БИОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ САХАРОВ ИЗ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Разработана биотехнология получения сахаров (патоки) из экструдированной зерновой смеси с использованием амилолитических микроорганизмов. Экспериментальные образцы патоки не токсичны и обладают высокой энергетической ценностью. Технология рекомендуется для получения патоки в промышленных объемах.

Ключевые слова: биотехнология, амилолитические микроорганизмы, сахара, патока, зерновое сырье.

N.V. Donkova, S.A. Donkov

THE BIOTECHNOLOGY OF SUGARRECEIVING FROM GRAIN RAW MATERIALS

The biotechnology of receiving sugars (treacle) from the extruded grain mix with the use of the starch-splitting microorganisms is developed. The experimental samples of treacle aren't toxic and possess high power value. The technology is recommended for receiving treacle in the industrial volumes.

Key words: biotechnology, starch-splitting microorganisms, sugar, treacle, grain raw materials.

В условиях Сибири целесообразно получать легкоусвояемые сахара из зерна. Суть этого процесса заключается в ферментативном гидролизе крахмала, который содержится в зерновке растений. В различных видах и сортах зерновых растений содержится от 50 до 70 % крахмала. Теоретическим обоснованием для получения сахаров из крахмала является то, что мономером молекулы крахмала является молекула глюкозы. Одна молекула крахмала может состоять из 2000 молекул глюкозы. Молекулы глюкозы соединяются между собой в цепочки гликозидными связями, а эти связи могут быть разорваны амилолитическими ферментами, которые вырабатываются пищеварительными железами человека и животных. Ряд микроорганизмов также продуцируют амилолитические ферменты. В настоящее время ферменты микробиологического происхождения используются в различных отраслях промышленности. Для того чтобы провести гидролиз крахмала, зерно необходимо предварительно подготовить. Для этого его нужно измельчить и заварить. Таким образом, процесс переработки состоит из механической подготовки зерна и ферментативного гидролиза крахмала. При заваривании содержащийся в зерне крахмал клейстеризуется. Клейстеризованный крахмал под действием ферментов легче и быстрее расщепляется до простых сахаров [1–3].

В условиях небольшого фермерского хозяйства дробление зерна можно провести при помощи небольшой дробилки, а заварить в ёмкости с водой на плите. Дроблёнку в заварочную ёмкость вносят из расчёта к воде 1 : 10. Заваривание производят в течение одного часа. За это время происходит клейстеризация крахмала и получается густая каша. После заваривания в ёмкость вносят раствор термостабильного амилолитического фермента микробиального происхождения. Фермент проявляет свою активность начиная с $t = 75^{\circ}\text{C}$. После внесения фермента сразу же начинается разжижение, и через 10–15 минут каша превращается в воду, оболочки зерна выпадают в осадок. Гликозидные связи в молекулах крахмала разрываются и в результате образуется раствор сахаров. Осахаривание крахмала продолжается в течение 6–8 часов. На следующий день гидролизат с повышенным содержанием сахаров имеет сладковатый вкус и может быть использован в корм животным.

В хозяйствах с большим поголовьем животных для механической подготовки зерна к скармливанию используют один из двух приборов – кавитатор или экструдер. Для этих приборов зерно не дробят.

Кавитатор состоит из ёмкости объёмом от 500 кг до 2 т и непосредственно самого кавитатора, который в свою очередь состоит из ротора и статора. Ёмкость заполняется водой и зерном. Включается кавитатор, и замоченное зерно начинает циркулировать по кругу из ёмкости в кавитатор. В кавитаторе зерно измельчается, проходя через ротор и статор, и нагревается до 60°C . Степень нагрева зависит от конструкции кавитатора. Чем более высокую температуру может создать кавитатор, тем лучше. В итоге в ёмкости кавитатора должна завариться густая каша. Затем в ёмкость приливают раствор ферментов. Происходит разжижение до состояния воды с одновременным осаживанием крахмала. На следующий день остывший гидролизат с сахарами задают в корм.

Вторым прибором, который используется для подготовки зерна к скармливанию, является экструдер. Экструдер по своей конструкции напоминает большую мясорубку. Внутри экструдера расположен шнек. Зерно через горловину попадает на шнек, который, вращаясь, продвигает зерно. Зерно в результате трения о стенку и друг о друга нагревается, происходят микровзрывы, нагретый крахмал резко увеличивается в объёме и разрывает оболочку зерна. На этом оборудовании в результате повышенной температуры крахмал клейстеризуется, но температура, создаваемая в экструдере, выше, чем в кавитаторе (150 °С), поэтому часть молекул крахмала переходит в декстрины. На выходе получается горячая лента из склеенных декстринами раздавленных зерен. Далее горячее экструдированное зерновое сырьё уже легко заваривается в ёмкости с водой в концентрации 10–20 %. После заваривания в ёмкость вносят фермент в дозе 1–10 % от массы сырья. Ёмкость оставляют на ночь для осахаривания и остывания, а на следующий день гидролизат используют на корм скоту.

Необходимо помнить, что конечным продуктом во всех вышеописанных технологиях является гидролизат крахмала. В гидролизате содержатся, помимо простых сахаров, ещё и декстрины, а также оболочки и другие части зерна. В отличие от гидролизата патока – это очищенный от морфологических примесей зерна и декстринов концентрат сахаров. Процесс очистки происходит при неоднократной смене процессов центрифугирования и фильтрации. В конце технологического процесса очищенный гидролизат уваривают до состояния патоки. Получаемая патока имеет густую консистенцию и сладкая на вкус. Побочным продуктом при получении патоки из зерна являются оболочки и клетки зерна с декстринами, которые могут использоваться в корм скоту.

Цель работы. Получение патоки (сахаров) из экструдированной зерновой смеси.

