

УДК 663.533

Влияние кислотоустойчивых ферментных препаратов на гидролиз биополимеров в спиртовом производстве

П. Л. Шиян, д-р техн. наук; Т. Е. Мудрак, канд. техн. наук; Р. Г. Кириленко, канд. техн. наук; А. В. Ермакова
Национальный университет пищевых технологий, Украина, г. Киев

Ключевые слова: сусло, дрожжи, фермент, зрелая бражка, органические примеси, спиртовое производство.

Key words: mash, yeast, ferment, mature brew, organic impurities, the alcohol production.

Амилолитические ферментные препараты в спиртовом производстве гидролизуют крахмал зернового сырья, но не обеспечивают полноценного сусла как питательной среды для нормального развития и жизнедеятельности дрожжей.

Это связано с тем, что при замене солода амилолитические ферментные препараты в своем составе не содержат в достаточном количестве других ферментативных систем, которые могут гидролизовать белковые вещества и некрахмальные полисахариды.

Таким образом, при использовании ферментных препаратов микробного происхождения наблюдается замедление процесса обмена веществ дрожжевой клетки.

Исследованы комплексы ферментных препаратов фирмы Danisco: Amylex HT (α -амилаза); Diazyme SG (глюкоамилаза); Alphalase AFP (протеаза) и Laminex (ксиластаза) в следующих комбинациях.

При сбраживании сусла из кукурузы: Amylex HT, Diazyme SG и Alphalase AFP.

При сбраживании сусла из ржи: Amylex HT, Diazyme SG, Alphalase AFP; Amylex HT, Diazyme SG, Laminex; Amylex HT, Diazyme SG, Alphalase AFP, Laminex.

Сусло готовили из кукурузы и ржи с концентрацией сухих веществ 20 и 18 % соответственно при гидромодуле 1–3 и 1–3,5, pH замеса поддерживали на уровне 3,8.

Амилолитические ферменты вносили из расчета Amylex HT — 0,2 ед. АС/г крахмала; Diazyme SG — 5,0 ед. ГЛС/г крахмала.

Исследования проводили в трехкратной повторности.

Полученные результаты показали, что использование вышеуказанного комплекса ферментных препаратов селективного действия обеспечивает более глубокую биоконверсию зернового сырья и увеличивает удельный выход спирта (табл. 1).

При сбраживании сусла из кукурузы с использованием протеазы в зрелых бражках концентрация растворимых углеводов, нерастворенного крахмала, спир-

торастворимых углеводов снижается в среднем на 13,3 %; 4,6 % и 8,7 % соответственно, концентрация этанола увеличивается в среднем на 0,5 %.

Рожь отличается от других зерновых культур большим содержанием белковых и гумми-веществ, что обусловлено высокой вязкостью сусла и ухудшением его технологических свойств. Кроме того, усложняются технологические процессы гидромеханической и термоферментативной обработки ржаных замесов. Поэтому при приготовлении сусла из ржи кроме протеолитических ферментов использовалась ксиланаза. Результаты исследований приведены в табл. 1.

При использовании ферментных препаратов селективного действия (опыт № 6) концентрация растворимых углеводов, нерастворенного крахмала и спирторастворимых углеводов снижается в среднем на 34,0 %; 24,6 % и 7,1 % соответственно, а концентрация этанола увеличивается на 0,9 %.

При использовании комплексов ферментных препаратов селективного действия увеличивается концентрация дрожжевых клеток в бражках. Особенно это наблюдается при переработке ржи. Это свидетельствует о повышении физиоло-

Таблица 1

№ опыта	Концентрация ферментных препаратов		рН бражки	Концентрация углеводов в бражке, г/100 см ³				Концентрация этанола, об. %	Количество дрожжевых клеток, млн/см ³
	протеазы, ед. ПС/г сырья	ксиластазы, ед. КС/г сырья		растворимых	общих	нерастворенного крахмала	спирторастворимых		
Кукуруза									
1	Контроль	—	3,65	0,15	0,27	0,11	0,02	9,57	180
2	0,035	—	3,68	0,13	0,25	0,10	0,02	9,62	190
Рожь									
3	Контроль	—	3,70	0,25	0,39	0,13	0,07	8,81	200
4	0,035	—	3,69	0,18	0,30	0,10	0,06	8,84	230
5	—	0,40	3,70	0,19	0,31	0,11	0,07	8,82	218
6	0,035	0,40	3,69	0,16	0,27	0,09	0,06	8,89	247

Таблица 2

№ опыта	Концентрация ферментных препаратов		рН бражки	Концентрация углеводов в бражке, г/100 см ³				Концентрация этанола, об. %	Количество дрожжевых клеток, млн/см ³
	Сырье	Ca ²⁺ , г/м ³		растворимых	общих	нерастворимого крахмала	спирторастворимых		
1	Кукуруза	—	3,70	0,12	0,23	0,11	0,03	10,19	180
2		100	3,66	0,09	0,20	0,09	0,02	10,26	169
3		120	3,65	0,09	0,20	0,10	0,02	10,27	169
4		—	3,74	0,36	0,48	0,10	0,07	9,49	195
5	Рожь	100	3,72	0,32	0,43	0,10	0,04	9,56	174
6		120	3,75	0,32	0,42	0,09	0,04	9,57	174

