

Преобразуя производство этанола

Новая ферментативная технология STARGEN™ компании Genencor не требует разваривания, приводит к экономии энергии, росту производительности и продуктивности заводов.

Общие сведения



Введение

Производство топливного этанола из зерновых культур стремительно растет. По данным Ассоциации Возобновляемых видов топлива (RFA) примерно 87 американских заводов по производству спирта вырабатывают более 14.6 миллиардов литров в год. Только в марте 2005 года американская промышленность топливного этанола достигла рекордного результата – 1.2 миллиарда литров, что превышает показатели прошлого года на 14%. RFA также рассчитывает, что 15 дополнительных заводов, строящихся в США, добавят около 3.4 миллиарда литров к годовому производству индустрии. Если такая тенденция продолжится, то производство топливного этанола превзойдет ожидаемые результаты и к 2012 году достигнет показателя 30 миллиардов литров. За пределами США примерное производство топливного этанола в Европе – 94 миллиона галлонов в 2004 году, и ожидается достижение 3.8 миллиард литров к 2008 году; в Азии – около 120 миллионов галлонов топливного этанола было произведено в 2004 году, к 2008 году планируется достигнуть производства 2.3 миллиарда литров в год.

До недавнего времени заводы по производству спирта обрабатывали зерно и другое крахмалосодержащее сырье в присутствии термостабильных ферментов для превращения крахмала в сбраживаемый сахар. Этот традиционный подход вскоре будет заменен на технологию, использующую новую платформу ферментов, разработанных компанией Genencor International. Genencor's STARGEN™ – линия ферментов для гидролиза гранул крахмала, которая превращает необработанный крахмал в сбраживаемый сахар непрерывно в процессе одновременного осахаривания и ферментации. Есть несколько потенциальных преимуществ этой новой технологии, в том числе увеличение производительности, снижение расходов энергии, более высокие показатели производства спирта и снижение расходов путем сокращения операций в различных подразделениях. В целом, технология Genencor's STARGEN™ изменит топливную промышленность и обеспечит основу для создания биоэтаноловых заводов.

Спирт и традиционный процесс производства

В отличие от бензина, который производится из невозобновляемых природных ресурсов естественных месторождений (например, нефти), спирт – возобновляемое топливо, производимое из крахмала, появляющегося в процессе круговорота углеводов определенных растений. Речь идет о таких растениях, как кукуруза, пшеница, рис, ячмень, сорго, рожь, тапиока, сахарный тростник и свекла. Производство спирта представляет из себя возобновляемый круговорот углевода, где углекислый газ в атмосфере превращается в углевод в процессе фотосинтеза растений. Некоторые растения сохраняют углеводы в виде крахмала. В конце круговорота крахмалосодержащую часть растений собирают и используют в качестве сырья для производства спирта. Крахмал под действием ферментов преобразуется в сбраживаемый сахар, необходимый для дрожжей в процессе обмена веществ для производства спирта и углекислого газа.

В США в процессе производства спирта «сухим» или «мокрым» способом обычно используется молотое кукурузное зерно или кукурузный крахмал. При «сухом» процессе цельное зерно сначала перемалывается, а затем перерабатывается без отделения каких-либо компонентов самого зерна. Размолотое зерно превращается в жидкую массу с помощью воды, добавляется фермент альфа-амилаза, затем эта масса обрабатывается

(разваривается) при высокой температуре (105-150°C или 221-302°F) до клейстеризации крахмала в процессе, называемом разжижением (см. Рисунок 1). Воздействие высоких температур также сокращает уровень микробного заражения в получаемом продукте. После разжижения масса остужается, и в нее добавляется второй фермент (глюкоамилаза) для превращения жидкого крахмала в сбраживаемый сахар (глюкозу, также известную как декстрозу) в процессе осахаривания. Дрожжи добавляются в массу, чтобы сахар превратился в спирт и углекислый газ. Этот процесс называется ферментацией.

