

Профессор Г.В. Агафонов, доцент А.Н. Яковлев,
аспирант Т.С. Ковалева

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии бродильных и сахарарных производств.
тел. (473) 255-55-57

E-mail: aynat2501@rambler.ru

доцент С.Ф. Яковлева

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра биохимии и биотехнологии.

тел. (473) 255-55-57

E-mail: svetlana.yakovleva.68@mail.ru

Professor G.V. Agafonov, associate professor A.N. Yakovlev,
graduate T.S. Kovaleva

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technology of fermentation
and sugar production. phone (473) 255-55-57

E-mail: aynat2501@rambler.ru

associate professor S.F. Yakovleva

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of biochemistry and biotechnology.
phone (473) 255-55-57

E-mail: svetlana.yakovleva.68@mail.ru

Влияние технологических параметров на процесс осахаривания при производстве этанола из ячменя

Effect of technological parameters the process of ethanol production in the saccharification of barley

Реферат. В технологии этанола процесс осахаривания является одним из основных. В его основе лежит гидролиз крахмала разваренной массы под действием ферментов. Осахаривание крахмалистого сырья необходимо, т.к. основные производственные расы спиртовых дрожжей не синтезируют амилолитических ферментов и не способны использовать в своем метаболизме непосредственно крахмал, а усваивают только моно- и дисахариды. Основной целью осахаривания является получение сусла с высоким содержанием сбраживаемых углеводов. Главной целью осахаривания является получение сусла с высоким содержанием сбраживаемых углеводов. От протекания процесса осахаривания зависит качество получаемого спирта, полнота выбраживания крахмала сырья и выход продукта. На осахаривание разваренной массы влияют температура, pH, дозировка глюкоамилазы и продолжительность процесса. От этих факторов зависят техникоэкономические показатели производства. Осахаривание разваренной ячменной массы проводили ферментным препаратом глюкоамилазы Биозим 800 Л из расчета 6,0 ед ГлС на г крахмала. Контролем являлась разваренная масса, полученная с применением одного ферментного препарата Альфаферм 3500 Л с дозировкой 1,0 ед АС на г крахмала. Осахаривание протекало при температуре 50–65 °С и pH 4,0–5,5 в течение 120 мин. pH разваренной массы регулировали путем внесения в нее серной кислоты. В процессе осахаривания изучали динамику накопления глюкозы в ячменном сусле в зависимости от температуры, pH и дозировки глюкоамилазы. Пробы для определения глюкозы отбирали каждые 30 минут. При температуре 65 °С в первые 30 минут накопление глюкозы идет быстро, затем резко замедляется, что возможно связано с инактивацией глюкоамилазы вследствие изменения структуры молекулы фермента. Максимальное количество глюкозы накапливается при температуре 60 °С и составляет 11,1 г/см³, что соответствует оптимуму действия применяемого ферментного препарата глюкоамилазы. Концентрация водородных ионов (pH) оказывает многостороннее действие на процесс осахаривания. С одной стороны H⁺ изменяют ионизацию активного центра и конформационное состояние глюкоамилазы, с другой стороны влияют на стабильность третичной структуры глюкоамилазы. Максимальное накопление глюкозы наблюдается при pH 4,5 и составляет 11,9 г/см³. С увеличением дозировки глюкоамилазы возрастает образование эффективных фермент-субстратных комплексов, а, следовательно, и скорость гидролиза крахмала. При использовании мультиэнзимной композиции происходит увеличение количества глюкозы на 34,7 %, по сравнению с контролем. Степень гидролиза крахмала увеличивается, так как он становится более доступным для действия осахаривающих ферментов за счет гидролиза белковых веществ и оболочек зерна ячменя, содержащих гемицеллюлозы. Применение мультиэнзимной композиции позволяет сократить расход глюкоамилазы до 4,0 ед ГлС на г крахмала, вместо 6,0 ед ГлС на г крахмала в контроле.

© Агафонов Г.В., Яковлев А.Н.,
Ковалева Т.С., Яковлева С.Ф., 2016

Для цитирования

Агафонов Г.В., Яковлев А.Н., Ковалева Т.С., Яковлева С.Ф. Влияние технологических параметров на процесс осахаривания при производстве этанола из ячменя // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. №1. С. 211-214. doi:10.20914/2310-1202-2016-1-211-214.

