

УДК 633.1:532.528

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА МОНОСАХАРОВ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОЛИЗА ЗЕРНОСМЕСЕЙ

канд. техн. наук, доц. **Е.М. ШЕСТОПАЛОВ**, канд. техн. наук, доц. **В.Б. ХАЛИЛ**
(Полоцкий государственный университет);
П.В. ШИНЕЛЬКО
(ОАО «Нафтан», Новополоцк)

Представлено исследование влияния концентрации моносахаров в гидролизате на выход конечного продукта при производстве провита на Новополоцком заводе белково-витаминных концентратов. Для анализа определения концентрации моносахаров использовался метод, основанный на реакции восстановления двухвалентной меди редуцирующими моносахарами в щелочной среде при кипячении в присутствии желтой кровяной соли. Рассматриваются технологические приемы, позволяющие увеличить выход моносахаров в процессе гидролиза зерносмесей. Показано, что увеличение концентрации сахаров в гидролизате существенно увеличивает производительность ферментеров. Приведены результаты исследования влияния кавитационной обработки на концентрацию моносахаров в гидролизате при различной интенсивности воздействия. Кавитационное воздействие на процесс гидролиза при гидромодуле 1:6 позволяет практически удвоить количество моносахаров.

Введение. Гидролиз органических соединений широко используется в пищевой промышленности и при производстве кормов для сельскохозяйственных животных. Обычно гидролиз осуществляется в присутствии кислот (кислотный гидролиз) или щелочей (щелочной гидролиз). Гидролитическому расщеплению чаще всего подвергаются связи атома углерода с другими атомами (галогенами, кислородом, азотом и др.) [1].

Часто для гидролиза используют растительное сырье, продукты которого подвергают дальнейшей химической и биохимической переработке. Как правило, в состав гидролизатов помимо белков, жиров и углеводов входят витамины, минеральные вещества, пищевые волокна и другие ценные пищевые компоненты, причем находятся они в естественных соотношениях в виде органических соединений в той форме, которая лучше усваивается организмом [2]. Обогащение пищевых продуктов натуральными ингредиентами, полученными в результате гидролиза, имеет преимущество перед химическими препаратами и их смесями.

Одним из возможных направлений использования процесса гидролиза является переработка зернового сырья с целью получения моносахаров, применяемых в качестве питания на стадии выращивания дрожжей. Высушенные дрожжи в дальнейшем добавляются в корм сельскохозяйственных животных.

Эффективность проведения процесса гидролиза зерновых смесей оценивается в первую очередь по концентрации моносахаров в гидролизате. Соответственно производительность стадии выращивания дрожжей зависит от количества моносахаров в потоке питания, которым и является гидролизат.

Обследование узла гидролиза. В настоящее время схема узла гидролиза зернового сырья завода БВК выглядит следующим образом (рис. 1).

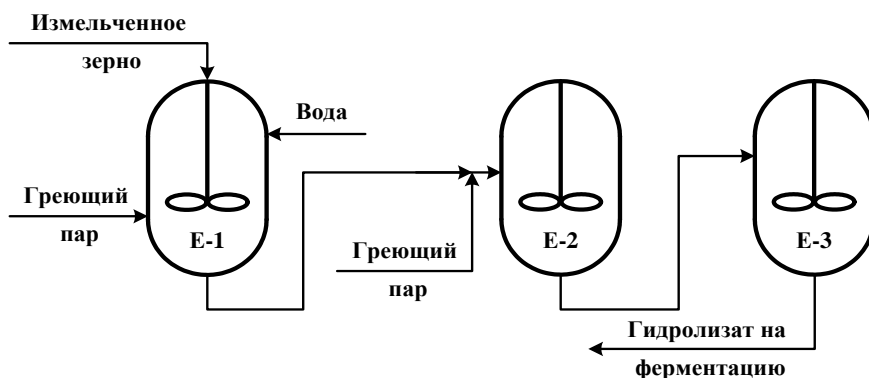


Рис. 1. Схема узла гидролиза зернового сырья завода БВК

Технологические и механические данные по аппаратам приведены в таблице 1.

