

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Требования

- Е получают из различных природных источников.
- Степень чистоты получаемых ферментных препаратов во многом определяется областью их применения.
- *Пример:*
- Препараты протеаз, вводимые внутримышечно домашнему скоту перед забоем для мягчения мяса, должны быть лишены соединений, вызывающих какую-либо сильную физиологическую реакцию.

ФЕРМЕНТЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Применяют в:

- сыроварении
- хлебопечении
- виноделии
- пивоварении
- производстве молочных продуктов,
- производстве колбасных изделий,
- производстве животных жиров

- Начиная с 1911 г. для стабилизации пива применяются препараты папаина.
- Многие ферментные препараты, получаемые из микроорганизмов, до сих пор состоят из **смеси ферментов**, стандартизированной по основной активности.
- В настоящее время **производство** пищевых ферментов **ограничено** организмами, которые **традиционно использовались** в производстве пищи или были безвредными примесями в пище. Остальные подвергаются длительным токсикологическим тестам (2-3 года)

Протеиназы

Реннин (химозин) – используется при производстве сыра.

Получают: желудок телят.

Действует:

отщепляет гликопептид от растворимого казеината кальция → малорастворимый параказеинат кальция (осаждается в виде творожного сгустка).

Без фермента процесс створаживания молока

16 часов – с ферментом 15–30 минут.

Протеиназы

Ферментные препараты используются для ускорения **созревания сыра**.

В ходе созревания микроорганизмы и ферменты гидролизуют жиры и белки молодого сыра.



образуются вещества, придающие сыру **характерный вкус**.

Использование нейтразы (протеиназы из *Bacillus subtilis*) сокращает время созревания сыра с 20 до 6 месяцев.

Протеиназы

Ферментные добавки, применяемые для ускорения созревания сыров

Тип сыра	Добавляемые ферменты	
	Тип	Источник
Cheddar	Кислые и нейтральные протеиназы, пептидазы, липазы, декарбоксилазы	Ткани животных, <i>Pseudomonas fluorescens</i>
Romano, Parmesan	Липаза, протеиназа	Ткани желудка теленка
Gouda	Протеиназа	<i>Aspergillus oryzae</i>
Mozzarella	Липазы, эстеразы	Секрет из сычуга телят
Blue	Липаза	<i>Aspergillus spp.</i>
Edams	Протеиназа, пептидаза	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
Российский	Протеиназа	Панкреатин

Протеиназы

• Применяются в мясной промышленности.

вызывают частичную деградацию белков



ускоряется созревание мяса



становится более мягким и нежным, его вкус,
аромат и сочность улучшаются

Говядина считается созревшей через 10–14 дней выдержки при температуре 2–4 °С. С ферментами созревает 1–2 суток.

Протеиназы

Способ введения:

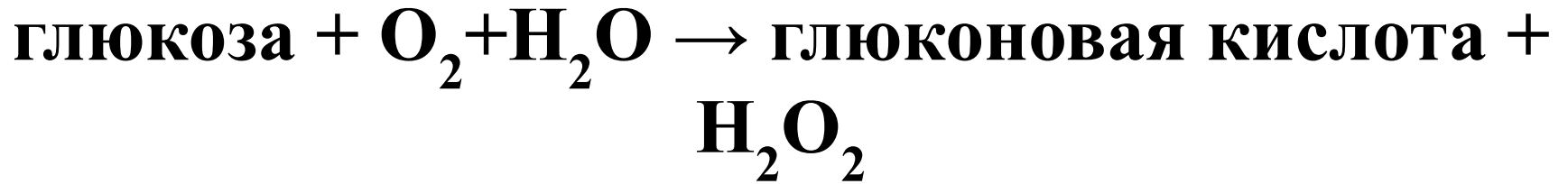
Для мягчения уже разделанных мясных туш используются относительно недорогие растительные протеазы – **папаин и бромелайн**.

Протеазы могут вводить домашнему скоту внутримышечно перед забоем.

Иногда ферменты наносят на полимерные пленки, в которые мясной продукт упаковывается.

Оксидазы

Глюкозооксидаза используется для деструкции глюкозы или в связывании кислорода.



Применяется в производстве и при хранении безалкогольных напитков на основе апельсинового сока, консервированных напитков, сухих пищевых продуктов, майонеза, соусов для салатов и расфасованного сыра (в присутствии кислорода образуются продукты окисления, имеющие неприятный запах).

