

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

Кафедра «Техника и технологии пищевых производств»

**Методические рекомендации по изучению дисциплины**

«Биоконверсия растительного сырья»

предназначены для подготовки магистров направления

19.04.02 Продукты питания из растительного сырья

всех форм обучения

Ростов-на-Дону

2022

УДК 663/664

**Составитель: Кротова О.Е.** Методические рекомендации по изучению дисциплины «Биоконверсия растительного сырья» / О.Е. Кротова – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2022. - 57с.

Представлены содержание дисциплины, методические указания к СРС, тесты для контроля знаний, варианты контрольных работ и вопросы к зачѐту студентов по учебной дисциплине «Биоконверсия растительного сырья».

Предназначено для самостоятельной работы студентов магистров направления

19.04.02 Продукты питания из растительного сырья

(всех форм обучения).

## ВВЕДЕНИЕ

Перспективность работ по биоконверсии растительного сырья определяется тем, что ресурсы растительной массы возобновляемы, следовательно, практически неисчерпаемы. Ежегодно в реакциях фотосинтеза на Земле образуется органическое вещество, содержащее

210 т углерода (то есть в количестве, достаточном для покрытия энергетических, пищевых и других нужд человечества), причем продуктивность фотосинтеза можно увеличить на порядок и больше, если осуществить культивирование одноклеточных микроорганизмов в высокоинтенсивных биотехнических системах. Большая часть

растительного материала находится в виде прочных полимеров, таких как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин, которые являются труднодоступными питательными элементами для животного организма. Для улучшения усвояемости компонентов растительного сырья интенсивно разрабатываются биологические, химические и физические методы деструкции полимеров и конверсии их в более ценные и легкодоступные продукты.

Данные рекомендации предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья. Методические рекомендации содержат современные методики микробиологического и биохимического получения продукции из сырья и отходов сельскохозяйственного производства, а также некоторых отраслей промышленности с разработкой перспективных технологий биоконверсии растительного сырья. Предназначено для магистров по направлению «Продукты питания из растительного сырья», а также по смежным специальностям и направлениям, связанным с технологиями переработки растительного сырья. Представленные работы могут быть выполнены как в условиях производственного процесса в цеховых лабораториях, так и в студенческой лаборатории. Способствуют усвоению теоретического материала и приобретению студентами практических навыков и освоения компетенций в области специальных дисциплин. Рекомендации разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Биоконверсия растительного сырья».

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОКОНВЕРСИИ

Современное промышленное производство продуктов биосин- теза представляет собой единую биотехнологическую систему, кото- рая складывается из последовательных стадий и операций, количест- во и особенности которых зависят от вида производимой продукции и еѐ товарной формы.

Структура и особенности биотехнологии могут охватывать от- дельные операции или процесс в целом. Совершенствование биотех- нологического процесса может привести к созданию новых струк- турных единиц и к ликвидации устаревших.

Определяющими факторами в данном случае являются:

* используемый биологический агент (объект);
* субстрат и его биохимические и биофизические характери-

стики;

* аппаратурное оформление, включая системы контроля и

управления;

* технологический режим или способ реализации;
* соответствие технологических процессов, оборудования, по- мещений, качества продукции и еѐ упаковки требованиям стандартов. Биологическим агентом (объектом) биотехнологической сис-

темы может быть клетка (прокариот, эукариот) или вирусная частица. Субстратом является питательная среда для культивирования клеток, продуктом – биомасса клеток, вирусов или синтезируемое клетками вещество, которому при соответствующей обработке придается то- варный вид. Одним из основных элементов аппаратурного обеспече- ния биотехнологического процесса является биореактор (аппарат- культиватор, ферментѐр). При определенных параметрах и режимах

культивирования в биореакторах можно выращивать практически любые клетки.

Биологическими объектами (агентами) биотехнологии являют- ся различные представители живой природы, которые делятся на три надцарства: акариоты (безъядерные), прокариоты (предъядерные) и эукариоты (ядерные) и 5 царств: вирусы, бактерии, в том числе мик- роскопические водоросли, грибы, а также растения и животные, в том числе простейшие.

Вирусы представляют собой бесклеточные частицы размером несколько нм и видны только в электронном микроскопе. Они явля- ются облигатными, то есть обязательными, паразитами и могут раз- множаться только в клетках других организмов. Вне клеток вирусы существуют в виде вирионов, представляющих собой комплекс нук- леиновой кислоты (ДНК или РНК) с белком, связанных между собой нековалентными связями. Белковые молекулы, окружающие РНК или ДНК, создают оболочку вируса, называемую капсидом. По типу нук- леиновой кислоты вирусы делятся на РНК-содержащие (вирусы рас- тений, а также возбудители гриппа, полиомиелита, СПИДа и других заболеваний) и ДНК-содержащие (бактериофаги, некоторые вирусы человека и животных, например, герпеса, оспы и другие). Наряду с типичными вирусами открыты вироиды. Они представляют собой частицы, состоящие из низкомолекулярных РНК (240–400 нуклеоти- дов), и не содержащие капсидов.