Таблица 1

Данные по аппаратам узла гидролиза

Номер аппарата	Объем, м ³	Температура, °С	Давление
Е-1	80	65	Атмосферное
Е-2	80	80	Атмосферное
Е-3	80	75	Атмосферное

Количество аппаратов и их объем определяется необходимостью обеспечить суммарное время пребывания продукта в аппаратах, приблизительно равное 2 часам. Что позволяет при соотношении указанных температур (см. табл. 1) провести гидролиз до минимально приемлемых параметров:

- концентрация твердой фазы – 50 %;
- концентрация моносахаров – 8 %;
- концентрация общих сахаров – 35...40 %.

Технологическая схема собиралась из имеющегося оборудования и энергетических возможностей практически по идеологии опытно-промышленной установки, что и предопределило ее невысокие параметры переработки сырья. Достаточно сказать, что в классических случаях концентрация твердой фазы в гидролизате составляет примерно 10 %.

В целом данные показатели ухудшают интегрированный показатель качества работы и экономики всего производства – расходный коэффициент, равный отношению количества сырья к количеству конечного продукта.

Исследование влияния концентрации моносахаров в гидролизате на производительность ферментера. С целью выяснения реального влияния концентрации моносахаров в потоке питания на производительность ферментера по дрожжам был проведен анализ режимных листов за февраль 2008 года. Полученные данные были обработаны с использованием табличного редактора Excel (рис. 2).

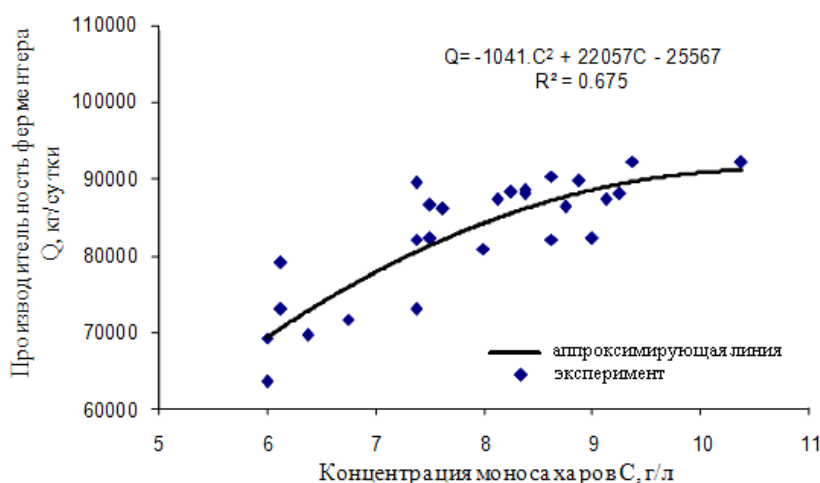


Рис. 2. Зависимость производительности ферментера по дрожжам от концентрации моносахаров в гидролизате

На производительность ферментера оказывают влияние и другие, не учитываемые в данном анализе факторы. Поэтому имеется существенный разброс показателей. Однако наличие большой выборки данных позволяет утверждать, что полученная зависимость отражает реальное положение.

Как видно из рисунка 2, увеличение количества моносахаров на 53 % приводит к увеличению производительности ферментера на 33 %. Это, в частности, говорит о том, что количество растворенных в культуральной жидкости кислорода и других ингредиентов не является в данном процессе лимитирующим. Таким образом, любые мероприятия, увеличивающие выход моносахаров на единицу сухой зерносмеси с использованием энергетически оправданных технологий, будут приводить к улучшению экономики предприятия.

Исследование влияния величины гидромодуля на выход моносахаров. Используемое в процессе гидролиза массовое соотношение «вода – зерновая смесь» (гидромодуль) выступает как один из факторов, влияющих на выход моносахаров.