Традиционный процесс производства спирта

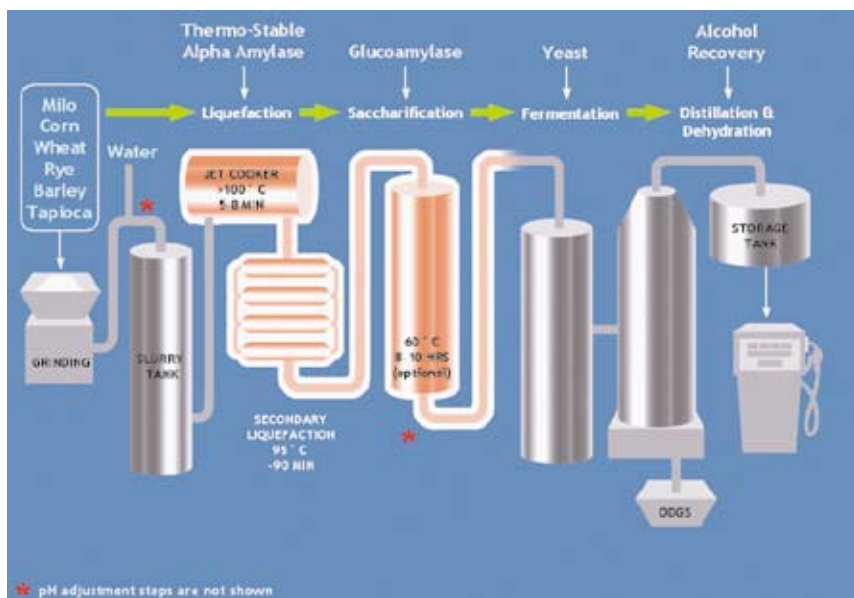


Рисунок 1: Традиционный процесс производства спирта «сухим» способом

Для разжижения и осахаривания необходимо, чтобы гранулы крахмала были подвергнуты высокой температуре для гидролиза этих гранул. Процесс клейстеризации похож на процесс приготовления крахмала в кастрюле для соуса. Это энергоемкий процесс, требующий добавления тепловой энергии к гидросмеси гранулированного крахмала до тех пор, пока не превышена температура клейстеризации крахмала. Поэтому, специальное оборудование как теплообменники, разварники острого пара и дополнительные емкости используются в этом процессе.

Кроме того, технические требования оборудования и ограничения такого процесса, (например, содержание сухих веществ в крахмальной суспензии), ограничивают пропускную способность линии, и, следовательно, количество производимого этанола.

Долгосрочная экономическая жизнеспособность промышленности топливного этанола требует непрерывного сокращения энергии, затрат и улучшения эффективности производства.

Поэтому процесс производства этанола, который может быть охарактеризован параметрами ниже, будет выгоден предприятиям топливного этанола

Отказ от обработки острым паром

Экономия энергии

Увеличение содержания сухих веществ и увеличение выхода этанола

Увеличение объема выпуска

Сокращение концентрации глюкозы

Продукты реакции Майяра (продукты, созданные в результате тепло-химической реакции между аминокислотами и редуцирующим сахаром), и т.п. – понижение производства ингибитора роста дрожжей

Сокращение рабочей силы, расхода времени и химических реактивов

Сокращение эксплуатационных затрат

Ценные дополнительные продукты (DDGS)

Увеличенное содержание протеина

Сокращение деятельности различных подразделений

Упрощение процесса

Ферменты STARGEN™

Для поддержки развивающегося рынка производства этанола компания Genencor разработала линию ферментных продуктов STARGEN™. Это новые ферменты для гидролиза гранул крахмала, используемые в энергосберегающих процессах и эффективно гидролизующие крахмал, который не подвергается развариванию (см. Рисунок 2).

Благодаря новой технологии сократится потребность в разваривании крахмала с использованием большого количества энергии и появится возможность более эффективного и экономного производства глюкозы для превращения в спирт и других биопродуктов и биоматериалов.