Бактерии представляют собой безъядерные, одноклеточные (как правило) организмы, размером 0,2–10,0 мкм и имеющие опреде- ленную форму (палочки, кокки, спиралевидные формы и т. д.). Внут- реннее содержимое бактериальной клетки (цитоплазма) изолировано от внешней среды клеточной оболочкой, состоящей из тонкой мем- браны и стенки, на которую приходится до 20 % сухого вещества бактерий. Клеточная стенка имеет сложное строение и придает бак- териальной клетке определенную форму. Исключение составляют микоплазмы, у которых нет клеточной стенки и, соответственно, оп- ределенной формы. Бактериальные клетки, лишенные клеточной стенки называются протопластами. Протопласты используются в клеточно-инженерных исследованиях. Бактерии отличаются чрезвы- чайным разнообразием по условиям обитания, приспособляемости, способам питания и биоэнергообразования, а также по отношению к макроорганизмам – животным и растениям. Среди них выделяют

наиболее древние формы, архебактерии, способные жить в экстре- мальных условиях. Так, для галобактерий, обнаруженных в морских солеварнях, оптимальной средой обитания является концентрирован- ный раствор поваренной соли (3,5–5,0 моль/л). Термоацидофильные бактерии способны жить в горячих источниках, на склонах вулканов и в терриконах угольных шахт при рН 1–3 и температурах 59–105 °С. Эубактерии являются более чувствительными к условиям окружаю- щей среды. Многие из них способны паразитировать в многоклеточ- ных организмах и вызывать болезни человека, животных и растений. Болезнетворные микроорганизмы называются патогенными. Напри- мер, все известные микоплазмы являются патогенными. Паразиты бывают облигатными и факультативными. Облигатные паразиты не могут обитать вне организма. К ним относятся, в частности, возбуди- тели сифилиса и гонореи. Факультативные (необязательные) парази- ты, например, синегнойная палочка или вульгарный протей, обитаю- щие во внешней среде, при снижении защитных сил организма могут вызвать инфекцию. Неболезнетворные бактерии, способные обитать на слизистых оболочках и кожных покровах, но не питающиеся “жи- вым белком” называются сапрофитами. Благодаря большому разно- образию бактерий, обладающих широким диапазоном биохимическо- го состава и своеобразием протекающих в них реакций, бактерии наиболее часто служат биотехнологическими объектами. Из биомас- сы бактерий получают различные органические вещества, в частно- сти, аминокислоты, белки, в том числе ферменты. Бактерии являются удобным объектом для генетических исследований, так как быстро размножаются и содержат плазмидную ДНК, способную включать в свой состав чужеродные фрагменты. Генетически модифицирован- ные и иммобилизованные на носителях клетки бактерий использу- ются в научно-исследовательских и промышленных целях. Наиболее изученной и широко применяемой в генноинженерных исследовани- ях клеткой является кишечная палочка, обитающая в толстом кишеч- нике человека.

Грибы, насчитывающие десятки тысяч видов, сочетают в себе черты клеток растений и животных. Они имеют клеточное ядро, как и растения – прочную клеточную стенку; аналогично клеткам живот- ных они нуждаются в некоторых витаминах и способны синтезиро- вать свойственные животным полисахариды: хитин и гликоген. Наи- больший интерес для биотехнологии представляют микроскопиче-

ские грибы, к которым относятся дрожжи, применяемые в хлебопе- чении, пивоварении и в молочной промышленности, а также плесне- вые грибы и другие микроорганизмы. Грибы, в частности, плесени, широко используются в качестве продуцентов для получения спир- тов, органических кислот, антибиотиков, ферментов, различных био- логически активных веществ и кормового белка.

Самостоятельную группу организмов, представляющих собой симбиоз (сожительство) грибов с водорослями или с цианобактерия- ми, составляют лишайники, которые являются перспективными ис- точниками ряда биологически активных веществ.

Растения, насчитывающие около 500 000 видов, состоят из ядерных клеток, которые имеют сложное строение и выполняют раз- личные специализированные функции. К ним относятся водоросли, являющиеся водными организмами, и высшие растения, обитающие преимущественно на суше. Водоросли отличаются от высших расте- ний тем, что не имеют органов и тканей, а представляют собой слое- вища, состоящие из недифференцированных (одинаковых) клеток. Как и другие растения, водоросли обладают способностью к фото- синтезу и богаты различными углеводами и пигментами. Один из ви- дов водорослей – морская капуста используется в пищу. Из водорос- лей добывают агар-агар и альгинаты – полисахариды, используемые для изготовления микробиологических сред и в пищевой промыш- ленности.

