

ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ КРАХМАЛА РЖАНОЙ ОБОЙНОЙ МУКИ, ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПРОДУКТА И ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ

О.Ю. Сартакова, И.Н. Охтеменко, Е.А. Сартакова

Исследовано действие температуры, дозы фермента и кислотности среды на ферментативный гидролиз крахмала ржаной обойной муки, произведенной из Алтайских сортов ржи. Проведена грануляция гидролизата и получены гранулы продукта с хорошей пористостью и хрупкостью, имеющие оптимальный состав для диетического питания. В ходе параметрической оптимизации выявлены оптимальные условия.

ВВЕДЕНИЕ

Крахмал является первым растительным материалом, использованным для получения сахара. В настоящее время все крахмалистые культуры могут быть переработаны с получением сахаров и являются ценным ежегодно возобновляемым сырьевым ресурсом. Известно два основных способа гидролиза крахмала с получением сахаров: кислотный и ферментативный. В последнее время ферментативный заслуживает большего внимания как со стороны экспериментальных исследований, так и с точки зрения практической реализации. Осахаривание крахмала ржаной муки особенно привлекательно тем, что рожь имеет в своем составе амилолитические ферменты, которые можно использовать в процессе гидролиза. Известна технология получения сахаросодержащего продукта из ржаной муки, которая предусматривает ее смешивание с водой и разжижение под действием собственных ферментов, после чего дополнительно вводится фермент глюкоамилаза [1]. В нашей работе была исследована возможность адаптации имеющейся технологии к местному растительному сырью и к более доступному ферменту – глюкоамарину и уточнение параметров технологического процесса.

Получаемый в результате сахаросодержащий сироп из ржи используется в пищевой промышленности для производства кондитерских изделий, алкогольных напитков, в хлебопечении [2, 3]. Технология производства гидролизатов из ржи безотходная. Вместе с тем полученный гидролизат, ввиду его способности к закисанию и брожению требует быстрой переработки, либо хранения при низких температурах. В настоящей работе предложен еще один вариант использования гидролизата – получение гранулированного продукта рекомендованного для диетического питания.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Процесс ферментативного гидролиза крахмала проводили на пилотной установке, основой которой являлась планетарная мешалка MOLTEN MILANO с герметичным рабочим объемом и регулируемым числом оборотов. В рабочем режиме число оборотов мешалки составляло 20 об/мин. Контроль pH реакционной смеси осуществляли на универсальном иономере ЭВ-71 (со стеклянным рабочим электродом).

В качестве субстрата использовали ржаную обойную муку из Алтайских сортов ржи, содержащую до 25% отрубей, а в качестве растворителя - водопроводную, либо дистиллированную воду. Соотношение субстрат : растворитель 1:3. Гидролиз проводили под действием фермента глюкоамарина марки Г3х с глюкоамилазной активностью 500 ед./г.

Воду нагревали до 60°C, затем в нее постепенно добавляли кислоту 0,1 N HCl, доводя величину pH до заданного значения. Затем при интенсивном перемешивании в ферментатор засыпали муку и с этого момента начинался процесс разжижения, который проводили в течение 30 мин при температуре 60°C и постоянном перемешивании.

Через 30 мин в разжиженный субстрат дозировали необходимое количество фермента, предварительно растворенного в 100 мл воды, и температуру понижали до 56°C. С момента введения фермента начинался процесс осахаривания крахмала муки. В процессе осахаривания перемешивание может быть периодическим, поэтому мешалку включали на 3-5 мин с интервалом в 30 мин. Величину pH реакционной смеси поддерживали в заданном интервале, добавляя в случае его повышения - 0,1N раствор HCl, а в случае понижения - 0,1N раствор Na₂CO₃. Продолжительность процесса в зависимости от условий опыта составляла 10-20 ч.

По окончании осахаривания проводили инактивацию фермента, для чего температуру повышали до 80°C и выдерживали в течение 10 мин.

Измерение количества глюкозы в гидролизате проводили по стандартной методике [4]. Пробы образца отбирали через определенные промежутки времени и затем инактивировали, нагревая в течение 10 мин на водяной бане до 80°C. Инактивированные пробы анализировали после охлаждения до 20°C.