Линия продуктов STARGEN™ включает в себя смеси ферментов, которые оказывают синергичное влияние на гранулированный крахмал. Смесь состоит из альфа-амилазы и глюкоамилазы, которые «просверливают» отверстия в гранулах крахмала. Примеры организмов, производящих глюкоамилазы в природе – это *Aspergillus niger*, *Humicola grisea* и *Rhizopus oryzae*. Примеры организмов, производящих альфа-амилазы в природе – *A. niger*, *A. kawachi*, *R. niveus* и *B. polymyxa*.

Ферментные продукты STARGEN™ способны гидролизировать нерастворимые (неразваренные) гранулы крахмала в сбраживаемый сахар, позволяя деполимеризировать крахмал в глюкозу в процессе одновременного

осахаривания и ферментации (SSF) для производства этанола. Компания Genencor достигла высокого уровня выделения этих ферментов в промышленном производстве, при этом предложив разумные цены для их широкого использования.

Традиционный процесс производства спирта

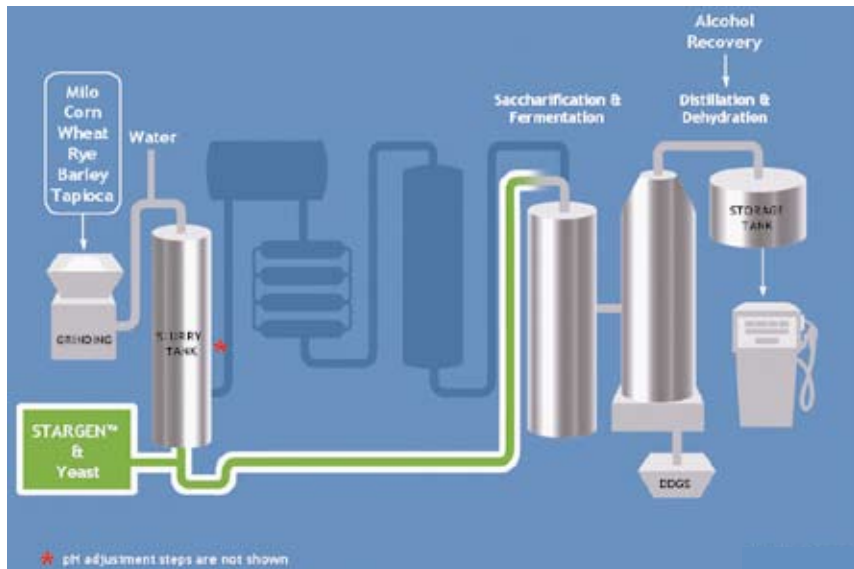


Рисунок 2: Ферменты Genencor’s STARGEN™ позволяют производителям миновать ступень сжижения и комбинировать осахаривание и ферментацию в одном процессе.

Как действуют ферменты STARGEN™

Крахмал – основное вещество для хранения запасов энергии растений, которое встречается в природе в виде отдельных гранул (или зерен). Крахмал образуют два полимера – линейный полисахарид, называющийся амилозой и полисахарид с сильно разветвленной цепью, называющийся амилопектин. В природном крахмале эти два вида полимеров встречаются в виде гранул с чередованием полукристаллических и аморфных слоев. Амилоза концентрируется вокруг трещин в мицеллярной структуре частиц крахмала, а амилопектин образует кристаллизованные мицеллы. В результате крахмал не растворяется в холодной воде, и его нельзя просто экстрагировать с помощью воды. Однако, когда суспензия нагревается, водородные связи ослабевают и крахмальную суспензия превращается в прозрачную высоковязкую пасту.

На рисунке 3 показан микроскопический анализ сканирующий электроны (SEM) кукурузного крахмала, выведенного с помощью очищенной альфа-амилазы из *A. kawachi* и очищенной глюкоамилазы из *A. niger*. Анализ показывает, что ферменты STARGEN™ обладают дополнительной (и/или синергической) активностью, способной

к быстрой кавитации гранулированного крахмала. Микрогранулированная кристаллическая структура крахмала дестабилизируется в условиях умеренной ферментации. Ферменты STARGEN™ обладают определенными ярко-выраженными характеристиками: экзо-активность глюкоамилазы позволяет просверливать острые и глубокие крошечные отверстия, а эндо-активность альфа-амилазы позволяет расширять эти отверстия. Комбинация этих двух действий катализирует постоянное выделение сбраживаемой глюкозы из гранулированного крахмала в условиях брожения дрожжей.