Оксидазы Глюкозооксидаза

Используется для продления срока годности расфасованных пищевых продуктов:

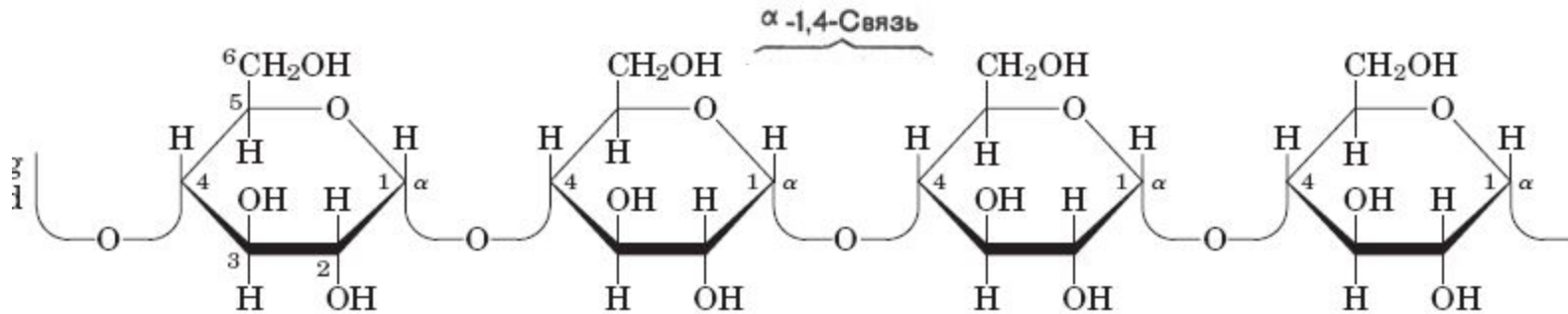
- В упаковку с сыром добавляют глюкозооксидазу и глюкозу. Связывают O_2 , проникающий через упаковочные материалы с образованием H_2O_2 , который обладает бактерицидными свойствами.
- Глюкоза, содержащаяся в мясе, ускоряет его порчу. Иногда животным непосредственно перед забоем вводят внутривенно препарат глюкозооксидазы.
- Обработка овощей и фруктов замедляет окисление аскорбиновой кислоты.

Амилазы

Крахмал используется для получения сахаров

Крахмал представляет собой смесь 2 гомополисахаридов:

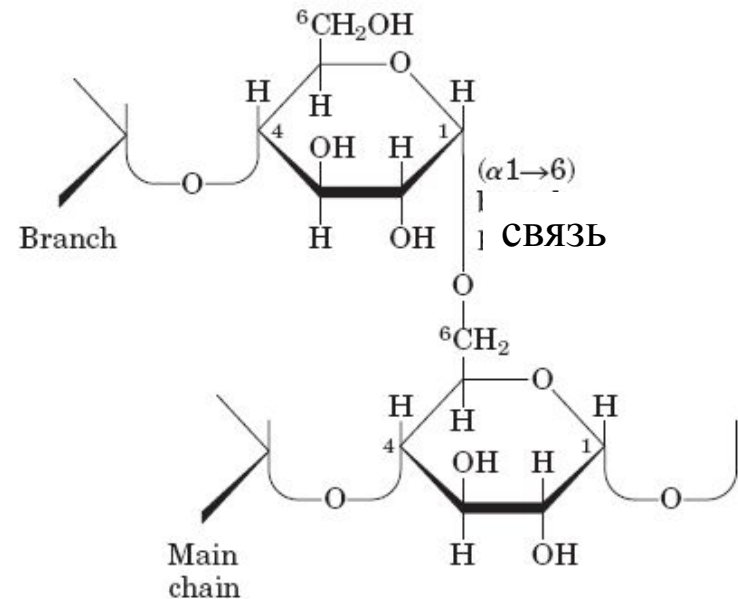
- линейного – **амилозы** (10–30%)



- разветвленного –

амилопектина

(70–90%)



Амилазы

Гидролиз крахмала в промышленном масштабе осуществляется разными способами:

только кислотой, кислотой и ферментами и только ферментами.