Высшие растения – многоклеточные организмы, имеющие специализированные органы, такие как корни, стебли, листья. Они состоят из тканей, образованных дифференцированными клетками. Ткани различаются химическим составом, строением и выполняют различные функции: механические, покровные, выделительные, про- водящие и другие. Особое значение для биотехнологии имеет одна из тканей растений, называемая меристемой. Клетки меристемы спо- собны к делению, благодаря чему осуществляется рост, а также обра- зование тканей и органов растений. Они не утрачивают способности делиться и после удаления из растения. При выращивании на специ- альных питательных средах меристемные клетки дают массу деля- щихся клеток – каллус, который можно длительно культивировать, получать из него новые растения или использовать для извлечения нужных веществ. Наиболее сложным, но в то же время и неизмеримо более эффективным, является выращивание отдельных растительных

клеток в жидких средах (в суспензионных культурах). Благодаря спо- собности растений улавливать световую энергию солнца и использо- вать ее в синтезе органических веществ, растения служат поставщи- ками питательных веществ для других организмов. Растения состав- ляют большую часть биомассы Земли, поэтому производство и пере- работка растительного сырья для удовлетворения различных потреб- ностей человека используется с древнейших времен. Являясь бога- тейшими и незаменимыми источниками разнообразных углеводов, липидов, витаминов и многих других физиологически активных и ле- карственных веществ, растения служат прежде всего для их получе- ния. При этом до настоящего времени, несмотря на выдающиеся дос- тижения биотехнологии, используются традиционные способы из- влечения биогенных соединений: экстракция, перегонка, фильтрация. Однако все большую роль приобретают технологии получения био- логически активных веществ из клеточных культур (биостимуляторы из женьшеня, противораковое средство таксол из коры тиса и др.), а также производство продуктов из генетически модифицированных растений.

Животные бывают простейшими – одноклеточными и высши- ми – многоклеточными. Как и растения они состоят из ядерных кле- ток. Среди простейших имеются паразиты и возбудители болезней высших животных и человека. Культивирование их на искусствен- ных средах чрезвычайно затруднено. Однако некоторые простейшие выращиваются и используются для целей биоиндикации, в токсико- логических исследованиях и для получения отдельных веществ. Тка- ни высших животных являются источниками полноценного белка, липидных веществ и некоторых витаминов, необходимых для пита- ния человека. Из органов и крови животных получают различные белковые препараты (альбумин, иммуноглобулины, ферменты), неко- торые гормоны и другие биологически активные вещества. Посколь- ку сырье животного происхождения является наиболее дорогим, а выход конечных продуктов недостаточно высок, то в современных технологиях все чаще используются культуры клеток животных или человека, выращиваемых на искусственных средах (получение ин- терферона, моноклональных антител). Наиболее перспективным и экономичным способом производства биологически активных ве- ществ является генная инженерия, позволяющая внедрить ген живот- ного в клетку бактерии, которая начинает синтезировать нужное ве-

щество. Так получают в настоящее время человеческий инсулин – гормон белковой природы, без которого невозможен нормальный обмен веществ, гормон роста и некоторые другие вещества.

Клетки растений и животных являются сложно организован- ными образованиями, состоящими из цитоплазмы и более плотного ядра. В цитоплазме содержатся внутриклеточные органеллы: мито- хондрии, рибосомы и лизосомы, шероховатые и гладкие мембраны эндоплазматической сети, погруженные в водорастворимую среду клетки – цитозоль. Клетка окружена плазматической мембраной, об- ладающей избирательной проницаемостью благодаря наличию спе- циальных механизмов транспорта веществ. Клеточные ядра служат для хранения генетической информации, носителем которой является ДНК.

Митохондрии снабжают клетку энергией за счет окисления веществ при участии кислорода. В них синтезируются также собст- венные белки митохондрий. Это – исключение из общего правила. Все остальные клеточные белки синтезируются на рибосомах.

Лизосомы содержат ферменты для расщепления различных биополимеров.

Мембраны эндоплазматической сети формируют внутреннюю структуру (каркас) клетки, на них осуществляются превращения внутриклеточных веществ, а также реакции обезвреживания чуже- родных соединений (ксенобиотиков).

С мембранами эндоплазматической сети связан аппарат Голь- джи, представляющий собой систему микротрубочек. В аппарате Гольджи происходят реакции химической модификации белков, а также синтез резервных и секретируемых из клетки веществ.

Жидкая часть клетки – цитозоль содержит ферменты синтеза и анаэробного окисления веществ, а также низкомолекулярные органи- ческие и неорганические соединения.

Особенностью строения растительных клеток является нали- чие хлоропластов, в которых происходят процессы фотосинтеза. От клеток животных растительная клетка отличается также твердой стенкой, в состав которой входят вещества полисахаридной природы (целлюлоза, гемицеллюлозы, пектины) и полифенольный полимер лигнин.