Кукурузный крахмал

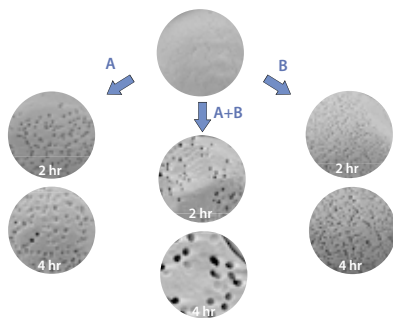


Рисунок 3: На рисунке микроскопического анализа показано, как кукурузный крахмал обрабатывается очищенной A. kawachi альфа-амилазой (A), очищенной A. pi-geg глюкоамилазой (B) и смесью обоих ферментов (A+B) за 2 и 4 часа при pH 4,2 и температуре 32°C. Рисунки предоставлены доктором Дэвидом Джонстоном и доктором Питером Куком, Восточный Региональный исследовательский центр Департамента по сельскому хозяйству США.

Ученые компании Genencor продолжают дальше развивать технологию, улучшая процесс производства спирта при добавке негидролизированных веществ в процессе дрожжевой ферментации. В этом процессе субстраты, содержащие крахмалы крахмала, такие как мука или суспензия, на постоянной или возрастающей основе добавляются в ферментёр. Потенциальные преимущества этого процесса включают в себя избавление от размножения дрожжей из чистой культуры и необходимости использовать промежуточные емкости для крахмальной суспензии, что приводит к сокращению контаминации процесса, улучшению эффективности конверсии углерода, повышению смешивания и гидрации субстрата, снижению уровня остаточного крахмала в конце процесса брожения и улучшению надежности процесса.

Преимущества ферментов STARGEN™

Ферментативная технология STARGEN™ компании Genencor предлагает несколько потенциальных преимуществ для производства этанола

Экономия энергии – отсутствие обработки острым паром

Использование энергии в традиционном процессе – основной расход при производстве. Тепло, которое используется при приготовлении зерна для катализации ферментативного разваривания, расходует огромное количество энергии. Процесс без разваривания с помощью ферментов STARGEN™ позволяет значительно экономить энергию и затраты.

Снижение капиталоемкости – отсутствие оборудования для разваривания и охлаждения

В традиционном процессе в результате приготовления зерно гидратирует или превращает крахмал в гель, что приводит к высокой вязкости суспензий зерна. Для этих процессов необходимо специальное оборудование для разваривания и последующего охлаждения. Для эффективного действия ферментов STARGEN™ не требуется разваривание, поэтому нет необходимости в оборудовании. Это позволяет значительно сократить расходы для строительства новых заводов и расширении существующих.

Сокращение эксплуатационных затрат – сокращение рабочей силы и снижение использования химических веществ

В процессе без приготовления необходима одна ступень регулирования уровня pH. Это упрощает процесс и сокращает расход по сравнению с традиционным процессом, который требует приготовления и двойного регулирования уровня pH, так как сжижение (pH 5-6) и осахаривание/ферментация (pH 3- 4,8) проходят на разных уровнях pH. К тому же при традиционном способе производства спирта может потребоваться добавление кальциевых солей, чтобы стабилизировать альфа-амилазы при высокой температуре, в результате этого могут образоваться нерастворимые соли (пивные камни).

Увеличение объемов производства – высоко-продуктивная ферментация

Вязкость ограничивает концентрацию сбраживаемых сухих веществ в процессе приготовления при традиционном производстве этанола. Способность использовать более высокие твердые вещества с помощью ферментов STARGEN™ может привести к увеличению продуктивности заводов без дополнительных вложений капитала.

