

УДК 663.5

## Пути интенсификации процесса сбраживания высококонцентрированного ячменного сусла

А. С. УСТИНОВА, Н. В. БАРАКОВА, В. С. ТИРСКАЯ

[ustinova.alisa@list.ru](mailto:ustinova.alisa@list.ru)

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Применение технологии сбраживания высококонцентрированного сусла, одного из наиболее эффективных и не требующих капитальных затрат способов интенсификации производства пищевого спирта, в настоящее время ограничено из-за неполного сбраживания углеводов сусла. Регулируя степень измельчения зернового сырья и, как следствие, доброкачественность осахаренного сусла и осуществляя выбор штамма дрожжей для его сбраживания, можно влиять на содержание несброженных углеводов в зрелой бражке. В ходе экспериментов было установлено, что применение штамма спиртовых дрожжей E (в сравнении со штаммами A и F) и использование степени измельчения ячменя, характеризующейся проходом через сито диаметром ячеек 1мм 100% (в сравнении с проходом 70%) дает возможность повысить степень сбраживания высококонцентрированного сусла.*

**Ключевые слова:** высококонцентрированное сусло, штамм дрожжей, брожение, углеводный состав, степень измельчения.

---

## Screening the alcohol yeast strains for high gravity wort fermentation

A.S. USTINOVA, N.V. BARAKOVA, V.S. TIRSKAYA

National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Institute of Refrigeration and Biotechnologies

191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*The usage of the high gravity wort fermentation technology, which is one of the most efficient and less cost-based methods of ethanol production intensification, is today restricted due to insufficient fermentation of the wort carbohydrates. By controlling the grain desintegration degree and therefore the quality of saccharificated wort and by choosing the yeast strain for its fermentation one can affect the unfermented carbohydrates content of the fermented wash. During the experiments it was established that the usage of the alcohol yeast strain E (comparing to strains A and F) and the usage of grain disintegration degree of 100% passage through the 1 mm cell sieve (comparing to the 70% passage) allow to raise the high gravity wort attenuation degree considerably.*

**Keywords:** high gravity wort, yeast strain, fermentation, carbohydrates composition, disintegration degree.

---

В настоящее время основной проблемой спиртовой промышленности в первую очередь является поиск путей интенсификации технологического процесса и повышения рентабельности производства, в частности, за счет снижения затрат.

Одним из наиболее перспективных способов интенсификации производства спирта является использование технологии сбраживания высококонцентрированного сусла. Применение этой технологии дает возможность сократить расход электроэнергии на стадиях водно-тепловой обработки замеса и ректификации, а

также повысить показатели предприятия без дополнительных капитальных затрат.

Использование сырья с более низкими ценовыми показателями позволит снизить себестоимость готовой продукции и повысить экономические показатели производства.

Ячмень в настоящее время является одним из наиболее распространенных, дешевых и доступных видов зерновых культур, применяемых в технологии спирта.

Однако при использовании ячменя в технологии приготовления и сбраживания высококонцентрированного сусла возникает проблема недостаточно полного сбраживания углеводов.

Эффективность процесса спиртового брожения зависит от множества факторов: от физиологических и технологических свойств применяемых для этой цели дрожжей, состава питательной среды, а также способов сбраживания сусла [1].

Необходимые для сбраживания высококонцентрированного сусла свойства дрожжей определяются их штаммовыми характеристиками, а состав питательной среды во многом зависит от степени измельчения сырья [2].

Целью данной работы являлось исследование влияния различных штаммов спиртовых дрожжей и степени измельчения сырья на степень сбраживания высококонцентрированного ячменного сусла.

Для проведения экспериментов использовались штаммы дрожжей Е, F и А, рекомендуемые разработчиками и фирмами–производителями для сбраживания высококонцентрированных сред.

Для сбраживания сусла использовалась чистая культура дрожжей указанных штаммов. Накопление биомассы дрожжей проводили с постепенным увеличением объема питательной среды на двух стадиях в условиях простой периодической культуры. В качестве источника углеводного питания использовали меласса, концентрат пивного сусла и сахароза. Для первой стадии культивирования из воды, концентрата пивного сусла и сахарозы готовилась питательная среда с концентрацией растворенных сухих веществ 12%. В колбу с 50 мл среды с помощью микробиологической петли вносилась порция чистой культуры дрожжей. Инкубирование проводилось при температуре 30<sup>0</sup>С в течение 24 часов. Затем полученную культуру переносили в колбу с 350 мл питательной среды с концентрацией сухих веществ 12%, приготовленной из воды и мелассы. Инкубирование проводили при температуре 30<sup>0</sup>С в течение 48 часов. Полученную культуру дрожжей центрифугировали и промывали стерильной дистиллированной водой. Из полученного осадка дрожжей готовили суспензию для инокуляции в осахаренное зерновое сусло.