Практически все биотехнологические процессы тесно связаны с жизнедеятельностью различных групп микроорганизмов – бакте-

рий, вирусов, дрожжей, микроскопических грибов. Микроорганизмы потребляют из окружающей среды вещества, растут, размножаются, выделяют жидкие и газообразные продукты метаболизма, тем самым реализуя те изменения в системе (накопление биомассы или продук- тов метаболизма, потребление загрязняющих веществ), ради которых проводят процесс культивирования. Следовательно, микроорганизм можно рассматривать как центральный элемент биотехнологической системы, определяющий эффективность еѐ функционирования.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

В живой природе содержатся более 60 химических элементов, относящихся преимущественно к легким элементам таблицы Менде- леева. Они делятся на макроэлементы (O, C, H, Ca, N, P, S, Mg, Na, К, Cl, Fe), содержание которых превышает одну тысячную процента от общего состава, микроэлементы (Mn, Zn, Cu, B, Se, Mo, Co, Ni), на долю которых приходится от одной тысячной до одной миллионной процента, и ультра-микроэлементы (Hg, Au, U, Ra и др.), концентра- ция которых в живой материи составляет менее одной миллионной доли процента. Основную массу живой материи составляют следую- щие химические элементы (в %): кислород – 65, углерод – 18, водо- род – 10, азот – 3,0, кальций – 2,0, фосфор – 1,1, калий – 0,35, сера – 0,25.

Из них только кислород и кальций в больших количествах со- держатся в земной коре. Кремний, алюминий и железо, также содер- жащиеся в высоких концентрациях в неорганической природе, в жи- вых организмах встречаются значительно реже. Вероятно, это объяс- няется тем, что большинство из веществ, составляющих живую мате- рию, образуют легко растворимые и газообразные вещества, что де- лает их более доступными для ассимиляции организмами. Второй особенностью перечисленных элементов является их способность образовывать кратные связи, что значительно увеличивает возмож- ность синтеза разнообразных соединений, обладающих уникальными свойствами и функциями. Наиболее ярким примером таких биоген- ных соединений, синтез которых невозможен вне живой структуры, служат макроэргические вещества (АТФ, ГТФ, креатинфосфат и дру- гие), в химических связях которых содержится необычно высокий запас энергии, используемой затем для реакций синтеза, мышечного

сокращения и других процессов жизнедеятельности. Наконец, отме- чена зависимость между биологической ролью химических элемен- тов и их положением в системе Д.И. Менделеева. Как правило, при переходе от легких к тяжелым элементам в пределах одной и той же подгруппы возрастает токсичность элементов и, соответственно, снижается их содержание в биомассе (Zn, Cd, Hg). Однако, некото- рые тяжелые металлы (Fe, Co, Ni), содержащиеся в небольших коли- чествах в биологически активных соединениях, участвуют в жизнен- но важных биологических функциях (транспорт кислорода, процессы окисления, кроветворение, каталитические реакции).

Перечень главных физиологических функций важнейших эле- ментов приведен в табл.1.

Таблица 1

**Физиологические функции важнейших химических элементов**

|  |  |
| --- | --- |
| Химический элемент | Физиологическая роль |
| H2 | Входит в состав воды и органических веществ клетки |
| O2 | Входит в состав воды и органических веществ клетки, служит акцептором электронов при аэробном дыхании |
| C, N | Входят в состав органических веществ клетки, белков, нуклеи- новых кислот, коферментов |
| S | Входит в состав белков и некоторых коферментов (кокарбокси- лаза) |
| P | Входит в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов, кофер-  менты |
| K | Один из главных неорганических катионов клетки, кофактор для  некоторых ферментов |
| Mg | Важный катион клетки, неорганический кофактор для фермент- ных реакций, в том числе и для реакции с участием АТФ, участ- вует в связывании ферментов с субстратами, входит в состав  хлорофиллов |
| Mn | Неорганический кофермент для некоторых ферментов, может заменить Мg |
| Ca | Важный катион клетки, кофактор для некоторых ферментов  (протеаз) |
| Fe | Входит в состав цитохромов и других белков, кофактор для не-  которых ферментов |
| Co | Входит в состав витамина В6 и его производных, служащих ко-  ферментами |
| Cu, Zn, Mo | Неорганические компоненты некоторых ферментов |

Совокупность веществ, входящих в состав живых организмов, насчитывающих более 2 млн видов, формирует биомассу Земли, со- ставляющую, в пересчете на сухое вещество, более 1012 тонн. При этом ежегодно обновляется примерно 10 % от этого количества. В среднем 75 % от всей биомассы приходится на воду. Однако, содер- жание воды в разных живых объектах широко варьирует: от 5–15 % в семенах растений до 40–60 % в древесине и до 99 % в ткани медуз. Содержание органических веществ в сухом веществе биомассы со- ставляет в среднем 90 %; из них около 50 % приходится на белки, примерно 40 % – на углеводы, нуклеиновые кислоты, липиды и дру- гие низкомолекулярные органические вещества. В разных живых объектах соотношение между разными классами органических ве- ществ различно. Так, в микроорганизмах и в тканях животных преоб- ладают белки (табл. 2), а в растениях – углеводы. Однако, содержа- ние органических веществ даже в разных тканях одного организма различно. Так, концентрация белка в семенах сои может достигать 45 %, а в корнях и плодах растений содержание углеводов доходит до 70–90 % от их сухой массы.