В настоящее время на заводе БВК используется гидромодуль 1:9. Изучение литературных источников [3] заставил сомневаться в том, что данный гидромодуль позволяет добиваться максимально достижимых в условиях завода результатов.

Целью данного лабораторного исследования являлось выявление оптимального значения гидромодуля, позволяющего с наименьшими затратами энергии и воды получать наилучший выход моносахаров.

Для приготовления исходной зерновой смеси использовалось следующее процентное соотношение: 70 % отруби + 30 % дерть.

Процесс промышленного гидролиза моделировался в лабораторных условиях:

- выдержка сырья на водяной бане в течение 1 ч при 65 °С (емкость Е1);
- выдержка сырья на водяной бане в течение 1 ч при 80 °С (емкости Е2 и Е3);
- центрифугирование в течение 10 мин для удаления взвешенных примесей.

Для анализа определения концентрации моносахаров использовался метод, основанный на реакции восстановления двухвалентной меди редуцирующими моносахарами в щелочной среде при кипячении в присутствии желтой кровяной соли. Образующаяся закись меди, реагируя с желтой кровяной солью, дает хорошо растворимое комплексное соединение, что позволяет проводить анализ прямым титрованием. Данная методика определения моносахаров используется на заводе БВК в процессе контроля производства.

Эффективность проведения процесса гидролиза в зависимости от гидромодуля оценивалась как отношение массового содержания редуцирующих сахаров к массе сухого вещества в гидролизате.

Результаты проведенных опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость эффективности процесса от значения гидромодуля

Гидромодуль	Сухое вещество, г	Вода, г	Концентрация сахаров, РВ, г/л	Эффективность
1:9	10	90	13	1,3
1:6	14,3	85,7	23,1	1,38
1:4	20	80	37,5	1,5

В результате проведенного исследования выявлено, что при уменьшении гидромодуля в рассматриваемых пределах эффективность проведения процесса гидролиза зерновой смеси растет. Так, например, при уменьшении гидромодуля с 1:9 до 1:4 эффективность проведения процесса гидролиза увеличилась на 15,4 %, что, соответственно, может привести к увеличению производительности процесса выращивания дрожжей примерно на 10 %.

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что гидромодуль 1:4 является оптимальным, однако анализ оборудования, используемого на данный момент в производстве, не позволяет работать с гидромодулем 1:4 из-за высокой вязкости смеси. Проведение гидролиза в промышленных условиях с гидромодулем 1:6 повысит производительность по дрожжам примерно на 5 %. Применение предлагаемого гидромодуля принесет и дополнительный положительный эффект. В настоящее время гидролизат поступает в ферментер с температурой 70 °С, поэтому в летний период имеющиеся встроенные холодильники не могут обеспечить необходимый температурный режим (36 °С). При использовании предлагаемого нами гидромодуля 1:6 появляется возможность поток питания, входящий в ферментер, разбавлять холодной водой, что снизит температуру гидролизата и снимет проблемы с охлаждением ферментера.

Исследование влияния кавитации на выход моносахаров в процессе гидролиза зерновых. На интенсивность процесса гидролиза зерносмесей влияет ряд факторов: давление; температура; продолжительность термообработки; рН среды; качественный и количественный состав смеси, подвергаемой термообработке; применение воздействия переменного давления (например, ультразвука) [4].

Учитывая реальные условия, имеющиеся на заводе БВК, применить реагентные способы интенсификации процесса гидролиза не представляется возможным. То же относится и к интенсификации за счет повышения общего давления и температуры. Поэтому была проведена работа по изучению влияния переменного давления на процесс гидролиза.

Влияние переменного давления на процесс гидролиза в основном связано с явлением кавитации, при котором возникают условия ускорения протекания процессов гидролиза как за счет механического разрушения частиц зерна, так и за счет ускорения химических реакций. Под действием кавитации происходит измельчение и разволокнение крупных частиц зерносмеси грубых кормов с их частичным гидролизом и выделением моносахаров.

