

Усовершенствование технологии изготовления этилового спирта

за счет применения магнитных полей

С. ГРИГОРЕНКО, главный технолог

ООО «Крымская водочная компания»

В. ПОПОВА, канд. техн. наук

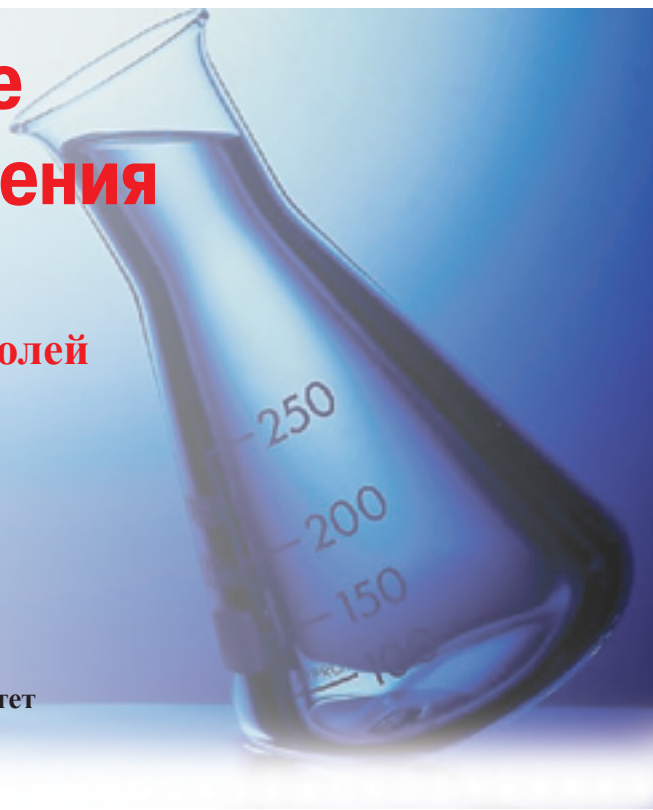
Национальный университет пищевых технологий

А. ФЕДЕЛОВ, канд. техн. наук

КНПП «Нуклон-1»

Н. БОРОВИКОВА, ассистент

Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П. Василенка



В микробиологическом синтезе получения этилового спирта наиболее перспективным в настоящее время представляется использование воды и суслу, обработанных магнитным полем.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния магнитных полей на культурально-морфологические свойства дрожжей для повышения эффективности биоконверсии мелассного сырья в спирт.

На первом этапе совместно с учеными НАУ были проведены исследования возможности направленного метаболизма дрожжей на основе влияния биологически активных веществ воды, обработанной магнитным полем, в составе питательной среды.

В качестве субстрата при культивировании анаэробной метаногенной ассоциации при 60 °С служила мелассная барда. **В опытах ис-**

пользованы магниты предприятия «Нуклон».

Мелассную барду пропускали через магнитное поле постоянных магнитов, расположенных по ходу движения среды, с частотой пульсации от 2 до 10 Гц, величиной магнитной индукцией от 40 до 120 мТл, скоростью потока от 0,6 до 1,2 м/с. А потом вносили инокулят анаэробных микроорганизмов и культивировали в термостате при 60 °С.

Установлено, что обработка субстрата магнитным полем приводит к диспергированию жидкости, изменяет физико-химические свойства мелассной барды, обуславливая тем самым интенсификацию роста и получения метаболитов. Эффективность обработки зависит от оптимального соотношения магнитной индукции и скорости потока.

Проведенные исследования показали, что при культивировании анаэробных микроорганизмов с использованием мелассной барды, которая была обработана в магнитном поле с магнитной индукцией 40-120 мТл, при скорости потока от 0,6 до 1,2 м/с, наибольший выход биогаза (41,7 мл/сутки) наблюдался на вторые сутки при скорости потока жидкости 0,60 м/с.

По сравнению с контрольным вариантом повысилась интенсивность выхода биогаза на 72,1, этанола на 53,8 и ацетата на 38,9%.

Таким образом, установлено, что магнитная обработка позволяет интенсифицировать процесс получения биогаза и жидких метаболитов.

Влияние магнитной обработки на накопление биомассы дрожжей

Известно, что существенное влияние на метаболизм дрожжей оказывает состав питательной среды и аэрации. При этом вода, обработанная магнитным полем в составе питательной среды, способствует активации ферментов азотистого и углеродного обмена дрожжей *Saccharomyces cerevisial* рассы В в аэробных условиях культивирования.