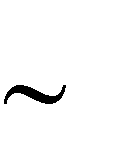
Таблица 2

**Химический состав клеток живых организмов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Компоненты | Кишечная палочка, % | Клетки млекопитающих,  % |
| Вода | 70 | 83 |
| Белки | 15 | 10–20 |
| Углеводы | 3 | 1–5 |
| Липиды | 2 | 1–2 |
| ДНК | 1 | 0,3 |
| РНК | 6 | 0,7 |

Примерно 10 % сухой биомассы представлены минеральными веществами. Наиболее важными из них являются кальций, фосфор, натрий, калий и железо, а также их соединения. Они входят в состав сложных белков, участвуют в нервной проводимости и в работе мышц, в ферментативных реакциях, выполняя роль активаторов или кофакторов, поддерживают осмотическое давление в клетках и тка- нях. У человека и животных до 4 % сухого вещества приходится на

кальций. Он содержится в двух формах, выполняющих разные функ- ции. Большая часть кальция содержится в костной ткани в виде фос- форно-кальциевых кристаллов, формирующих цементирующее веще- ство. Часть кальция находится в несвязанной ионизированной форме. Свободный кальций необходим для передачи нервных импульсов, мышечного сокращения, свертывания крови, реализации действия гормонов. Всасывание кальция в желудочно-кишечном тракте, выде- ление почками, а также его внутриклеточная концентрация строго ре- гулируется. Суточная потребность человека в кальции составляет в среднем 800 мг. Главными источниками кальция в питании человека являются молоко и молочные продукты. Он хорошо усваивается так- же в составе солей: СаСО3, глюконат и лактат кальция. Содержание натрия и калия в тканях составляет, соответственно, 1,04 и 0,4 %. Большая часть натрия находится во внеклеточных жидкостях, а калия

* внутри клеток. Они играют важную роль в регуляции осмотическо- го давления и кислотно-основного равновесия, оказывая подщелачи- вающее действие. Их источниками являются преимущественно про- дукты растительного происхождения. Человек за сутки получает в среднем 12 г поваренной соли, в том числе 8 г в составе пищевых продуктов и около 4 г за счет подсаливания. У 1/3 людей, имеющих генетическую предрасположенность к гипертонической болезни, из- быточное потребление поваренной соли способствует повышению артериального давления, но в общей массе % таких людей невысок. Железо, на долю которого приходится в среднем 0,01 % от сухого вещества тканей, в составе гемоглобина участвует в транспорте ки- слорода эритроцитами и, входя в состав миоглобина – в депонирова- нии кислорода в мышцах. Будучи составной частью цитохромов и некоторых ферментов, он принимает участие также в процессе ткане- вого дыхания и в окислительно-восстановительных реакциях. Суточ- ная потребность человека в железе составляет в среднем 10 мг. Он лучше всего усваивается из продуктов животного происхождения, богатых гемовым железом. Хорошими источниками этого элемента являются также сульфат, глюконат и фумарат железа.

Элементы питания, необходимые для роста клеток в произ- водства биотехнологического продукта, можно подразделить на сле- дующие группы:

* + источники основных элементов;
  + источники элементов, требуемых в меньших количествах;
  + аминокислоты;
  + витамины и гормоны;
  + источники микроэлементов.

Основные источники питания, функции в биосинтезе и их обеспечение для клеток приведены в табл. 3.

При недостатке в субстрате каких-либо элементов в клетках могут включаться «запасные» механизмы биохимических процессов, направленные на выживаемость популяции.

Таблица 3

**Элементы питания клеток, применяемые в биотехнологическом производстве**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент | Источник их получения | Функция |
| Основные элементы питания | | |
| H+ | Кислота или щелочь | Интенсивность роста. Состав  биомассы и морфология |
| O2 | Воздух, вода | Акцептор электронов или водорода (дыхание), катабо-  лизм |
| C | Глюкоза, мальтоза, лактоза | Энергия роста, функция под- держания жизнедеятельности  и построения клеток |
| N2 | Неорганические и органи-  ческие соединения, глутамат | Синтез белка, нуклеиновых  кислот и полимеров клеточ- ной стенки |
| Элементы питания, требуемые в меньшем количестве | | |
| P | Неорганические фосфаты | Синтез белка, нуклеиновых  кислот и полимеров клеточ- ной стенки, катаболизм |
| K | Неорганические соедине-  ния | РНК, скорость роста |
| S | Сульфат, цистеин, метио-  нин | Синтез аминокислот |
| Аминокислоты | | |
| Глутаминовая ки- слота,  L - аминокислоты, D - аминокислоты | Петиды, гидролизаты, пептоны и т.п. | Фактор роста, синтез белка, клеточные стенки бактерий, ингибитор роста |