Более высокая эффективность процесса – максимальное количество спирта на единицу сахара

В процессе приготовления при традиционном способе производства спирта наблюдаются некоторые потери сбраживаемого сахара, который можно было бы использовать для производства этанола. В процессе без разваривания используется механизм непрерывного подпитки глюкозой (SSF), в результате которого улучшается эффективность превращения крахмала в этанол.

Надежный процесс – здоровые дрожжи

При использовании ферментов STARGEN™ низкая концентрация сбраживаемого сахара в броильном аппарате увеличивает количество активных дрожжей и ограничивает рост нежелательных микроорганизмов. В результате происходит более эффективное превращение крахмала в этанол.

Ферментация высокой плотности – улучшение пропускной способности дистилляции

Прямая конверсия гранулированного крахмала с использованием ферментов STARGEN™ обеспечивает ферментацию при высокой плотности нерастворимых сухих веществ. Этот процесс сокращает осмотическое давление на дрожжи, в результате получается более высокая концентрация этанола и улучшенная пропускная способность на последней ступени дистилляции.

Сокращение побочных продуктов – снижение уровня глицерина и органических кислот

Так как при использовании ферментов STARGEN™ не получается высокой концентрации растворимых твердых веществ в бродильном аппарате, продукт брожения подвергается более низкому осмотическому давлению по сравнению с традиционным производством этанола. В результате этого процесса дрожжи производят меньше побочных продуктов, например глицерина. Благодаря сокращению производства глицерина, больше глюкозы превращается в этанол.

Улучшение сухой послеспиртовой барды (DDGS) – высокопротеиновый корм животных

Путем устранения разваривания минимизируется реакция Майярда во время производства этанола. В результате образуется больше крахмала для ферментации и протеинов для DDGS. Увеличение эффективности конверсии углерода (увеличение пропускной способности) при использовании ферментов STARGEN™ также может привести к высокому содержанию протеинов в DDGS. К тому же использование ферментов STARGEN™ обеспечивает снижение уровня глицерина. Это улучшает процесс сушки DDGS, так как высокая влагоудерживающая способность глицерина влияет на высокие затраты энергии во время сушки дробины.

Экономия воды – минимальное количество отходов и сокращение затрат

Относительно низкие сбраживаемые твердые вещества в большинстве традиционных процессов производства спирта приводят к более высокому растворению и большому расходу воды. С помощью ферментов STARGEN™ в бродильный аппарат можно добавить больше сухих веществ, тем самым снизив расход воды.

Выводы

Преимущества использования ферментов STARGEN™ и энергосберегающих процессов очень значительны, измеримы и важны: в процессе производства сокращаются число шагов, уменьшается использование воды и энергии, требуется меньше химических веществ, сокращаются отходы производства. Новая технология, которая обеспечивает эффективность и экономию, сможет не только помогать долгосрочной экономической жизнеспособности промышленности топиивого этаноловой, но также оказывать положительное влияние на быстрое развитие новых биотехнологических производств, которые требуют дешевых углеводов в качестве сырья.

Чтобы узнать более подробную информацию о технологии Genencor's STARGEN™ обратитесь к специалисту по продажам и связям с клиентами в вашей стране/регионе:

США и Канада +1-800-847-5311
+1-585-256-5200

**Европа, Африка
и Средний восток** +31-71-5686-168

Южная Америка +54-11-4129-2300

Азия +65-6-838-7410

Благодарности

Доктор Дэвид Джонсон и доктор Питер Кук, кандидат наук, Восточный Региональный исследовательский центр Департамента по сельскому хозяйству США; Джэй Шетти, кандидат наук; Орест Дж. Лантеро, кандидат наук; Нигель Дан-Колман, кандидат наук; Гопал Чотани, кандидат наук; Майкл Кнауф, кандидат наук; Рупа Гирикар, кандидат наук; Энджи Блэуэлл, Genencor International.



Genencor International®
Innovative by Nature®

© 2005 Genencor International

Genencor®, Genencor International®, Innovative by Nature® и STARGEN™ являются зарегистрированными торговыми марками компании Genencor International, Inc или ее филиалов в США и/или других странах.

www.genencor.com