Использование рас дрожжей, которые имеют высокую удельную скорость роста, позволяет интенсифицировать технологические процессы, такие, например, как получение биомассы дрожжей, и снижать развитие посторонней микрофлоры.

Были проведены исследования по накоплению дрожжевых клеток и определению скорости их роста.

Дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisial* рассы В высевали на стерильное мелассное сусло концентрацией 10-12% СВ, обработанное магнитным полем, и культивировали в термостате при температуре 30°C в течение 24 часов. Через каждые два часа проводили подсчет дрожжевых клеток. Начальная концентрация дрожжей составляла 28-30 млн/мл.

В экспоненциальной фазе роста, которая началась через 4 часа, наибольшие питательные скорости роста наблюдались при скорости магнитной обработки 0,42 м/с, что превышает контроль на 82,4%.

При скорости магнитной обработки 0,14 и 0,84 м/с удельные скорости роста были более низкими, но в общем выше, чем в контроле.

Дрожжевые клетки подсчитывали каждые два часа. Начальная концентрация дрожжей составляла 28-30 млн/мл. **Магнитную обработку проводили на лабораторной установке «Нуклон-Кл-Х».**

Установлено, что дрожжевые клетки обработанного сусла проходили лаг-фазу (5-10 час.) при культивировании практически одинаково. В дальнейшем динамика размножения зависела от скорости обработки мелассного сусла магнитным полем. В экспоненциальной фазе (через 5 часов.) одинаковые положительные результаты были получены при всех скоростях обработки. Максимальное накопление дрожжевых клеток происходит при скорости 0,42 м/с.

Изменение активности дрожжей зависит от величины магнитной индукции, протяженности магнитных полей, скорости потока, а интенсификация действия магнитных полей наблюдается при определенных условиях работы устройства, в зависимости от установленных режимов.

В лабораторных условиях было исследовано

влияние различных конструкций магнитных установок и мощности магнитных полей, а также влияние скорости прохождения потока сусла на интенсивность накопления биомассы дрожжей при сбраживании мелассного сусла.

Перед сбраживанием сусло обрабатывали на магнитных установках «Нуклон-Кл-Х», «Нуклон-БУР», «Нуклон-ЗАВ», «Нуклон-МГД».

Результаты исследований по накоплению биомассы дрожжевых клеток при обработке мелассного сусла на магнитных установках представлены на рис. 1.

Наибольший относительный прирост биомассы дрожжей достигается на магнитной установке «Нуклон-Кл-Х» при скорости 0,42 м/с – 36%, в результате активации биологической активности дрожжей магнитным полем.

Зависимость эффекта магнитной обработки от скорости обработки пропускания мелассного сусла имеет сложный экстремальный характер. При обработке мелассного сусла на всех магнитных системах наблюдается прирост биомассы по сравнению с контролем. Однако есть области времени обработки, которым соответствует более или менее положительный эффект. В отдельных случаях наблюдается уменьшение относительного количества накопления биомассы.

Сбраживание сусла, с концентрацией сухих веществ (СВ) 22%, проводили методом «бродильной пробы» в термостате при температуре 30°C в течение 72 часов, используя чистую культуру дрожжей *Saccharomyces cerevisial* расы В.



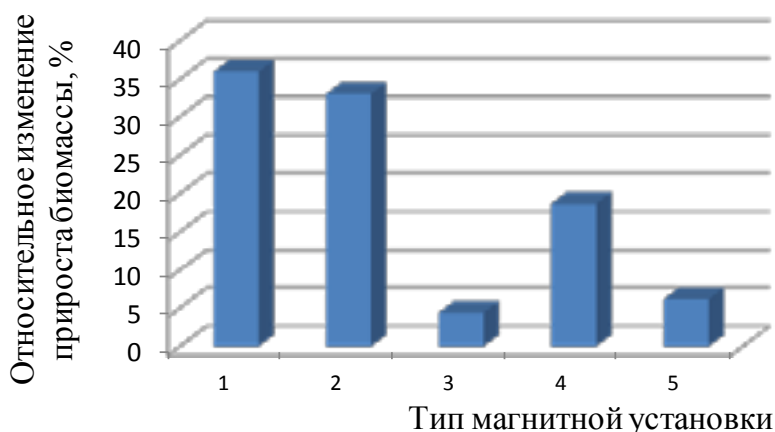


Рис. 1. Эффективность магнитной установки по накоплению биомассы дрожжей при скорости 0,42 м/с:
 1 – «Нуклон-Кл-Х»; 2 – «Нуклон-Кл-У»; 3 – «Нуклон-ЗАВ»;
 4 – «Нуклон-БУР»; 5 – «Нуклон-МГД».