В целом способ гидродинамической обработки водно-зерновой смеси позволяет использовать в производстве помимо крахмала белки, липиды, свободные сахара, органические кислоты, аминокислоты, витамины зерна и при этом экономить сырье, топливо, вспомогательные материалы. Гидродинамическая обработка позволяет сохранить ферменты сырья, более эффективно гидролизовать органические вещества зерна, экономить препараты при осахаривании крахмала [4, 5].

Цель данного исследования – изучить влияние кавитационной обработки на выход моносахаров в процессе гидролиза зерносмесей при воздействии ультразвуковых колебаний различной интенсивности.

Для приготовления исходной зерновой смеси использовалось процентное соотношение 70 % отруби + 30 % дерть (сухое вещество).

Процесс гидролиза моделировался в лабораторных условиях:

- выдержка сырья на водяной бане в течение 1 ч при 65 °С (1-я емкость);
- выдержка сырья на водяной бане в течение 1 ч при 80 °С (остальные емкости);
- кавитационная обработка (проводилась на ультразвуковом диспергаторе ТЕСНАН type UD-11)
- центрифугирование в течение 10 мин для удаления взвешенных примесей.

Для анализа моносахаров использовался описанный выше метод, основанный на реакции восстановления двухвалентной меди редуцирующими сахарами в щелочной среде. В первой серии экспериментов определялось влияние количества энергии, вводимой в среду через ультразвуковой излучатель, на концентрацию моносахаров. При подготовке сырья использовался производственный гидромодуль завода БВК (1:9). Результаты экспериментов приведены на рисунке 3.

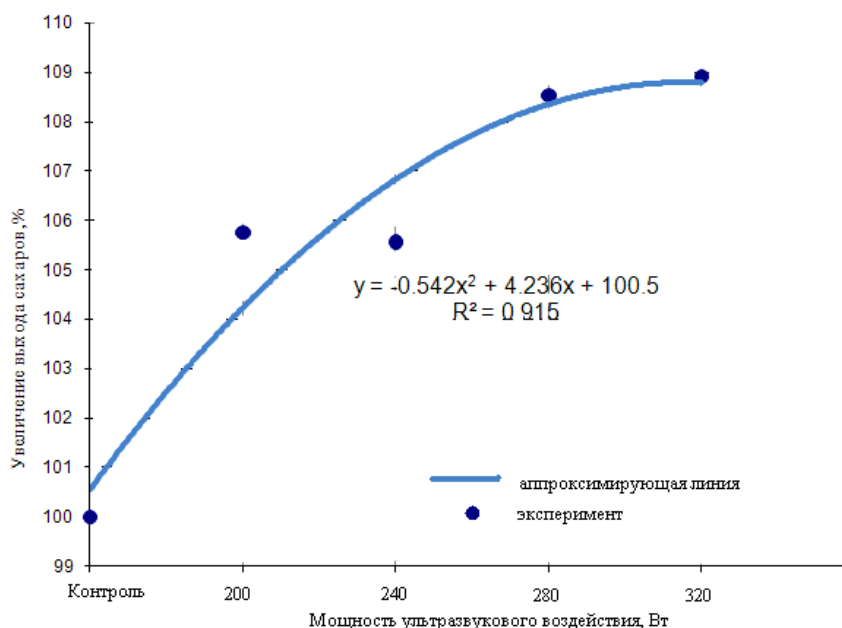


Рис. 3. Зависимость концентрации моносахаров от мощности ультразвукового воздействия

Результаты первой серии экспериментов показывают, что кавитационная обработка зерновой смеси в значительной степени увеличивает концентрацию свободных сахаров в гидролизате. При этом чем интенсивнее кавитационная обработка, тем выше их содержание.