Таблица 3

№ опыта	рН замеса	Концентрация летучих компонентов, мг/дм³												Органические кислоты, г/дм
		альдегиды		эфиры				высшие спирты						
		ацетальдегид	метилацетат	этилацетат	изомилацетат	сумма по группе	метанол, об. % × 10³	n-пропанол	изобутанол	n-бутанол	изомилловый спирт	n-пентанол	сумма по группе	
1	Контроль 5,0	76,9	8,4	11,80	5,44	102,54	0,11	4,49	14,7906	0,27	146,8	1,41	167,8	4,20
2	3,6	63,4	5,6	13,71	1,62	84,33	0,03	4,79	11,8378	0,30	129,2	0,39	146,5	2,21
3	3,8	69,3	5,8	13,14	1,68	89,02	0,16	4,69	13,8034	0,33	137,2	0,51	156,6	2,25
4	4,0	71,1	6,6	13,34	2,10	93,14	0,13	4,77	14,4038	0,32	137,0	0,82	157,3	2,38
5	4,2	78,1	6,6	16,51	5,21	106,42	0,15	4,80	14,6240	0,36	152,3	0,84	172,4	2,56
6	4,5	78,1	7,3	19,55	5,77	110,72	0,14	4,31	15,4702	0,36	138,4	0,81	159,4	3,08

гической активности спиртовых дрожжей, а также при использовании аминного азота, который образуется в результате гидролиза белковых веществ, для биосинтеза дрожжевых клеток.

Предыдущими исследованиями установлено, что при гидролизе крахмала кислотоустойчивой α -амилазой Amylex HT и снижении рН замеса до 3,8 происходит частичная инактивация α -амилазы, которая повышается с увеличением экспозиции термоферментативной обработки.

Интенсивность кислотной инактивации фермента зависит от концентрации ионов Ca²⁺ в среде. Даже небольшая их концентрация способствует повышению стабильности α -амилазы. Внесение в субстрат ионов Ca²⁺ не влияет на активность фермента, а только лишь исполняет защитную роль конформации молекулы фермент-субстратного комплекса [1].

Следующие исследования были направлены на определение влияния Ca²⁺ при сбраживании сусла, полученного из кукурузы и ржи в условиях опытов 2 и 6 (см. табл. 1).

Как источник ионов Ca²⁺ использовали соль CaCl₂, которую вносили в замес из расчета 278,0 г/м³ (100 г/м³ Ca²⁺) и 330,0 г/м³ (120 г/м³ Ca²⁺). В табл. 2 приведены результаты исследований.

При концентрации в замесах ионов Ca²⁺ 100 г/м³ снижается концентрация растворимых, нерастворенных и спирторастворимых углеводов для кукурузы в среднем на 21,0; 10,4 и 43,8% соответственно, для ржи — на 12,1; 6,7 и 35,8% соответственно. Концентрация этанола в зрелых бражках увеличивается в среднем на 0,7%.

Следующее увеличение концентрации ионов Ca²⁺ до 120 г/м³ практически не влияет на химико-технологические показатели зрелой бражки. Поэтому концентрацию Ca²⁺ 100 г/м³ при исследованных условиях можно считать оптимальной.

Органолептические свойства ректифицированного спирта формируют органические примеси, состав и концентрация которых в зрелых бражках зависит от вида сырья, технологии водно-тепловой и термоферментативной обработки зерновых замесов (рН, температуры), композиций и свойств ферментных препаратов и т. п.

Исследованы качественный и количественный составы органических примесей бражных дистиллятов из ржи, которые получены с использованием вышеуказанных ферментных препаратов при разных значениях рН — от 3,6 до 4,5.

Осахаренное сусло сбраживали осмофильным термотолерантным штаммом дрожжей ДТ-090. Контролем служили бражные дистилляты, полученные при

использовании ферментных препаратов Termamil SC и San Super 240 L [2].

Результаты исследований приведены в табл. 3.

Выводы. Установлено, что при снижении рН до 3,8–4,0, который является оптимальным при использовании кислотоустойчивых ферментных препаратов, происходит снижение в среднем концентрации ацетальдегида на 10%, суммы эфиров — на 15%; несущественно повышается концентрация метилового спирта; концентрация высших спиртов и органических кислот снижается на 6 и 43% соответственно.

Снижение концентрации органических примесей спирта в бражных дистиллятах позволяет снизить энергозатраты на их выделение и концентрирование в процессе брагоректификации и позитивно влияет на качественные показатели товарного спирта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жеребцов, Н. А. Амилолитические ферменты в пищевой промышленности/Н. А. Жеребцов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 160 с.
2. Технологічний регламент виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розвариванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів TP-00032744-812-2002.