Основой установки получения гранулированного витаминизированного продукта являлся барабанный сферический гранулятор AERWEKA AR 400 APPARATEAU, снабженный ребрами на его внутренней поверхности. Процесс гранулирования проводили при комнатной температуре и атмосферном давлении, разных скоростях вращения и углах наклона барабана.

При запуске барабана в него засыпали необходимое количество муки. Гидролизат, предварительно смешанный с пищевой содой, дозировали в гранулятор с помощью шприца, добиваясь его равномерного распределения по всему объему барабана. Завершали процесс по мере расходования муки в грануляторе, после чего гранулы высушивали до постоянного веса. Были опробованы следующие методы сушки:

1. в сушильном шкафу на лотке, без вентиляции при температуре 50 - 60 °С;
2. в сушильном шкафу на лотке, с конвекцией воздуха при температуре 50 -60 °С;
3. в барабане гранулятора ИК-лампой.

Фракционный состав гранулята изучали на установке вибрационного классификатора, набор сит с размером ячеек 0,5 ÷ 5 мм.

Динамическую вязкость определяли вискозиметром капиллярным стеклянным ВПЖ-3.

Пористость и рассыпчатость гранул определяли органолептически.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ржаная обойная мука, практически не используется в хлебопечении и по сути является отходом. Под действием фермента глюкавамарина происходит гидролиз крахмала с получением конечного продукта – гидролизата с содержанием глюкозы до 13%.

При проведении экспериментов соотношение компонентов мука : вода 1 : 3 не изменялось. Варьируемыми параметрами являлись: доза фермента, температура процесса и кислотность среды. Зависимости выхода глюкозы от продолжительности гидролиза

при разных условиях представлены графически (рисунки 1, 2).

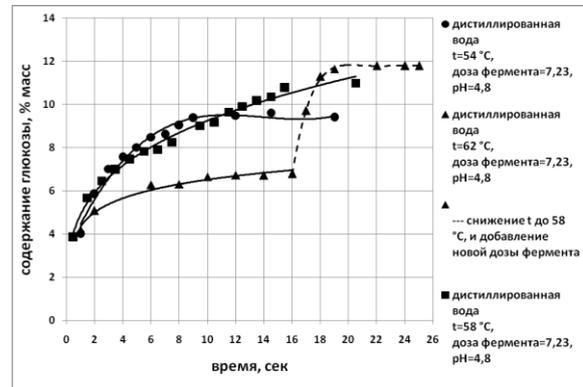


Рисунок 1. Кинетика накопления глюкозы в гидролизате в зависимости от температуры

Первая серия экспериментов проводилась при неизменной дозе фермента и постоянной кислотности среды pH 4.8. Из рекомендуемого диапазона температур было выбрано три значения 54°C, 58°C и 62°C. Как видно из графиков (рисунок 1), повышение температуры гидролиза от 58°C до 62°C отрицательно сказывается на процессе. За 15 часов при температуре 58°C была достигнута максимальная концентрация глюкозы в гидролизате 11,5%, что соответствует степени конверсии крахмала 77%. При 62°C за 16 часов эти показатели достигают величин 6.7% и 43%, соответственно. Это можно объяснить частичной инактивацией фермента, так как добавление новой порции фермента и снижение температуры до 58°C приводит к резкому возрастанию содержания глюкозы - до 11,8%. Понижение температуры до 54°C также снижает скорость гидролиза.

Параллельно с гидролизом в субстрате может протекать процесс молочнокислого брожения, поэтому субстрат склонен к закисанию. Представляло практический интерес исследовать процесс гидролиза в более кислой среде. Повышение кислотности среды до pH 2.8 ухудшает протекание процесса (рисунок 2). Степень конверсии крахмала за 15ч при прочих равных условиях понизилась на 12%.

Рекомендуемая [1] доза фермента – 4,0÷7,0 единиц активности на 1г крахмала муки. В нашем случае это составляет 4,8÷8,4г глюкавамарина на 1000г ржаной обойной муки. Были проведены опыты с различными дозами фермента: 6,5; 7,3 и 9.8 г на 1000г муки.

Отмечено, что уменьшение дозы фермента приводит к замедлению гидролиза, при этом конечная степень конверсии крахмала

ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ КРАХМАЛА РЖАНОЙ ОБОЙНОЙ МУКИ, ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПРОДУКТА И ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ

почти не меняется. Увеличение дозы фермента, как и следовало ожидать, ускоряет процесс, обеспечивая практически тот же выход глюкозы. Таким образом, наблюдаем, что с увеличением дозы фермента для достижения равного результата требуется меньшее время гидролиза (21 ч, 17 ч, 12 ч).