Аналогичные эксперименты были проведены и при гидромодуле 1:6, который, как было показано, также обеспечивает увеличение выхода моносахаров, причем с более эффективным результатом, чем при производственном соотношении вода – зерновая смесь (рис. 4).

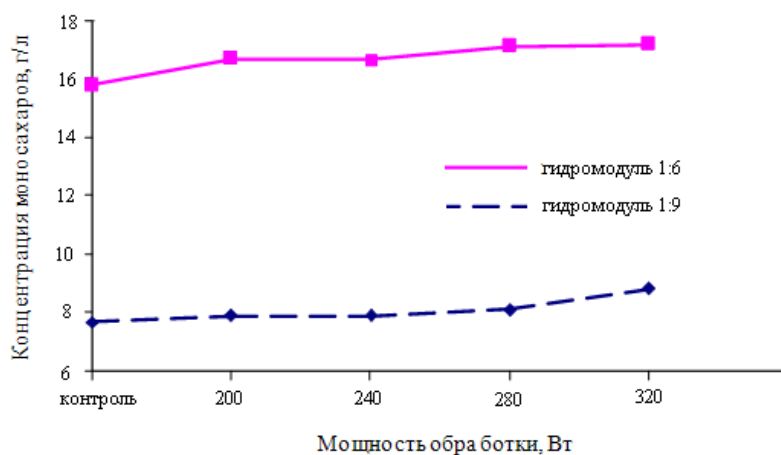


Рис. 4. Зависимость выхода моносахаров от мощности ультразвука при различном гидромодуле

Из рисунка 4 видно, что при гидромодуле 1:6 зависимость влияния обработки ультразвуком значительно усиливается. Количество моносахаров практически удваивается.

Кроме того, были проведены эксперименты с кавитационной обработкой различных объемов смеси (300, 100 и 50 мл), что приводит к увеличению удельной энергии. Смесь с гидромодулем 1:6 обрабатывалась в течение 1 мин при мощности ультразвукового воздействия 320 Вт. Результаты экспериментов представлены на рисунке 5.

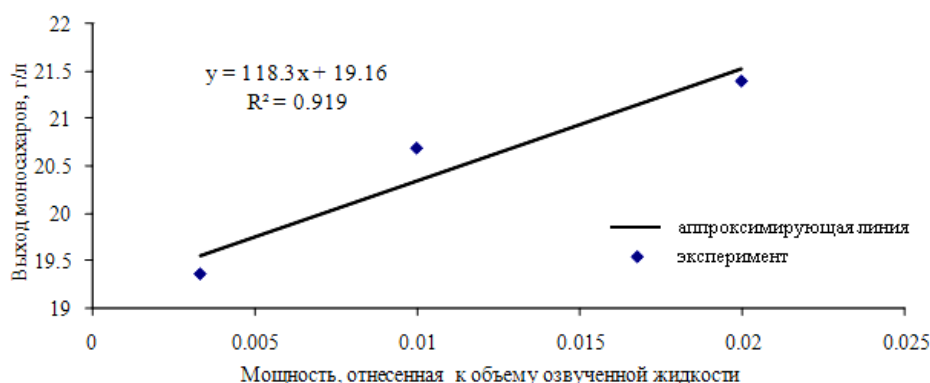


Рис. 5. Зависимость выхода моносахаров от удельной мощности обработки

Результаты экспериментов показывают, действительно, чем выше энергия на единицу объема, тем выше выход моносахаров, даже при малом времени озвучивания. Эти эксперименты также подтверждают вывод о том, что при гидромодуле 1:6 кавитационное воздействие дает больший прирост моносахаров, чем при гидромодуле 1:9.

Определение места кавитационного воздействия на процесс гидролиза. Как было показано выше, процесс гидролиза на заводе БВК проводится последовательно в трех емкостях (см. рис. 1). Для выявления оптимального месторасположения кавитационного аппарата был проведен ряд экспериментов, моделирующих различные варианты проведения процесса гидролиза с последующим анализом моносахаров в гидролизате. Рассматривались следующие варианты по месторасположению установки кавитационного устройства:

- 1) установка кавитационного аппарата до сборников;
- 2) установка аппарата после сборника E1;
- 3) установка аппарата после сборников E2 и E3.