For cite

Agafonov G.V., Yakovlev A.N., Kovaleva T.S., Yakovleva S.F. Effect of technological parameters the process of ethanol production in the saccharification of barley. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* [Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies]. 2016, no. 1, pp. 211-214. (In Russ.). doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-211-214.

Summary. Tenderized saccharification process is a mass of the cores in the production of ethanol from starch-containing raw materials. Saccharification of starchy raw materials needed because main production races alcohol yeast do not synthesize and amylolytic enzymes are not able to use in their metabolism. Starch, facility and internalize only mono – and disaccharides. The main aim is to obtain a mash saccharification with a high content of fermentable carbohydrates. The main objective is to obtain a saccharification wort with a high concentration of fermentable carbohydrates. From the course of the saccharification process, the quality of the alcohol depends on the completeness of the fermentation of starch raw materials and product yield. On saccharification sodden mass affected by temperature, pH, glucoamylase dosage and duration of the process. From these factors depend technical-economic production figures. Saccharification boiled barley weight carried glucoamylase enzyme preparation bios 800 A at the rate of 6.0 units per g starch SFS. Control is tenderized weight obtained using one enzyme preparation Alfaferm 3500 A at a dose of 1.0 units per g starch AS. Saccharification takes place at a temperature of 50–65 °C and pH 4.0–5.5 for 120 minutes. pH was adjusted weight tenderized by making it in sulfuric acid. The saccharification process dynamics studied glucose accumulation in the barley wort in function of temperature, pH, and the dosage of glucoamylase. Samples for glucose determination were taken every 30 minutes. At a temperature of 65 °C in the first 30 minutes of the accumulation of glucose goes fast, then suddenly slows down, it is possible due to the inactivation of glucoamylase due to changes in the structure of the enzyme molecule. The maximum amount of glucose stored at a temperature of 60 °C and 11.1 g / cm³, which corresponds to the optimum action of glucoamylase enzyme preparation used. The concentration of hydrogen ions (pH) has a multifaceted effect on the process of saccharification. On the one hand alter H⁺ ionization of the active site of glucoamylase conformational state and, on the other hand influence the stability of the tertiary structure of glucoamylase. Maximum glucose accumulation is observed at pH 4.5 and 11.9 g / cm³. With increasing the glucoamylase dosage increases the effective formation of enzyme-substrate complexes, and hence the rate of hydrolysis of starch. When applying multienzyme complex observed increase in the amount of glucose by 34.7%, compared with the control. The degree of starch hydrolysis increases as it becomes more accessible to the action of saccharifying enzymes by the hydrolysis of proteins and membranes barley containing hemicellulose. Application of multienzyme composition allows to reduce the consumption of glucoamylase to 4.0 units per g starch SFS, SFS instead of 6.0 units per gram of starch in control.

Ключевые слова: осахаривание, ферментные препараты, глюкоамилаза, разваренная масса, величина pH, температура, ячменное сусло, гидролиз крахмала, мультиэнзимный комплекс.

Keywords: saccharification, enzyme preparations, glucoamylase, boiled mass, pH, temperature, barley wort, hydrolyzed starch, multienzyme complex.

В технологии этанола процесс осахаривания является одним из основных. В его основе лежит гидролиз крахмала разваренной массы под действием ферментов. Главной целью осахаривания является получение сусла с высоким содержанием сбраживаемых углеводов.

От процесса осахаривания зависит качество получаемого этанола, выход продукта и полнота сбраживания крахмала.

Осахаривание разваренной ячменной массы проводили ферментным препаратом глюкоамилазы Биозим 800 Л из расчета 6,0 ед ГЛС на г крахмала. Контролем являлась разваренная масса, полученная с применением одного ферментного препарата Альфаферм 3500 Л с дозировкой 1,0 ед АС на 1 г крахмала. Осахаривание протекало при температуре 50–65 °C и pH 4,0–5,5 в течение 120 мин. pH разваренной массы регулировали путем внесения в нее серной кислоты.

На осахаривание разваренной массы влияют температура, pH, дозировка глюкоамилазы и продолжительность процесса. От этих факторов зависят техникоэкономические показатели производства.

В процессе осахаривания изучали динамику накопления глюкозы в ячменном сусле в зависимости от температуры, pH и дозировки глюкоамилазы. Пробы для определения глюкозы

отбирали каждые 30 минут. Результаты экспериментов представлены на рисунках 1 – 3.