Для получения высококонцентрированного осахаренного сусла были приготовлены замесы из дробленого ячменя с гидромодулем 1:2,5. Водно-тепловую и ферментативную обработку замеса производили по механико–ферментативной схеме с максимальной температурой 90<sup>0</sup>С, выдерживаемой в течение одного часа. Общее время обработки замеса составило 6 часов.

Ферментативную обработку замесов и осахаривание сусла проводили с использованием ферментных препаратов: термостабильной  $\alpha$ -амилазы,  $\beta$ -

глюканы, ксиланы и глюкоамиланы. Показатели осахаренного высококонцентрированного ячменного сусла приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели осахаренного ячменного сусла**

| Показатель   | Значение показателя |
|--|---------------------|
| Массовая доля растворимых сухих веществ, %               | 21,0                |
| Содержание редуцирующих углеводов, г/100 см <sup>3</sup> | 14,9                |

В полученное осахаренное сусло вносили суспензию дрожжей штаммов Е, F и А, полученную путем культивирования. Брожение проводили при температуре 30°С в течение 72 часов. Начальная концентрация дрожжевых клеток в сбраживаемом сусле составляла 20 млн/мл.

Интенсивность процесса брожения оценивали по количеству выделившегося в ходе брожения углекислого газа. Полученные результаты представлены на рис.1.

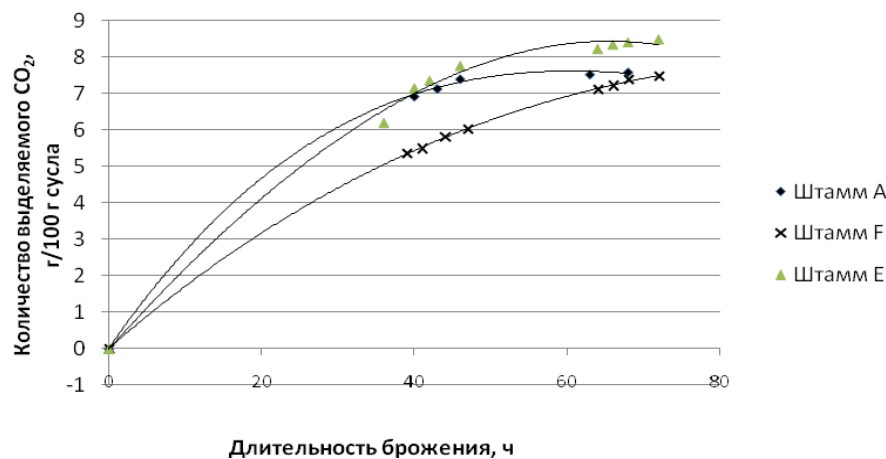


Рис.1 Динамика выделения углекислого газа в процессе брожения

Из рис. 1 видно, что при использовании штамма А брожение прекратилось на 6 часов раньше, чем при сбраживании сусла другими штаммами. Однако общее количество выделившегося газа оказалось наиболее высоким при использовании штамма Е.

По окончании процесса брожения проводился анализ зрелой бражки, результаты которого представлены в табл.2. Полноту сбраживания высококонцентрированного ячменного сусла оценивали по концентрации этанола и содержанию в бражке несброженных углеводов.

Таблица 2

**Показатели зрелой бражки**

| Показатели                                   | Штаммы дрожжей |            |            |
|--|----------------|------------|------------|
|  | Е              | F          | А          |
| Концентрация этанола, % об.                  | 10,35±0,01     | 10,14±0,01 | 10,02±0,01 |
| Несброженные углеводы, г/100 см <sup>3</sup> | 1,15±0,06      | 1,33±0,07  | 1,27±0,06  |

Из таблицы 2 видно, что наибольшее количество этанола было получено при использовании штамма Е. Количество несброженных углеводов и видимая концентрация растворенных сухих веществ в данном образце были самыми низкими.

Из данных, приведенных на рис. 1 и в табл. 2, можно заключить, что для обеспечения полноты сбраживания высококонцентрированного ячменного суслу из трех исследованных штаммов дрожжей наиболее эффективным является штамм Е.