Окончание табл. 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент | Источник их получения | Функция |
| Витамины и гормоны | | |
| Жирорастворимые и водораствори- мые витамины | Биотин, фолиевая кислота, пантотеновая кислота, тиамин, никотиновая ки-  слота, никотинамид, пири- доксин, мезинозит, холин | Фактор роста |
| Микроэлементы | | |
| Ca, Cu, Fe, Mg, Zn, Co, Mo | Соли, неорганические со- единения | Интенсивность роста |

Следует отметить, что используемые в биотехнологии субстра- ты и получаемые продукты чрезвычайно многообразны и предназна- чены для специфического применения. В табл. 4 приведены примеры субстратов, используемых в производстве фармацевтических био- препаратов.

Таблица 4

**Основные субстраты, используемые в производстве биопрепаратов, и получаемые продукты**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Субстрат | Биологический объект | Конечный продукт |
| Синтетические и полу- синтетические среды | Клетки микроорганиз-  мов, животных и расте- ний | Диагностические препа- раты |
| Гидролизаты раститель-  ных полимеров | Вирусы, бактериофаги | Лечебные, бактерийные  и вирусные препараты |
| Продукты – предшест- венники биотрансфор- мации | Компоненты клеток: протопласты мембран, хлоропласты, ферменты | Моноклональные анти- тела, сыворотки, глобу- лины, бактериофаги пр. |

Окончание табл. 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Субстрат | Биологический объект | Конечный продукт |
| Сыворотки. Химические вещества | Иммобилизованные клетки микроорганиз- мов, животных, их ком- поненты и внеклеточные продукты | Диагностические и ле- чебные препараты |
| Отходы (в том числе сельского хозяйства) | Продукты животновод- ства и растениеводства | Питательные среды, кормовые добавки, кор- ма |

## ПОЛУЧЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ

Все биохимические реакции, протекающие в живых организ- мах, катализируются ферментами, являющимися по своему строению белками. Их второе равнозначное название – энзимы, а отрасль нау- ки, изучающая ферменты, называется энзимология. Следовательно, ферменты или энзимы – это специализированные белки, содержа- щиеся в клетках и внеклеточных жидкостях микроорганизмов, расте- ний и животных. Они участвуют в реакциях расщеплении белков, липидов и полисахаридов в желудочно-кишечном тракте, в процессах внутриклеточного обмена веществ, в образовании и выведении из ор- ганизма конечных продуктов обмена, в энергетических процессах, в обезвреживании токсических веществ, в синтезе клеточных белков и других биогенных соединений, необходимых для жизнедеятельности.

Ферментативные процессы применяются с доисторических времен во всех сферах деятельности человека. Виноделие и пивова- рение, сыроварение и получение соевых продуктов, лечение наруше- ний пищеварения и выделка кож – наиболее характерные примеры использования ферментов. Источниками ферментов служат ткани растений, животных и культуры микроорганизмов. Так, трипсин, вы- рабатывающийся в поджелудочной железе (*pancreas*) человека и жи- вотных, а также комплекс протеолитических ферментов поджелудоч- ной железы (панкреатин) применяются при болезнях органов пище- варения и в переработке мясных продуктов. Сычужный фермент (ре- нин), содержащийся в слизистой оболочке желудка теленка, необхо- дим для выработки сыра. Из растений получают ферменты, расщеп- ляющие белки (протеазы), которые используются в мясоперерабаты- вающей промышленности. Применение ферментов в химических и пищевых технологиях обусловлено их специфичностью, а также вы- сокой активностью при проведении реакций в мягких условиях и от- сутствием побочных продуктов реакций.

Началом промышленной энзимологии считается 1890 г., когда было освоено производство амилазы из гриба *Aspergillus oryzae*, рас- щепляющей α-1,4-гликозидные связи в крахмале. Препарат под на- званием такадиастаза, содержащий, наряду с амилазой примесь про- теазы, применялся в качестве средства, улучшающего пищеварение. Производство и использование ферментов в промышленных целях

началось в ХХ в. В 1913 г. в странах Западной Европы получило применение средство для замачивания белья, содержащее соду и про- теолитические ферменты поджелудочной железы: трипсин и химот- рипсин. Подлинным переворотом в прачечной технологии, в середи- не ХХ века, явилось использование протеазы, получаемой из *Bacillus subtilis*, для замачивания и стирки белья. Добавление к стиральному порошку 0,5 % ферментного препарата, содержащего всего 3 % ак- тивного фермента, позволяет решить проблему отстирывания белко- вых пятен, благодаря тому, что протеаза с высоким сродством кон- центрируется именно на белковых пятнах. Со второй половины ХХ в. производятся сотни тонн очищенных ферментов различного назначе- ния. Около половины получаемых ферментных препаратов прихо- дится на протеазы. Постоянно расширяются их ассортимент и сфера применения. Протеазы используются для умягчения мяса и увеличе- ния выхода качественных мясных продуктов, створаживания молока и производства новых молочных продуктов, для предотвращения хо- лодного помутнения пива и расщепления клейковины муки, а также для получения белковых гидролизатов и смесей аминокислот пище- вого и медицинского назначения.