Огромное влияние на процесс осахаривания оказывает температура. С повышением температуры повышается реакционная способность молекул крахмала и кинетическая энергия. При температуре (рисунок 1) 65 °C в первые 30 минут накопление глюкозы идет быстро, затем резко замедляется, что возможно связано с инактивацией глюкоамилазы вследствие изменения структуры молекулы фермента. Максимальное количество глюкозы накапливается при температуре 60 °C и составляет 11,1 г/см³, что соответствует оптимальному действию применяемого ферментного препарата глюкоамилазы. Оптимальная температура действия глюкоамилазы (60 °C) не совпадает с оптимальной температурой для сохранения ее активности [2, 3], но на глюкоамилазу при осахаривании оказывает интенсивное защитное действие крахмал и продукты его неполного гидролиза. Частичная инактивация глюкоамилазы при осахаривании компенсируется ускоряющим действием температуры. Так как при осахаривании крахмал гидролизуются не полностью и его гидролиз продолжается при сбраживании сусла, то для стабилизации активности фермента температура при осахаривании не должна быть выше оптимальной, лучше,

если она будет на 1–2⁰С ниже ее. С другой стороны проведение процесса осахаривания при повышенной температуре обеспечивает микробиологическую чистоту, получаемого сусла.

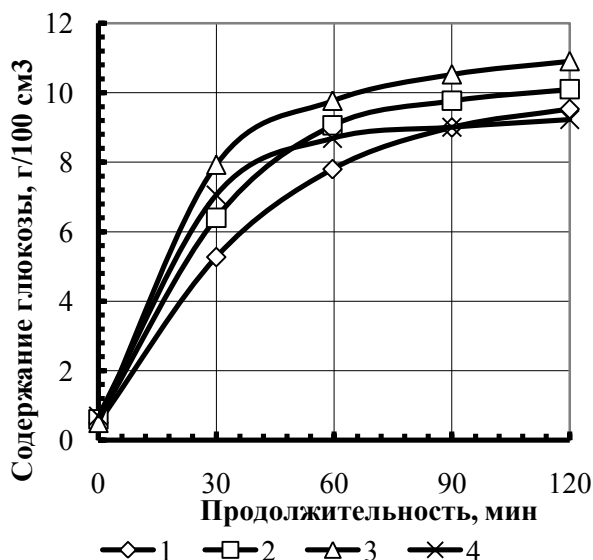


Рисунок 1. Накопление глюкозы в процессе осахаривания в зависимости от температуры, °C: 1 – 50; 2 – 55; 3 – 60; 4 – 65.

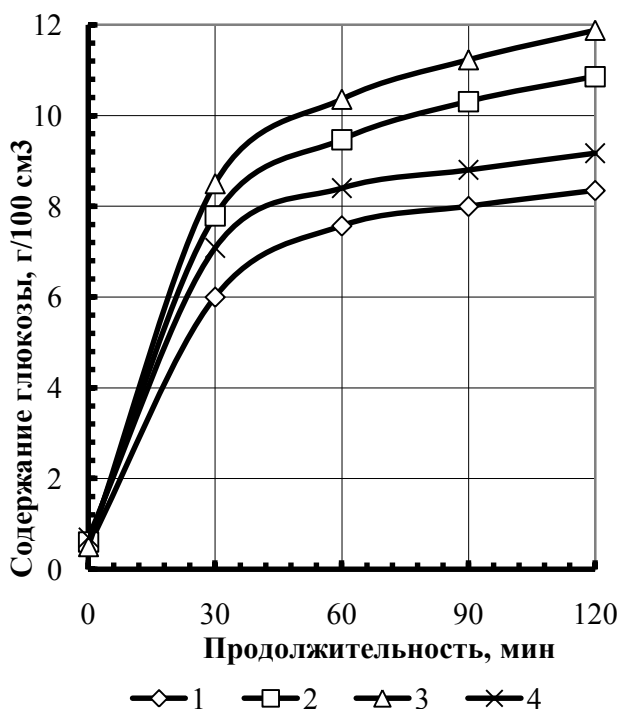


Рисунок 2. Накопление глюкозы в процессе осахаривания при температуре 60 °C в зависимости от pH: 1 – 5,5; 2 – 5,0; 3 – 4,5; 4 – 4,0.