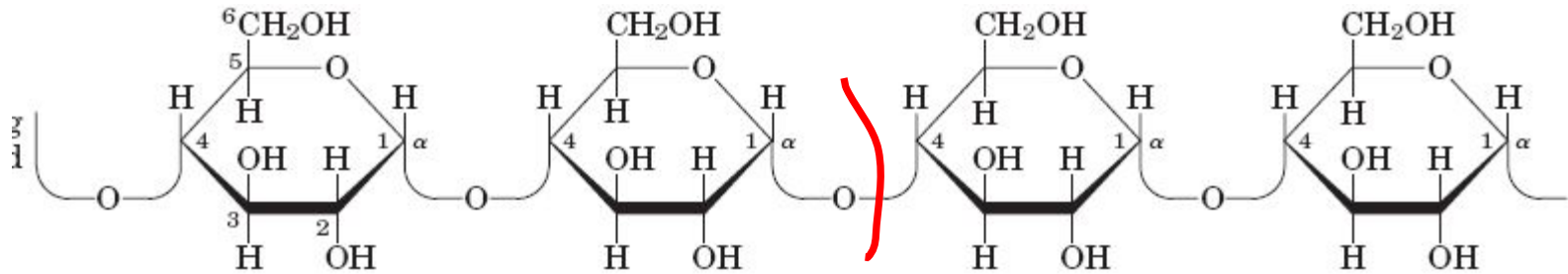
Использование ферментов позволяет контролировать глубину гидролиза крахмала и дает возможность получать конечную продукцию с желаемыми свойствами: *вязкостью, сладостью, осмотическим давлением и устойчивостью к кристаллизации.*

Используются: α -амилаза, β -амилаза, глюкоамилаза и α -1,6-глюкозидаза.

α -амилаза: неупорядоченный разрыв любых α -1,4-гликозидных связей в амилозе и амилопектине с образованием олигосахаридов разной длины цепи.



вязкость растворов крахмала снижается



В настоящее время используются термостабильные α -амилазы (работать при температурах, близких к $100\text{ }^{\circ}\text{C}$).

В подобных условиях ферменты стабилизируются ионами кальция и высокими концентрациями S.

β-амилазы разрывают α-1,4-гликозидные связи только на невосстанавливающих концевых участках полимерной цепи.

В результате образуется смесь мальтозы (дисахарид) и декстринов (фрагменты молекул крахмала с концевыми 1,6-связями).

Глюкоамилазы - гидролиз невосстанавливающих концевых α-1,4-гликозидных связей крахмала, декстринов и мальтозы. применяются в производстве концентрированного сиропа (90–97% D-глюкозы) и получают кристаллическую глюкозу или концентрированные фруктозные сиропы.

α-1,6-глюкозидазы

Применение амилазных ферментов в пищевой промышленности

Производство	Применение
Производство глюкозы и патоки	Крупномасштабное производство сахаров путем полного или частичного гидролиза крахмала амилоглюкозидазой или α -амилазой
Пивоварение	Превращение размолотых зерен крахмала в мальтозу (субстрат дисахаридной природы, пригодный для дальнейшего дрожжевого брожения)
Хлебопечение	Заквашивание теста: превращение части крахмала в дисахариды, образующие при последующем ферментативном распаде диоксид углерода
Производство фруктовых соков	Осветление путем гидролиза нерастворимых фракций крахмала

Производство	Применение
Бумажная промышленность	Снижение вязкости раствора крахмала под действием α -амилазы, предшествующее нанесению раствора на целлюлозную основу (бумага с регулируемой массой)
Текстильная промышленность	Шлихтование: α -амилаза снижает вязкость растворов крахмала, применяющихся затем для усиления волокон основы Расшлихтовка: обработка α - и β -амилазами удаляет шликт из тканого материала; это обеспечивает равномерность последующего окрашивания и необходимую текстуру ткани
Кондитерская промышленность	Производство кондитерских изделий необходимой консистенции

Глюкозоизомераза

Катализирует реакцию изомеризации глюкозы во фруктозу и используется в производстве глюкозо-фруктозных сиропов.

Глюкоза, получаемая при гидролизе кукурузного или картофельного крахмала.

глюкозо-фруктозный сироп: глюкоза (51 %), фруктоза (42–43 %) и ди- или олигосахариды (не более 6 %).

сиропа затем используются при производстве тонизирующих и ацидофильных напитков, мороженого, кондитерских изделий, хлеба, консервированных фруктов и т. д.

Чем фруктоза лучше глюкозы?

