

Доцент А.Н. Яковлев, доцент С.Ф. Яковлева,
магистрант Т.С. Ковалева, магистрант А.А. Пешков
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра биохимии и биотехнологии,
тел. (473) 255-55-57

Накопление побочных продуктов в процессе спиртового брожения

Изучено влияние pH сусла на накопление побочных продуктов брожения в бражке. Установлено, что при подкислении сусла до pH 4,5 создаются более благоприятные условия для жизнедеятельности дрожжей, сокращается продолжительность брожения, увеличивается выход спирта, улучшаются показатели бражки, снижается вероятность инфицирования бражки посторонней микрофлорой, содержание альдегидов уменьшается на 10-15%, высших спиртов – на 8-10%, глицерина – на 15-20%, а также наблюдается небольшое снижение содержания кислот и эфиров.

The influence of pH on the accumulation of by-products of fermentation in the mash was studied. Found that the acidification of musts to pH 4.5 created more favorable conditions for the yeast, reducing the duration of fermentation, increasing the amount of alcohol, improving indicators of mash, decreases the likelihood of infection mash, aldehyde content was reduced by 10-15%, higher alcohol – by 8-10%, 15-20% glycerol, and a slight reduction of acids and esters.

Ключевые слова: спиртовое брожение, глицерин, кислоты, альдегиды, эфиры, высшие спирты, pH сусла.

Современные технологии производства спирта из пищевого сырья направлены на то, чтобы получить максимально возможный выход готового продукта с минимальным содержанием примесей.

В обычных условиях спиртового брожения из гексоз под действием ферментов, наряду с этиловым спиртом, образуются побочные продукты: глицерин, кислоты, альдегиды, эфиры, высшие спирты и другие соединения.

Биосинтез побочных продуктов определяется регуляторными функциями дрожжевой клетки. Образование побочных продуктов зависит от состава питательной среды, pH, уровня азота и углерода в среде, условий культивирования дрожжей, присутствия посторонней микрофлоры.

Общее содержание примесей, образующихся в процессе брожения, не более 0,6% от количества этанола, но они оказывают влияние на вкус и запах спирта, а также уменьшают его выход [1,2].

Изучено влияние pH сусла на накопление побочных продуктов брожения в бражке.

Водородные ионы изменяют электрический заряд коллоидов плазменной оболочки клеток и, в зависимости от концентрации, могут увеличивать или уменьшать ее проницаемость

для отдельных веществ и ионов. От величины pH зависят скорость поступления питательных веществ в клетку, активность ферментов, образование витаминов. При изменении pH среды изменяется и направление самого брожения.

Приготовленное пшеничное сусло подкисляли серной кислотой до pH: 4,0; 4,5; 5,0 и контроль 6,0. Дрожжи вносили в количестве 10 % от объема сусла. Сбраживание сусла проводили дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* расы XII в течение трех суток при температуре 28-30 °С. По окончании срока брожения в полученной бражке определяли содержание глицерина йодометрическим методом и летучих примесей газохроматографическим методом.

На рисунке 1 показано влияние pH на накопление глицерина в зрелой бражке. Из рисунка 1 видно, что с увеличением pH содержание глицерина увеличивается и достигает максимума в контроле при pH 6,0. Эта закономерность объясняется тем, что реакция «щелочного брожения», ведущая к образованию глицерина, признана той побочной реакцией, торможение которой обуславливает повышение содержания спирта. Подкисляя сусло, воздействовали на реакцию «щелочного брожения». Это оказало тормозящее действие на реакцию образования глицерина в силу того, что исследуемая реакция подчиняется закону действующих масс, т. е. из-за установления ионного равновесия.