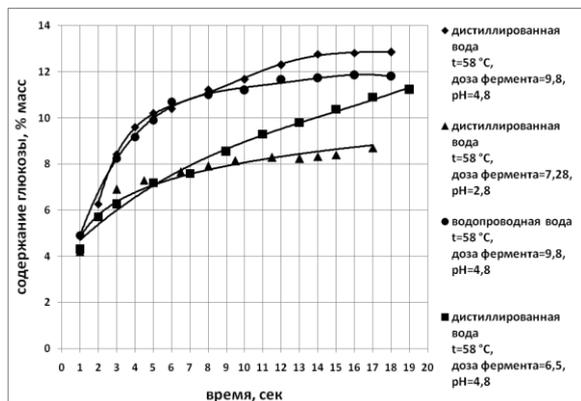


Рисунок 2. Кинетика накопления глюкозы в гидролизате в зависимости от условий процесса

Все выше описанные эксперименты проводились с применением дистиллированной воды. Так как в реальных условиях на производстве будет использоваться водопроводная вода без дополнительной очистки, то проведение эксперимента на водопроводной воде также представляло определенный интерес. В опыте с водопроводной водой питьевого качества гидролиз идет более быстро и полно (концентрация глюкозы в гидролизате составляет 13%, а степень конверсии крахмала повышается до 91%). Повышение эффективности процесса можно объяснить сокаталитическим действием катионов металлов, присутствующих в питьевой воде.

Анализируя полученные результаты, можно предложить следующие оптимальные параметры технологического процесса гидролиза крахмала ржаной обойной муки под действием глюкавамарина: соотношение мука: вода 1:3 (предпочтительно использовать водопроводную воду питьевого качества), кислотность среды pH 4.4 ÷ 4.8; температура процесса (58±2)°C. Доза фермента, из предлагаемого ряда, может быть окончательно выбрана с учетом возможной, в производственных условиях, продолжительности процесса и стоимости фермента.

По сравнению с используемым ранее кислотным способом гидролиза крахмала данная технология практически безотходна. Образующиеся сточные промывные воды имеют низкое значение pH 4.7-6.8 и могут быть утилизированы для приготовления заква-

ски или как питательный субстрат для микробиологических культур. Кроме того, на первой стадии гидролиза (разжижении) максимально используются собственные амилолитические ферменты ржаной муки.

Был проведен пробный эксперимент по выявлению возможности гранулирования гидролизата. Основными показателями эффективности гранулирования являются – выход товарной (кондиционной) фракции, качество получаемых гранул (форма, прочность, насыпная масса), однородность гранулометрического состава.

В настоящей работе процесс гранулирования проводили методом окатывания. Были исследованы зависимости фракционного состава от скорости вращения барабана, угла его наклона, количества соды.

Динамическая вязкость гидролизата с содержанием глюкозы 11,5% составляет 66,66 мПа*с. Количество гранул крупной фракции, размером более 5 мм составляет 30%-80% в зависимости от условий процесса, что можно признать удовлетворительным. Таким образом, перед гранулированием упаривание гидролизата проводить не обязательно.

Режим работы гранулятора оказывает существенное влияние на гранулометрический состав продукта. Полученный гранулят был разделен на две фракции: мелкая - до 5 мм и крупная – более 5 мм.

В ходе эксперимента было установлено влияние угла наклона и скорости вращения барабана на гранулометрический состав (рисунок 3).

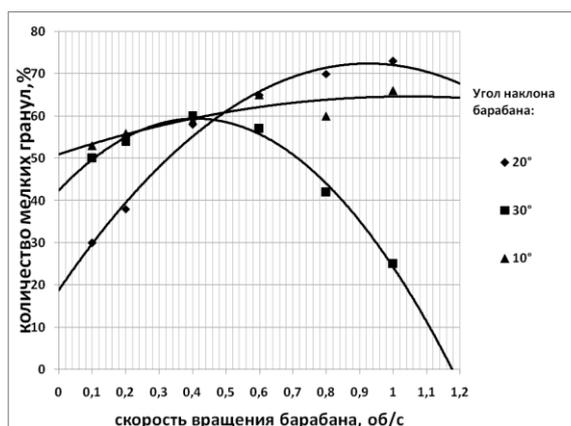


Рисунок 3. Оптимизация режима работы гранулятора

Угол наклона барабана 10°. Увеличение скорости вращения барабана приводит к некоторому увеличению количества гранул мелкой фракции. Кроме того, было установлено, что при этом меняется и форма гранул

от плоской до округлой.