- Фруктоза по сравнению с обычным пищевым сахаром слаще (на 60–70 %) и обладает более приятным вкусом
- Усвоение фруктозы не связано с превращением инсулина (можно употреблять людям с диабетом)

Глюкозоизомераза

- Имобилизованная глюкозоизомераза может иметь вид волокон, гранул или аморфной массы.
- Глюкозоизомераза, используемая в промышленности часто иммобилизуется на носителе нековалентно (дешевле)
- Обычно адсорбируют на ионообменных смолах или пористых неорганических носителях.
- Часто используются иммобилизованные микробные клетки – продуценты глюкозоизомеразы (повышение стабильности фермента)

Технологическая схема производства глюкозо-фруктозных сиропов с использованием иммобилизованной глюкозоизомераз

Производительность промышленных реакторов –1–9 тонн глюкозо-фруктозного сиропа на 1 кг иммобилизованной глюкозоизомеразы.

Биохимические параметры

- .Активность и стабильность E при работе реактора
- .Производительность фермента.
- .Оптимальная концентрация S.
- .Влияние концентрации олигосахаридов.
- .Влияние растворенного кислорода.
- .Минимальное и максимальное время контакта с S.
- .Образование побочных продуктов реакции.
- .Чувствительность к изменению pH и температуры.
- .Устойчивость иммобилизованного E при хранении.
- .Вымывание фермента.
- .Рост микроорганизмов.
- .Характеристика потока на выходе (состав, цвет, запах, содержание белков, pH и т. д.).

Механические параметры

1. Размер, форма частиц и их распределение по размерам.
2. Набухание.
3. Сжимаемость.
4. Истирание частиц.

Гидромеханические параметры

1. Перепад давлений.
2. Тип потока (восходящий, нисходящий).
3. Уплотнение слоя.
4. Каналообразование.
5. Расслаивание.
6. Отношение длины к диаметру

Требования:

Проточная колонна с направлением потока сверху вниз. Высота колонны до 5 метров, диаметр до 1,5 метра ().

Иногда при получении глюкозо-фруктозных сиропов используют реактор в виде серии кассет небольшой толщины, снижающих сопротивление потока.

В смеси должно быть достаточно высокое содержание глюкозы (93–96%). 10 % олигосахаридов в смеси - снижает активность иммобилизованного фермента.

Требования:

Размер частиц биокатализатора:

1) должны быть достаточно малы, чтобы скорость диффузии не лимитировала скорость всего процесса.

2) их размер должен быть достаточно велик, чтобы свести к минимуму перепад давлений на реакторе колонного типа.

Требования:

Время контакта E с S варьирует в диапазоне 0,5–4 часов. Это связано с постепенной инактивацией фермента.

При постоянной скорости потока степень превращения глю во фру постепенно снижается.

Поэтому увеличивают время его контакта с S с помощью уменьшения скорости потока.

Удастся обеспечить необходимое качество конечного продукта, несмотря на постепенную инактивацию биокатализатора.

Требования:

Температурный режим. При ступенчатом увеличении температуры на $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ от 60 до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 14 суток продуктивность процесса возрастает на 42% по сравнению с изотермическим температурным режимом (постоянные $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение такого же времени).

Требования:

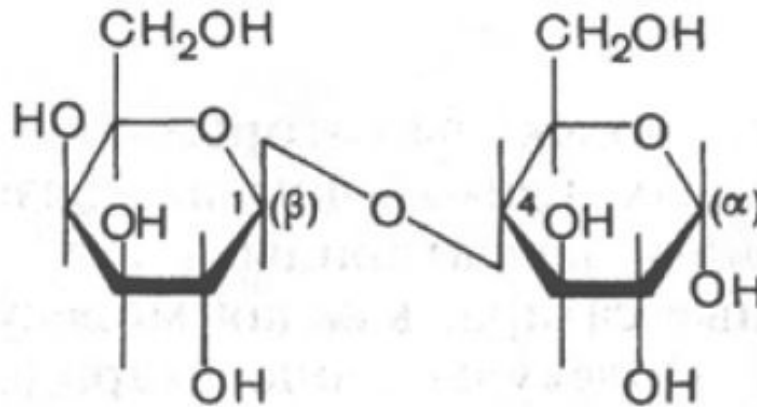
Экономической значимости.

Несмотря на большие затраты на изготовление носителя, получение и иммобилизацию фермента, производство глюкозо-фруктозных сиропов из кукурузного крахмала с помощью иммобилизованной глюкозоизомеразы **в полтора раза более экономично**, чем получение сахара из сахарной свеклы по обычной технологии.

β-галактозидаза (лактаза) Для иммобилизованной лактазы характерна стабильность – после 50 суток работы фермент сохраняет около 80 % своей первоначальной активности.