Скорость обработки сусла регулировали от 0,14 м/с до 0,84 м/с. Исследования проводили на лабораторной установке «Нуклон-Кл-Х».

Скорость сбраживания омагниченого сусла контролировали по динамике выделения диоксида углерода (CO₂).

Положительный эффект на сбраживание мелассного сусла достигается при обработке на всех скоростях, но максимальное выделение диоксида углерода наблюдается при обработке мелассного сусла со скоростью 0,42 м/с.

Бродильная активность дрожжей, обработанных магнитным полем увеличилась после 12-ти часов и составляла 10 г/100 см³, что на 4,1 г/100 см³ больше, чем в контрольном образце, а к 36-ти часам со-

ставляет уже 14,8 г/100 см³, что на 3,7 г/100 см³ выше, чем в контроле. На 60 ч процесс брожения в опытном варианте практически заканчивается и составляет 18 г/100 см³ и при дальнейшем увеличении продолжительности сбраживания не изменяется. В контроле бродильная активность дрожжей в течении 60 ч еще возрастает, а к 72 ч увеличение этого показателя прекращается и составляет 15 г/100 см³.

Таким образом, магнитная обработка массы позволяет увеличить бродильную активность дрожжей на 20% по сравнению с контролем и сократить процесс сбраживания сусла на 10-12 ч.

По окончании брожения в зрелой бражке определяли содержание несброженных углеводов, биомассу дрожжей, pH бражки и объемную долю спирта. Результаты показали, что максимальное накопление спирта и минимальное количество несброженных углеводов наблюдалось при обработке мелассного сусла при скорости 0,42 м/с, что превышает контрольный образец на 5,1%. При повышении или уменьшении скорости, количество спирта уменьшалось по сравнению с контрольным образцом.

Наибольшее количество биомассы дрожжевых клеток было при магнитной обработке сусла со скоростью 0,42 и 0,84 м/с, что составляет 32,3 и 21,3% по сравнению с контрольным образцом.

Влияние магнитной обработки на изменение pH мелассного сусла.

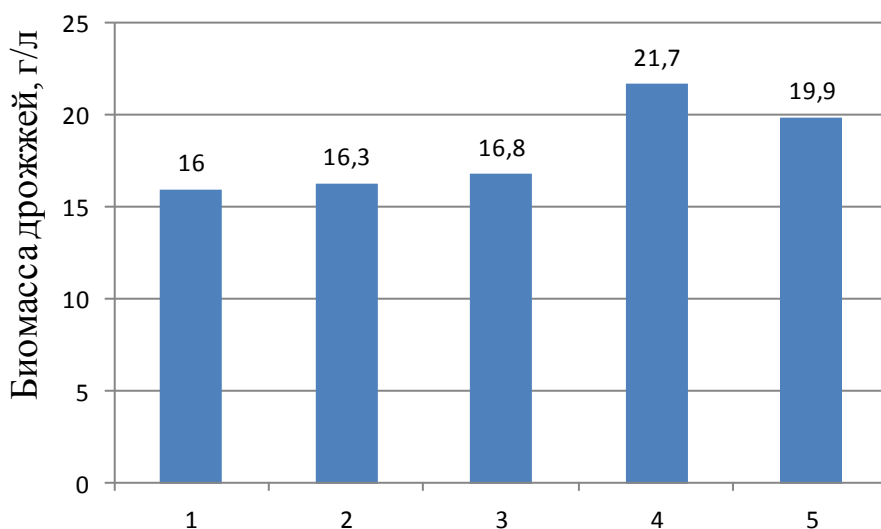


Рис. 2. Зависимость накопления биомассы дрожжей от скорости прохождения мелассного сусла сквозь магнитную установку (магнитная установка «Нуклон-Кл-Х»:
 1 – без обработки (контроль); 2 – 0,14 м/с; 3 – 0,21 м/с; 4 – 0,42 м/с;
 5 – 0,84 м/с.