Материал и методы. В качестве сырья брали 1 кг экструдированной зерновой смеси (пшеница+овёс) и 0,5 кг картофельного крахмала, их помещали в эмалированную ёмкость, заливали горячей водой до объёма 10 л, ставили на плиту и доводили до кипения. Клейстеризация крахмала происходила при $t = 60$ °С. Смесь доводили до кипения при $t = 90$ °С. Сырьё после заваривания приобретало консистенцию густой каши. Ёмкость снимали с плиты, давали остыть до $t = 75$ °С и приливали 100 мл раствора препарата, который состоял из спор амилोलитических микроорганизмов. Ёмкость с заваренным сырьём закрывали крышкой и оставляли на ночь при комнатной температуре. За сутки из спор появлялись палочки, палочки начинали делиться, а часть палочек удлинялись и переходили в состояние нитей, которые сплетались в клубки. В конце цикла своего развития, который составлял одни сутки, палочки в нитях растворялись, а в гидролизате оставались только палочки со спорами. При прохождении своего цикла развития (прорастание из спор, рост и деление вегетативных палочек) микроорганизмы выделяли в окружающую среду амилолитический фермент.

Ферментативный гидролиз крахмала осуществляли при помощи смеси штаммов микроорганизма *Bacillus subtilis*: № 2 – *amylolytic*, № 9 – *amylolytic* и № 12 – *amylolytic*. Штаммы были выделены из предоставленного нами материала и идентифицированы в ФГУП ГосНИИ генетики (г. Москва). При изучении свойств микроорганизмов был определён продукт, продуцируемый ими, – это амилолитический фермент. Штаммы приняты на национальное патентное депонирование во Всероссийскую Коллекцию Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ).

Определение биохимического состава патоки проводили в научно-исследовательском испытательном центре по контролю качества сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов при Красноярском государственном аграрном университете.

Определение токсичности изготавливаемой по нашему методу патоки проводили в испытательной лаборатории Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору.

В течение 12 часов (в ночное время) происходило осахаривание сырья, после чего в течение дня нами проводилась очистка гидролизата путём двукратного центрифугирования и фильтрации через бумажные фильтры. Очищенный гидролизат в течение 3–4 часов упаривали до состояния патоки.

Результаты исследований и их обсуждение. Патока, полученная методом ферментирования полисахаров зернового сырья с использованием амилолитических микроорганизмов, имела густую консистенцию, коричневатый цвет и сладкий вкус. 1 литр патоки весил 1 кг 250 грамм. Побочным продуктом биотехнологического процесса были декстрины с оболочками зерна. Вес декстринов в сушёном виде составлял 750 грамм. Таким образом, из исходного сырья, вес которого был равен 1,5 кг, получали 2 кг продукта (1250 г патока + 750 г декстрины). Во время высушивания декстринов в них вносили пищевую соль (NaCl), получая дополнительно к патоке продукт, который можно использовать в качестве минеральной подкормки для сельскохозяйственных животных.

Превышение полученного продукта над исходным сырьём на 500 грамм объясняется тем, что патока связывает определенное количество воды.

Биохимический состав патоки представлен в таблице.

Биохимический состав патоки из экструдированной зерновой смеси

Показатель	Результаты испытаний	
	Фактическое значение	В пересчете на сухое вещество
Влага, %	64,53	-
Сухие вещества, %	35,47	-
М.д. золы, %	1,43	4,03
М.д. клетчатки, %	0,132	0,37
Крахмал, %	1,12	3,16
М.д. жира, %	0,31	0,88
М.д. белка, %	2,28	6,41
Общий сахар, %	24,22	68,28
Моносахара, %	3,31	9,33
Сахароза, %	20,91	58,95
Обмен. энергия, МДж/кг%	-	11,253
КЕ	-	1,026

Количество общего сахара в патоке составляло 24,22 %, а в пересчёте на сухое вещество – 68,28 %. Помимо сахаров, в продукте содержался белок – 2,28 %, а в пересчёте на сухое вещество – 6,41 %. Препарат обладает большой энергетической ценностью, один килограмм препарата содержит больше одной кормовой единицы.

Кроме биохимических веществ патока содержала используемые при её изготовлении амилолитические микроорганизмы. Испытание патоки на токсичность показало, что патока не обладает токсическими свойствами.

В отношении перспектив развития метода можно предложить исключить из процесса приготовления патоки процесс фильтрации, тогда в конечном продукте повысится содержание доли растительного белка (максимально до 10 %).

Резервом для увеличения выхода сахаров из зернового сырья является гидролиз целлюлозы. Из целлюлозы состоят плодовая и семенная оболочки зерновки, а также оболочки клеток алейронового слоя. Целлюлозы содержится в десять раз меньше, чем крахмала, – всего 5–10 % от массы зерна. Расщепление целлюлозы до легкоусвояемых сахаров возможно при использовании целлюлозолитических микроорганизмов. Но данная проблема на сегодняшний день ещё не решена нигде в мире даже в условиях лаборатории.

Таким образом, нами разработана биотехнология получения сахаров (патоки) из экструдированной зерновой смеси с использованием амилолитических микроорганизмов. Экспериментальные образцы патоки нетоксичны и обладают высокой энергетической ценностью. Технология рекомендуется для получения патоки в промышленных объемах.

Литература

1. Фисинин В.И., Макарецев Н.Г. Технологические основы производства и переработки продукции животноводства. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – С.175.
2. Патока крахмальная. Общие технические условия. ГОСТ Р 52060-2003. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 33 с.
3. Технология переработки зернового крахмалсодержащего сырья на кормовые сахара и их использование в животноводстве: метод. руководство / К.Я. Мотовилов, В.В. Аксёнов, В.Г. Ермохин [и др.]. – Новосибирск, 2012. – 32 с.