Расщепляет Лактозу

β-галактопиранозил-(1→4)-глюкопираноза

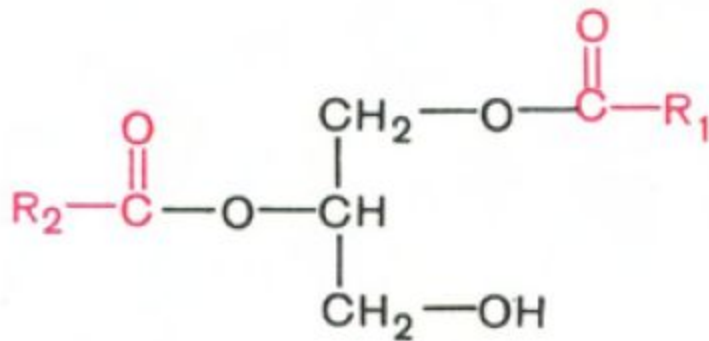


Лактоза

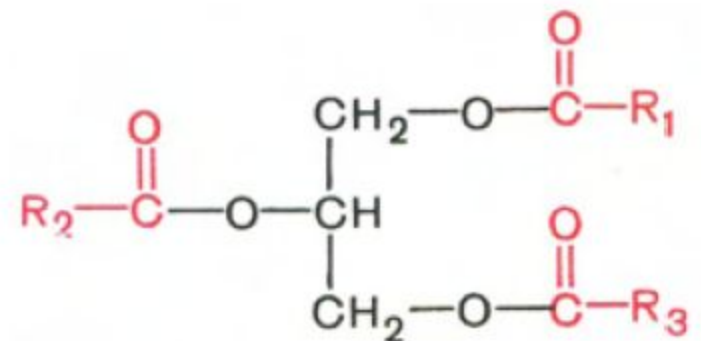
- Для лактозы не очень сладкая и низко растворимая. В присутствии лактозы происходит кристаллизация мороженого и других молочных продуктов и они приобретают неприятный вкус.
- После ферментативной обработки молоко приобретает новые диетические качества и может быть включено в пищевой рацион людей, организм которых неспособен синтезировать лактазу.
- Безлактозное молоко более сладким вкусом.

Липазы

катализируют гидролиз и синтез эфиров, состоящих из глицерина и длинноцепочечных жирных кислот.



Диглицерид (диацилглицерол)



Триглицерид (триацилглицерол)

Липазы

Липазы нашли

широкое применение в биотехнологии:

)стабильны в органических растворителях.

)не требуют кофакторов

)обладают широкой субстратной специфичностью.

)проявляют высокую энантиоселективность.

Липазы

- Обработка мяса липазными препаратами вызывает частичный гидролиз жиров ----нежирные мясные продукты.
- Для очистки водостоков от нерастворимых веществ - используют смеси протеаз, карбогидраз и липаз.
- Приводят к образованию свободных жирных кислот, которые участвуют в формировании вкусовых характеристик этих пищевых продуктов.
Липазы нашли применение в производстве цельного сухого молока

TABLE 10-2**Trans Fatty Acids in Some Typical Fast Foods and Snacks**

	Trans fatty acid content	
	In a typical serving (g)	As % of total fatty acids
French fries	4.7–6.1	28–36
Breaded fish burger	5.6	28
Breaded chicken nuggets	5.0	25
Pizza	1.1	9
Corn tortilla chips	1.6	22
Doughnut	2.7	25
Muffin	0.7	14
Chocolate bar	0.2	2

Пектиновые ферменты

Применяются в производстве соков.

После первичной переработки фруктов и овощей получают вязкие и мутные соки (высокое содержанием пектинов).

Виноделие. Добавление этих ферментов к раздавленному винограду приводит к повышению выхода сока, способствует более эффективному экстрагированию красящих веществ из кожуры и облегчает процессы фильтрации и отжимки.

ТЕКСТИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Пектолитические ферменты микроорганизмов применяются для переработки льносоломы.

Для получения льноволокна на льнозаводах осуществляют тепловую мочку льна, во время которой пектиновые вещества льносоломы разрушаются и высвобождаются льноволокна.

Амилолитические Е- для удаления клея из тканей.

Протеиназы- для обесклеивания шелка и высвобождения шелковых волокон, состоящих из фиброина.

Для обезжиривания шелкового волокна применяют препараты липаз

ФЕРМЕНТЫ КАК КОМПОНЕНТЫ МОЮЩИХ СРЕДСТВ **Самостоятельно)**