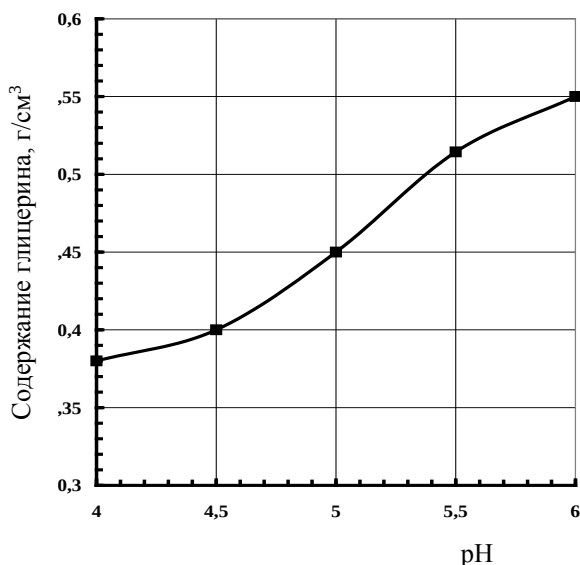


Рисунок 1 - Влияние pH суслу на накопление глицерина в зрелой бражке

Возможно искусственное подавление реакции «щелочного брожения» путем воздействия на нее продуктом реакции, т. е. уксусной кислотой, в расчете на то, что избыток ионов уксусной кислоты в среде окажет более мощное тормозящее действие на реакцию образования глицерина. [4] При внесении уксусной кислоты в сусло содержание глицерина в зрелой бражке снижается на 0,05 г/100 см³ и, тем самым, позволяет увеличить выход спирта.

При изучении динамики накопления глицерина (рисунок 1) было установлено, что интенсивное образование глицерина наблюдается в первый период брожения - возбуждение, когда наблюдается интенсивное размножение дрожжей. В дальнейшем, в процессе брожения образования глицерина практически не наблюдается. Это происходит в результате того, что образуется ацетальдегид, который оказывает тормозящее действие на реакцию образования глицерина.

По мере снижения pH суслу до 4,5 содержание альдегидов уменьшается на 10-15 % (рисунок 2), высших спиртов – на 8-10 % (рисунок 3), глицерина – на 15-20 % (рисунок 1), а также наблюдается небольшое снижение содержания кислот и эфиров.

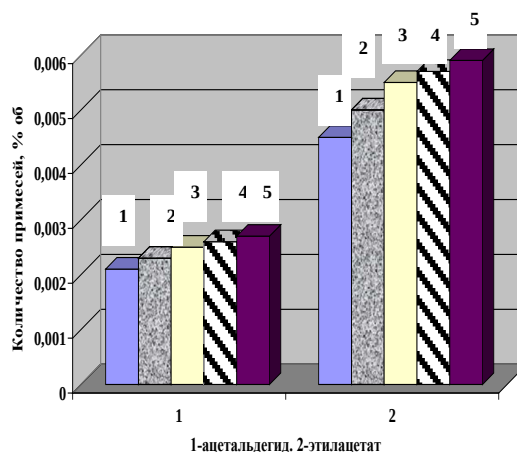


Рисунок 2 - Накопление ацетальдегида и этилацетата в зрелой бражке в зависимости от pH: 1 – 4,0; 2 – 4,5; 3 – 5,0; 4 – 5,5; 5 – 6,0.

Альдегиды являются промежуточными продуктами спиртового брожения, кроме того, образование альдегидов возможно в результате окисления спиртов кислородом воздуха, а также некоторых вторичных реакций. Образование альдегидов в зрелой бражке наблюдается на протяжении всего процесса брожения, только к окончанию процесса брожения наблюдается некоторое снижение содержания альдегидов, что, возможно, связано с взаимодействием их со спиртами [1,2].

Эфиры являются продуктами химического взаимодействия спиртов и кислот, содержащихся в бродящей массе, а также являются продуктами жизнедеятельности посторонней микрофлоры. Они накапливаются в бражке на протяжении всего процесса брожения [1,2].