По строению активного центра протеазы делят на тиоловые, сериновые, аспартатные (кислые) и металлоферменты. Ряд тиоловых ферментов, применяемых для повышения физико-химических и ка- чественных показателей мясных изделий, выделяют из растительного сырья. К ним относятся папаин из плодов дынного дерева, бромелаин из стеблей и листьев ананаса, а также фицин из растений рода *Ficus.* Перечисленные ферменты отличаются дороговизной, поскольку их продуцентами являются тропические растения. Вследствие этого в мясное производство все больше внедряются кислые протеазы, син- тезируемые грибами, и похожие по свойствам на пепсин и ренин. Кислые протеазы применяются и в других отраслях пищевой про- мышленности. В частности, в хлебопекарном производстве – для расщепления клейковины муки с целью получения мягкого эластич- ного теста, идущего на изготовление бисквитов. В пивоварении они используются для предотвращения помутнения пива при его охлаж- дении. Кислые протеазы створаживают молоко, но они не могут за- менить ренин при выработке сыра, так как вызывают глубокий гид- ролиз казеина; тем не менее, некоторые из них используются для створаживания молока и производства некоторых сортов сыра. В

странах Индокитая с их помощью гидролизуют белки сои и готовят соевые соусы. Кислые протеазы применяются также в кожевенной промышленности для удаления шерсти и выделки мягких, эластич- ных кож.

Сериновые протеазы, характеризующиеся низкой специфично- стью и широким оптимумом действия, чаще всего используют в ка- честве действующего начала в стиральных порошках. Из них в наи- больших количествах (более 500 т в год) вырабатывается субтилизин *Carlsberg.* Разработаны технологии получения сериновых протеаз из алкилофильных микроорганизмов, которые активны при рН 9–12 и температуре выше 50 °С. Отличительной особенностью сериновых протеаз является то, что они не гидролизуют белки до отдельных аминокислот. Ограничением для их применения в пивоварении явля- ется то, что они инактивируются сериновым ингибитором солода. Более высокой избирательностью действия по сравнению с серино- выми протеазами обладают металлоферменты, в активном центре ко- торых обычно содержится цинк. Они используются для различных целей наряду с бромелаином и папаином, в том числе для гидролиза белков ячменя при осветлении пива.

Для выделки сыра необходима специфичная протеаза (ренин или сычужный фермент), расщепляющая одну пептидную связь в κ- казеине. Традиционно этот фермент вырабатывается из слизистой оболочки желудка телят. В связи с труднодоступностью и дороговиз- ной сырья в течение длительного времени шли поиски заменителя ренина. Однако, ни одна из известных протеаз, в том числе микроб- ного происхождения не отвечала требованиям сыроделов. Только в последнее время удалось получить ренин методом генной инжене- рии, путем внедрения рекомбинантной ДНК, содержащей ген сычуж- ного фермента теленка, в *E. coli*.

Более 25 % производимых путѐм биотехнологии ферментов являются гликозидазами, катализирующими расщепление различных поли- и олигосахаридов. Они применяются для гидролиза (осахарива- ния) крахмала, расщепления сахарозы и лактозы с целью получения моносахаридов и безлактозных продуктов, а также на разных стадиях производства пива. Для полного расщепления крахмала применяется пуллуланаза, катализирующая разрыв α-1,6-гликозидных связей амило- пектина в точках ветвления. Ферменты бактерий, способные катали- зировать гидролиз β-гликозидных связей в клетчатке, применяются в

переработке сельскохозяйственной продукции, что увеличивает выход пищевых углеводов.

Около четверти от общего количества вырабатываемых про- мышленностью ферментов, представлены энзимами разных классов, которые применяются в разных отраслях промышленности, в лече- нии и диагностике заболеваний, а также в генноинженерных иссле- дованиях. Производство глюкозооксидазы позволило создать про- стые автоматические анализаторы для определения глюкозы в крови, что имеет жизненно важное значение для больных сахарным диабе- том. Другие окислительно-восстановительные ферменты (дегидроге- назы) также используются для аналитического определения различ- ных веществ в биологических жидкостях и тканях. В химическом синтезе используется свойственная энзимам стереохимическая спе- цифичность, то есть способность «узнавать» и катализировать пре- вращение только одного (*L* или *D*) оптического изомера из рацемиче- ской смеси веществ. С помощью рацемаз разделяют оптические изо- меры углеводов, аминокислот и других органических веществ, что чрезвычайно трудно осуществить физико-химическими методами.