Концентрация водородных ионов (pH) оказывает многостороннее действие на процесс осахаривания. С одной стороны H⁺ изменяют ионизацию активного центра и конформационное состояние глюкоамилазы, с другой стороны влияют на стабильность третичной структуры глюкоамилазы [1].

Максимальное накопление глюкозы наблюдается при pH 4,5 (рисунок 2) и составляет 11,9 г/см³. С увеличением дозировки глюкоамилазы возрастает образование эффективных фермент-субстратных комплексов, а, следовательно, и скорость гидролиза крахмала (рисунок 3).

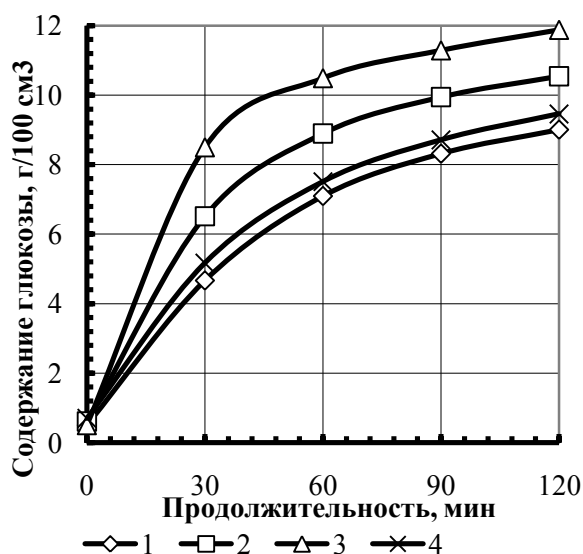


Рисунок 3. Накопление глюкозы в процессе осахаривания в зависимости от дозировки глюкоамилазы при температуре 60 °C и pH 4,5, ед ГлС на 1 г крахмала: 1 – 4,0; 2 – 5,0; 3 – 6,0; 4 – контроль.

При применении мультиэнзимного комплекса наблюдается увеличение количества глюкозы на 34,7 % по сравнению с контролем. Степень гидролиза крахмала увеличивается, так как он становится более доступным для действия осахаривающих ферментов за счет гидролиза белковых веществ и оболочек зерна ячменя, содержащих гемицеллюлозы. Из рисунка 3 очевидно, что применение мультиэнзимной композиции позволяет сократить расход глюкоамилазы до 4,0 ед ГлС на 1 г крахмала, вместо 6,0 ед ГлС на 1 г крахмала в контроле.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Северин С.Е., Алейникова Т.Л., Осипов Е.В., Силаева С.А. Биологическая химия. М.: МИА, 2015. 496 с.
- 2 Яковлев А.Н., Яковлева С.Ф. Совершенствование технологии переработки ячменя в этанол // Материалы L отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников за 2011 год: В 3 ч. Ч.1. Воронеж: ВГУИТ, 2012. С. 133.
- 3 Яковлев А.Н., Корнеева О.С., Яковлева С.Ф. Получение этилового спирта из ржи с использованием мультиэнзимной композиции // Биотехнология. 2011. № 6. С. 63–69.
- 4 Makoto Y., Yuan L. et al. // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2011. №72. P. 805–810.
- 5 Vidmar S., Turk V., Kregar I. // Appl. Mikrobiol. and Biotechnol. 2012. V. 20. P. 326–330.

REFERENCES

- 1 Severin S.E., Aleynikova T.L., Osipov E.V., Silaeva S.A. Biologicheskaya khimiya [Biological chemistry]. Moscow, MIA, 2015. 496 p. (In Russ.).
- 2 Yakovlev A.N., Yakovleva S.F. Improvement of barley processing technology into ethanol. Materialy L otchetnoi nauchnoi konferentsii prepodavatelei i nauchnykh sotrudnikov [Materials L reporting conference of teachers and researchers for the year 2011: In 3 Parts]. Voronezh, VGUIT, 2012. 133 p. (In Russ.).
- 3 Yakovlev A.N., Korneeva O.S., Yakovleva S.F. Production of ethanol from rye with multienzyme composition. Biotekhnologiya. [Biotechnology], 2011, no. 6, pp. 63–69. (In Russ.).
- 4 Makoto Y., Yuan L. et al. Biosci. Biotechnol. Biochem. 2011, no. 72, pp. 805–810.
- 5 Vidmar S., Turk V., Kregar I. Appl. Mikrobiol. and Biotechnol. 2012, vol. 20, pp. 326–330.