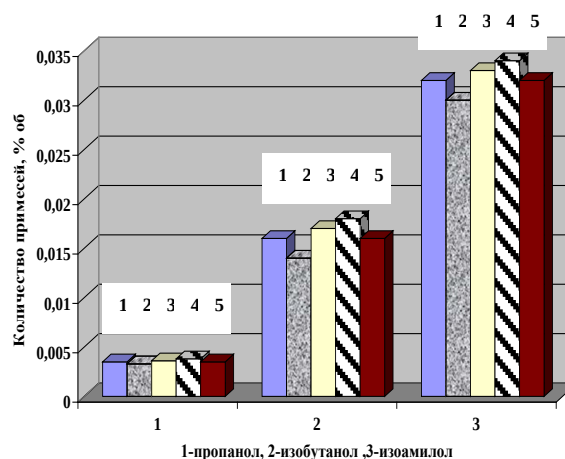


Рисунок 3 - Накопление пропанола, изобутанола и изоамилола в зрелой бражке в зависимости от pH: 1 – 4,0; 2 – 4,5; 3 – 5,0; 4 – 5,5; 5 – 6,0.

Высшие спирты являются побочными продуктами спиртового брожения. Они образуются в анаэробных условиях вторично из кетоислот, возникающих в результате переаминирования аминокислот, путем декарбоксилирования и последующего восстановления в цикле спиртового брожения углеводов. Образование спиртов связано с накоплением биомассы дрожжей, которое наблюдается в начале процесса брожения в возбуждении, в дальнейшем, в процессе брожения накопления высших спиртов практически не наблюдается [3].

Т а б л и ц а 1

Показатели зрелой бражки

Показатели	рН				
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Объемная доля спирта, % об.	8,5	9,2	9,0	8,5	8,2
Содержание растворимых несброженных углеводов, г/100см ³	0,55	0,25	0,35	0,45	0,6
Содержание нерастворенного крахмала, %	0,1	0,08	0,08	0,08	0,1
Наращение титруемой кислотности, °	0,1	0,1	0,12	0,15	0,2
Выход спирта, дал/т условного крахмала	66,0	66,4	66,2	66,0	65,8
Продолжительность брожения, ч	72	66	68	70	72

Из таблицы 1 видно, что максимальный выход спирта наблюдается при подкислении суслу до рН 4,5 и на 0,6 дал выше, чем в контроле при рН суслу 6,0. Это связано с уменьшением образования побочных продуктов брожения, уменьшением содержания несброженных растворимых углеводов, снижением накопления биомассы дрожжей.

Таким образом, подкисляя сусло до рН 4,5, создаем более благоприятные условия для жизнедеятельности дрожжей, что способствует сокращению продолжительности брожения, увеличению выхода спирта, улучшению показателей бражки, снижению вероятности инфицирования бражки посторонней микрофлорой, уменьшению накопления примесей в зрелой бражке, что в дальнейшем позволяет получить готовую продукцию высокого качества.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Яровенко, В.Л. Технология спирта [Текст] / В.Л. Яровенко, В.А. Маринченко, В. А. Смирнов. – М.: Колос, 2002. – 464 с.
- 2 Ресурсосберегающая технология в производстве спирта [Текст] / под ред. Н.С.Терновского. – М.: Пищевая промышленность, 1994. – 120 с.
- 3 Веселов, И.Л. Синтез аминокислот и образование высших спиртов при брожении [Текст] / И.Л. Веселова, А.Г. Канн, И.М. Грачева // Ферментная и спиртовая промышленность. - 1975. - №8. - С. 7.
- 4 Утенкова, В.А. О выходе спирта при дрожжевом брожении [Текст] / В.А. Утенкова, Е.К. Кардо-Сысоева // Микробиология. 1954. – Т.23.- № 3. - С. 304-312.

REFERNCES

- 1 Jarovenko, V.L. Technology alcohol [Text] / V.L. Jarovenko, V.A. Marinchenko, V.A. Smirnov. – M.: Kolos, 2002. – 464 p.
- 2 Resource-saving technology in the production of alcohol [Text] / ed. By N.S. Ternovskogo. – M.: Pischevaya promyshlennost, 1994. – 120 p.
- 3 Veselov, I.L. The synthesis of amino acids and the formation of higher alcohols by fermentation [Text] / I.L. Veselov, A.G. Cann, I.M. Gracheva // Enzyme and the alcohol industry. - 1975. - № 8. - P. 7.
- 4 Utenkova, V.A. On the alcohol yield in yeast fermentation [Text] / V.A. Utenkova, E.K. Cardio-Sysoeva // Microbiology. - 1954. - V.23. - № 3. - P. 304-312.