Кавитационная обработка отбираемых проб проводилась в течение 1 мин при оптимальном гидромодуле 1:6.

Результаты экспериментов иллюстрирует рисунок 6 – установка кавитационного устройства после сборника Е1 обеспечит наиболее эффективное проведение процесса гидролиза.

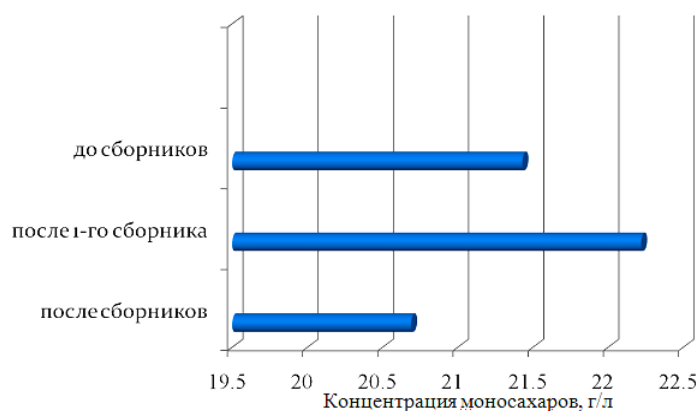


Рис. 6. Зависимость качества проведения процесса гидролиза от места установки аппарата

Заключение. В процессе работы был проведен анализ производственного процесса гидролиза и ферментации завода БВК с целью выявления зависимости производительности ферментера по дрожжам от концентрации моносахаров в гидролизате. Показано, что увеличение концентрации сахаров в гидролизате существенно увеличивает производительность ферментеров. Было изучено влияние соотношения сухого вещества к воде для процесса гидролиза. Выявлено, что его снижение с 1:9 до 1:6 позволит увеличить производительность ферментера по дрожжам на 6 %.

Также приведены результаты исследования влияния кавитационной обработки на концентрацию моносахаров в гидролизате при различной интенсивности воздействия. Изучено влияние кавитации на качество проведения процесса гидролиза при различной плотности энергии на единицу объема обрабатываемой смеси при малом времени обработки. Показано, что кавитационное воздействие на процесс гидролиза при гидромодуле 1:6 позволяет практически удвоить количество моносахаров.

Выявлено, что лучшим способом воздействия кавитации на процесс гидролиза, является установка кавитаторов непосредственно в разрыв трубопровода после емкости Е1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев, В.А. Курс физической химии / В.А. Киреев. – 2 изд. – М., 1956.
2. Реутов, О.А. Теоретические проблемы органической химии / О.А. Реутов. – 2-е изд. – М., 1964.
3. Алыбина, А.Ю. Пищевые добавки и их использование в производстве продуктов питания / А.Ю. Алыбина, М.М. Долгая. – М.: Пищевая промышленность, 1987. – 74 с.
4. Леденев, В.П. Технология комплексной переработки зернового сырья на спирт и концентрированные кормопродукты «Экоспирт» / В.П. Леденев // Современные, прогрессивные технологии и оборудование в спиртовой и ликероводочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 2000.
5. Аппараты и приборы для повышения эффективности биотехнологических производств / А.Ф. Цыцаркин [и др.] // Биотехнология-2003: тез. докл. семинара-презентации инновац. науч.-техн. проектов, Пущино, 24 – 25 нояб. 2003 г. – Пущино, 2003.
6. Пародинамический подогреватель-гомогенизатор струйного типа в переработке крахмалосодержащего сырья / А.Ф. Цыцаркин [и др.] // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы 3-го Моск. междунар. конгр. 14 – 18 марта 2005 г. – М., 2005. – Ч. 1.

Поступила 17.11.2008