Угол наклона барабана 20°. Характер зависимости сохраняется (количество мелких гранул растет с увеличением скорости). Причем, достигая скорость 0,5 об/с и выше соотношение фракции практически не меняется.

Угол наклона барабана 30°. Зависимость имеет максимум при скорости вращения барабана 0,4 об/с. При скоростях 0,1 об/с и 0,7 об/с гранулометрический состав продукта становится одинаковым. При этом в целях минимизации энергозатрат можно рекомендовать режим работы гранулятора со скоростью 0,1 об/с, при этом форма гранул будет более плоской.

В ходе эксперимента было установлено, что добавление в гидролизат соды положительно отражается на пористости и рассыпчатости гранул. Указанные характеристики определялись опосредованно через измерение насыпного веса (рисунок 4).

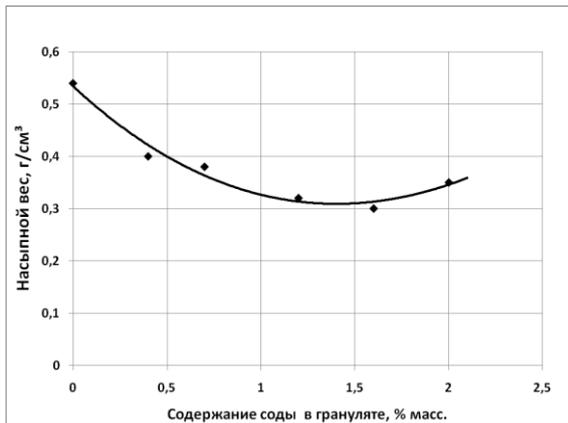


Рисунок 4. Влияние содержания соды на пористость гранул

В качестве оптимальной может быть рекомендована доза соды 0,4% от массы гидролизата. Увеличение дозы свыше рекомендуемого значения, несмотря на некоторое

повышение рассыпчатости гранул, ухудшает вкусовые характеристики.

Сопоставление показателей качества высушенных гранул тремя способами – контактной, конвективной и радиационной сушкой, позволило предпочесть контактную сушку. Два других способа сушки не позволили получить хрупкие, рассыпчатые гранулы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты эксперимента вполне удовлетворительны: получены гранулы с хорошей пористостью и хрупкостью, содержащие витамины А, Е, В и минеральные вещества ржаной муки. Состав моно- и дисахаридов гидролизата, являющегося основным компонентом гранул, оптимален для диетического питания. Таким образом, процесс ферментативного гидролиза крахмала и последующей переработки гидролизата дает возможность получить из ржаной обойной муки, которая практически не используется в хлебопечении, ценный диетический пищевой продукт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ получения сахаросодержащего продукта из ржаной муки/ И.А. Попадич, И.С. Шуб, И.В. Базина, М.В. Потяйкина. – патент RU 2013449 С1 (51) 5С13К1/06, С12R19/14.
2. Фертман Г.И., Шойхет М.И. Технология продуктов брожения. Учеб.пособие для техникумов. – М.: Высш. шк., 1976.
3. Крижановский И.С. Мошина Г.Ф. // Хлебопекар. и кондит. промышленность. – 1987. - №11 – с.16-17.
4. ГОСТ 5672-68 Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли сахара.

СИНТЕЗ ПОЛИЭФИРОВ НА ОСНОВЕ БЕТУЛИНА И НЕКОТОРЫХ ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

В.А. Яновский, В.В. Жук, А.А. Бакибаев

На примере полиэфиров впервые синтезированы олигомеры, содержащие фрагмент бетулина. Поликонденсацию проводили в растворе в присутствии кислотного катализатора в условиях азеотропной отгонки воды. Молекулярные массы олигомеров составляют 3200...3800, степень поликонденсации – 5...7. Получены зависимости молекулярных масс