

В табл. 1 в первом примере приведены результаты опытов сбраживания мелассы, содержащей 0,70 % рафинозы и 0,66 % кетоз (образец 3), а во втором – соответственно 2,20 и 1,40 % (образец 6).

Наилучшие результаты получены при одновременном вводе ФП и засевных дрожжей. В этом варианте выход спирта повышался на 0,56—0,82 дал из 1 т условного крахмала, или на 0,84—1,24 %, по сравнению с контролем. Предварительный гидролиз углеводов мелассы также способствовал повышению выхода спирта (на 0,23-0,41 %). Несколько противоречивые результаты получены при вводе ФП после 6 ч брожения. Для мелассы, содержащей до 1 % рафинозы, опытная и контрольная бражки по крепости

Табл. 2

№ образца мелассы	Содержание рафинозы в мелассе, %	Содержание спирта, %	Выход спирта		Содержание в бражке										Сумма летучих примесей спирта, мг/л
			дал/т	% к контролю	несброженного сахара		биомассы		летучих примесей спирта, мг/л						
					г/100 мл	% к введенному	г/л	% к контролю	Альдегидов	Высших спиртов	Кислот	Сложных эфиров	Ненасыщенных соединений	Летучих азотистых веществ	
1	0,40	8,145	65,83	100,00	0,33	2,67	24,41	100,00	53,2	200,7	780,3	112,7	13,84	3,42	1164,16
		8,149	65,93	100,15	0,30	2,51	24,90	102,01	61,8	298,3	654,3	127,3	12,90	3,40	1158,00
2	0,52	8,782	66,34	100,00	0,25	1,93	20,05	100,00	65,9	230,1	442,7	69,7	18,68	3,58	830,66
		8,792	66,65	100,47	0,22	1,69	21,07	105,09	76,2	313,2	364,6	80,6	17,24	3,64	855,48
3	0,70	8,713	66,17	100,00	0,28	2,17	18,93	100,00	76,4	220,3	383,2	59,3	17,28	3,50	759,98
		8,745	66,67	100,76	0,25	1,94	20,24	106,92	87,2	320,1	300,4	67,8	16,02	3,52	795,04
4	1,06	9,562	66,28	100,00	0,41	2,89	22,81	100,00	42,7	228,4	538,5	84,8	18,48	3,56	916,44
		9,618	66,98	100,98	0,38	2,68	2,31	106,56	48,2	328,3	359,3	99,9	17,71	3,60	857,01
5	1,55	8,737	66,03	100,00	0,23	1,75	24,76	100,00	38,7	243,1	294,3	62,1	21,62	3,26	663,08
		8,810	66,78	101,14	0,21	1,60	25,86	104,44	43,7	340,4	206,2	71,3	20,78	3,30	685,68
6	2,20	9,365	66,09	100,00	0,19	1,35	25,36	100,00	119,0	211,7	394,1	60,8	16,78	3,48	805,86
		9,472	67,01	101,39	0,16	1,14	26,48	104,42	124,1	292,6	321,2	76,8	15,43	3,51	833,64

практически не отличались, а во втором случае выход спирта повысился почти на 1 %. Изменения содержания спирта коррелировались с несброженным сахаром бражки (табл. 1).

Увеличение выхода спирта при одновременном вводе в сусло ФП и дрожжей, а также в случае предварительного гидролиза углеводов мелассы, объясняется не только увеличением суммы сбраживаемых углеводов вследствие гидролиза рафинозы и кетоз до глюкозы, фруктозы и галактозы, но и «глюкозной репрессии» [3]. Некоторое снижение выхода спирта в результате предварительно гидролиза углеводов мелассы, по-видимому, связано с трансферазной активностью β -фруктофуранозидазы, что может привести к некоторому снижению суммы сбраживаемых углеводов.

При введении ФП в сусло увеличивается накопление биомассы дрожжей в бражке. Наибольшее увеличение было при одновременном вводе дрожжей и ФП. Значительно меньше их было в случае предварительно гидролиза углеводов сусла. Это, очевидно, связано с тем, что синтез биомассы идет в основном через цикл ди- и трикарбоновых кислот. Также отмечалось, ферменты этого ила подвергаются репрессии большим количеством глюкозы, образовавшейся вследствие предварительного гидролиза углеводов мелассы.

При введении ФП через 6 ч брожения по содержанию биомассы опытная и контрольная бражки практически не отличались. К этому времени экспоненциальная фаза размножения дрожжей закончилась и введение ФП никак не сказалось на их размножении.

На основании выполненных исследований можно сделать вывод, что наиболее эффективным, с технико-экономической точки зрения, является использование ФП на стадии дрожжегенерирования в количестве 5—10 ед./г. Для определения эффективности использования ФП при производстве спирта и хлебопекарных дрожжей из мелассы сбраживались мелассы, имеющие различное содержание рафинозы. Из данных табл. 2 следует, что опытные образцы бражки по крепости всегда превосходят контроль. Разница в крепости возрастала с увеличением содержания рафинозы в мелассе. Соответственно этому изменялся и выход спирта. Наряду с контролем содержания спирта определялась накопления биомассы и вторичных продуктов брожения. Максимальная концентрация кислот обнаружена в бражке, полученной при сбраживании мелассы с повышенной кислотностью. Это связано не только с образованием кислот при брожении, но и с переходом летучих кислот мелассы в бражку.

Внесение ФП в сусло не вызывает резких отклонений (табл. 2) в составе летучих примесей спирта по сравнению с контролем. Однако в бражке с ФП найдено больше высших спиртов – на 36,1—49,3 %, альдегидов – на 4,3—20,2 %, сложных эфиров – на 13—16,4 %, а кислот и ненасыщенных соединений – соответственно на 19,3—49,8 и 4—8,8 % меньше, чем в контрольной бражке. По концентрации летучих азотистых веществ опытная и контрольная бражки существенно не отличались.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что существует зависимость между увеличением выхода спирта при использовании ФП и содержанием рафинозы в мелассе. Следовательно, наибольший эффект от использования ФП в спиртовом производстве возможен при переработке мелассы с повышенным содержанием рафинозы.

Список литературы

1. **Гидролиз** сахаросодержащих субстратов препаратом Фруктаваморин Г10Х / Ю. З. Серова, Г. М. Добролинская, В. Ф. Суходол, А. М. Куц. – В кн.: Фермент. и спирт пром-сть, 1978, № 1, с. 42-44.
2. **Исследование** влияния препарата Фруктаваморин Г10Х на процесс сбраживания мелассного сусла / А. М. Куц, В. Ф. Суходол, Н. Н. Починаева и др. – Приклад. биохимия и микробиология, 1977, т. 13, вып. 3, с. 415-426.
3. **Котельникова А. В., Звягильская Р. А.** Биохимия дрожжевых митохондрий. – М.: Наука, 1973. – 239 с.
4. **Маринченко В. А., Метюшев Б. Д., Швец В. Н.** Технология спирта из мелассы. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1975. – 284с.
5. **Фертман Г. И., Шойхет М. И.** Химико-технологический контроль спиртового и ликеро-водочного производства. – М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 440 с.