Значение pH питательной среды имеет исключительно большое влияние на скорость роста и биологическую активность микроорганизмов. Кроме того значение pH культуры оказывает большое влияние на образование конечных продуктов анаэробного превращения источника углерода и энергии.

Исследование зависимости роста и прироста биомассы дрожжей от pH исходной среды при аэрировании культуральной жидкости в периодических условиях роста указывает на то, что для культуры дрожжей, находящихся в экспоненциальной фазе развития, оптимум pH

равен 5,0; в фазе замедления роста (12-часовая культура) это значение уже 4,3, а в стационарной фазе – около 3,5. Следовательно, по мере старения культуры оптимум pH для ее роста смещается в более кислую область.

Опытные данные указывают на то, что для получения максимального накопления биомассы дрожжей исходное значение pH сусле должно быть близким к нейтральному. Однако в течение развития культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* рассы В и образования продуктов их обмена в среде **оптимум pH смещается в кислую сторону, что делает возможным создание технологических приемов борьбы с инфицирующей микрофлорой в промышленных условиях.**

Для определения влияния магнитной обработки на pH мелассного сусле его пропускали со скоростью 0,42 м/с. Уровень pH исходного раствора составлял 7,0. Это связано с тем, что в случае нейтральной или слабо кислой реакции мелассного сусле клетки дрожжей вместе с молекулами воды начинают заметно поглощать ионы H^+ . При этом значении pH поглощения этих ионов усложняется и в течение опыта в контрольном варианте не происходит сильного повышения этого показателя.

pH растворов регистрировали с помощью иономеров через определенные промежутки времени (2,5, 5,0, 7,5, 10,0, 15,0 и 20,0 минут). Статистические расчеты проведены с использованием параметрического теста Стьюдента. За расчетную единицу принимали усредненный показатель pH отдельного опыта.

Уже через 2-3 минуты после магнитной обработки мелассного сусле происходит статистически достоверное снижение уровня pH раствора. В растворе с контрольным суслем отмечается тенденции к снижению pH. В этот период показатели pH обработанного и необработанного сусле отличаются в серии опытов с уровнем вероятности 0,99. Затем в обоих вариантах уровень pH начинает расти. Но в опытном варианте этот подъем происходит более интенсивно. Так, через 5 минут pH опытного образца возвращается к исходному уровню, а через 7,5 минут отсутствует статистически значимая разница исследовательского и контрольного образца. Через 15 и 20 минут значение pH обработанного и необработанного мелассного сусле одинаковое. Снижение уровня pH опытного образца объясняется повышением концентрации свободных ионов H^+ между клетками.

Одним из механизмов влияния магнитного поля на живую клетку, что запускает цепь реакций, может быть выход некоторой части свободных ионов H^+ за пределы зоны адсорбционного взаимодействия с поверхностью клеточной мембраны. Последние, как правило, концентрируются на внешней поверхности клеточных мембран, благодаря чему pH на 0,3-0,4 единицы ниже, чем в окружающей среде.

Прямым следствием выхода части указанных ионов из зоны диффузии клеточной мембраны должно быть временное повышение числа свободных ионов H^+ , то есть снижение pH значение раствора в первые 2-3 минуты, но уже через 5 минут pH возвращается к исходному уровню.

Выводы

Внедрение магнитной обработки мелассного сырья на спиртовых заводах способствует значительному повышению рентабельности производства за счет уменьшения энергетических и материальных затрат, дает возможность повысить качество готового продукта и безопасность эксплуатации оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фефелов А.А., Боровикова Н.А., Попова В.Н., Григоренко С.А.** Влияние магнитных полей на интенсификацию и энергосбережение технологических процессов при изготовлении этилового спирта // Отчет по научнотехнической работе КНПП «Нуклон-1». – Харьков, 2011.
2. *О состоянии и направлениях развития производства спирта этилового из пищевого сырья и ликероводочной продукции.* – М.: Пищевая промышленность, 2005. – 424с.
3. **Римарева Л.В.** Повышение эффективности биотехнологических процессов спиртового производства // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2003. – №4. – С. 13–18.
4. **Боровикова Н.О.** Удосконалення технології спирту з використанням фізичних полей // Звіт з НДДК роботи. Харківський університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2010.