Для исследования влияния степени измельчения сырья на состав питательной среды и степень сбраживания высококонцентрированного суслу были приготовлены образцы замесов из помолов ячменя разной степени измельчения. Водно-тепловую и ферментативную обработку замесов производили по механико-ферментативной схеме с максимальной температурой 90<sup>0</sup>С, выдерживаемой в течение одного часа. Общее время обработки каждого замеса составило 6 часов.

Оценку качественного состава полученного суслу проводили по содержанию в нем сбраживаемых углеводов и α-аминного азота. Определение углеводного состава осахаренного суслу проводили методом Зихерда – Блейера в модификации Смирнова [3], содержание α-аминного азота - медным способом.

Показатели полученных образцов осахаренного суслу приведены в табл. 3.

Таблица 3

Технологические показатели осахаренного ячменного суслу

| № п/п | Степень измельчения                   | Содержание сухих в-в, % | Содержание редуц. у/в, г/100 см <sup>3</sup> | Углеводный состав суслу |                         |                            | Содержание α-аминного азота, мг/100 см <sup>3</sup> |
|-------|---------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---|
|       |                                       |                         |  | массов. доля глюкозы %  | массов. доля мальтозы % | массов. доля декстринов, % |   |
| 1     | проход через сито диаметром 1мм 70%   | 20,7                    | 15,11  | 25,9                    | 23,8                    | 50,3                       | 9,8   |
| 2     | проход через сито диаметром 1 мм 100% | 20,9                    | 16,01  | 18,9                    | 32,6                    | 48,5                       | 12,6  |

Из таблицы 3 видно, что в образце №2 содержится более высокое количество растворенных сухих веществ, сбраживаемых углеводов и α-аминного азота.

Анализ углеводного состава осахаренного суслу показал также, что образец №2 содержит меньшее количество декстринов и большее количество мальтозы и глюкозы по сравнению с образцом №1.

Таким образом, при прочих равных условиях, тонкое измельчение сырья дает возможность получения ячменного суслу с более высокими качественными показателями.

Оценку влияния степени измельчения сырья на степень сбраживания высококонцентрированного ячменного суслу проводили по показателям зрелых бражек, полученных из описанных образцов суслу. Брожение проводили штаммом спиртовых дрожжей, наилучшим образом зарекомендовавшим себя при проведении предварительных испытаний - штаммом Е.

Результаты анализа зрелых бражек представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Состав зрелой бражки из помолов с разной степенью измельчения ячменя**

| №<br>п/п | Показатели зрелой бражки                       |                                     |   |                    |
|----------|--|-------------------------------------|---|--------------------|
|          | Содержание углеводов,<br>г/100 см <sup>3</sup> |                                     |   | Крепость,<br>% об. |
|          | С <sub>общ</sub>                               | С <sub>редуциру-<br/>ющих у/в</sub> | С <sub>нерастворенного<br/>крахмала</sub> |                    |
| 1        | 1,66±0,08                                      | 1,15±0,06                           | 0,46±0,02                                 | 10,35±0,01         |
| 2        | 1,42±0,07                                      | 1,09±0,05                           | 0,30±0,02                                 | 10,43±0,01         |

Из таблицы 4 видно, что в образце №2, приготовленном из ячменя более тонкого помола, обнаружено меньшее количество несброженных углеводов и более высокое содержание спирта по сравнению с образцом №1, приготовленным из ячменя более грубого помола. Эти показатели свидетельствуют об эффективном влиянии степени измельчения сырья на степень сбраживания углеводов в высококонцентрированном сусле.

Таким образом, установлено, что измельчение ячменя, характеризующееся проходом через сито диаметром 1 мм - 100%, и использование штамма спиртовых дрожжей Е дают возможность повысить полноту сбраживания, но не обеспечивают полного выбраживания углеводов высококонцентрированного ячменного сула. Требуется дальнейший поиск решений этой актуальной проблемы.

### Список литературы

1. Помозова В. А. Технология спиртового и ликеро-водочного производств: учебное пособие / Помозова В.А.; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2005. - 124 с.

2. Баракова Н. В. Исследование влияния степени диспергирования зерна на технологические параметры при производстве спирта из пшеницы / Н. В. Баракова, А. С. Устинова // Материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с Международным участием 28-30 апреля 2010г. г. Бийск. Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. Часть 1. – Бийск, 2010. - С.220–224.

3. Трезубов Н. Н., Костенко В. Г. Технохимический контроль крахмалопаточного производства. - М.: Агропромиздат, 1991. – 216 с.