Объем продаж ферментов на мировом рынке составляет сотни миллионов долларов в год, при этом их производство ежегодно воз- растает на 10–15 %. Ферменты получают из сырья растительного и животного происхождения, однако наиболее дешевым и технологич- ным источником ферментов являются микроорганизмы. В них най- дено около половины из более 3000 открытых к настоящему времени ферментов, при этом на долю ферментных белков приходится до 5 % от общего количества содержащихся в микроорганизмах белковых веществ.

Основные этапы получения ферментов из микроорганизмов следующие: культивирование продуцентов в питательной среде в те- чение 1–7 суток, выделение клеток путем центрифугирования и их отмывание, дезинтеграция (разрушение) клеток, центрифугирование цитозоля, выделение ферментов из надосадочной жидкости путем высаливания и гельфильтрации, очистка от низкомолекулярных при- месей путем диализа, высушивание, контроль активности и фасовка. Поскольку получение очищенных ферментов довольно трудоемкий процесс, иногда в технологических процессах используют целые микробные клетки, содержащие необходимые ферменты.

Наиболее эффективным является применение иммобилизован- ных ферментов. Иммобилизация, то есть фиксация молекулы фер- мента на неподвижной матрице, значительно, в десятки тысяч раз, увеличивает стабильность фермента и срок его активности, что по- зволяет многократно или непрерывно в течение длительного времени использовать ферментный препарат. Иммобилизация осуществляется путем присоединения молекул ферментов к носителю за счет ион- ных, адсорбционных взаимодействий посредством ковалентной связи или включением их в гелевые, волокнистые структуры, в микрокап- сулы, липосомы. Носителями могут служить различные полимерные материалы, силикагель, оксиды металлов, целлюлоза и другие поли- сахариды, а также стекло и керамика. Иммобилизуют не только очи- щенные ферменты, но и целые или частично разрушенные микроб- ные клетки, что экономически более выгодно.

Технологический процесс с участием иммобилизованных фер- ментов проводят, как правило, в проточных реакторах (колоннах), в которых катализатор функционирует в виде неподвижной фазы или в перемешиваемом слое. С помощью иммобилизованных клеток *E. coli*, содержащих аспартат-аммиак-лиазу, синтезируют аспарагиновую ки- слоту. Аналогичным методом получают глутаминовую кислоту, тре- онин, лизин и другие аминокислоты, органические кислоты и их оп- тические изомеры, а также лекарственные препараты, в частности, стероидные гормоны, антибиотики и другие биогенные вещества.

Ферменты сохраняют свои уникальные свойства (эффектив- ность, специфичность действия) и вне клеток, поэтому ферментные препараты широко применяют в практических целях. Биологические катализаторы нетоксичны, работают в мягких условиях, в качестве субстратов используется доступное сырье, в том числе и отходы. В связи с этим применение ферментов в промышленности выгодно с экономической и экологической точек зрения.

По объему продуктов биотехнологических производств фер- ментные препараты занимают третье место после аминокислот и ан- тибиотиков. Из нескольких тысяч известных в настоящее время фер- ментов наиболее широко в промышленности используются гидроли- тические ферменты: амилазы, протеазы, пектиназы и целлюлазы.

К этой группе препаратов относятся α- , β-амилазы и глюкоа- милаза. Их используют для гидролиза крахмала и гликогена. В про- цессе гидролиза сначала образуются более простые полисахариды –

декстрины, а в последующем – глюкоза. При этом α-амилаза гидро- лизует без определенного порядка α-1,4-глюкозидные связи с образо- ванием декстринов, мальтозы и глюкозы, β-амилаза отщепляет остат- ки β-мальтозы, а глюкоамилаза – остатки глюкозы от концевых час- тей молекул полисахарида.

Наиболее широкое применение эти препараты нашли в пище- вой промышленности (производство патоки и глюкозы).

### Протеолитические ферментные препараты

Эта группа ферментов относится к гидролазам. Они обладают такой важной особенностью, как высокоселективное воздействие на некоторые пептидные связи белковых молекул и пептидов. Напри- мер, пепсин способствует гидролизу пептидных связей с остатками ароматических аминокислот, трипсин катализирует гидролиз пептид- ной связи между остатками аминокислот аргинина и лизина. Фермен- тов, входящих в этот класс, очень много. Их классифицируют, в ос- новном, по способности проявлять максимум ферментативной актив- ности в определенной области рН раствора. Кислые протеазы прояв- ляют максимум активности в интервале рН раствора от 1,5 до 3,0, нейтральные – 6,5 – 7,5, щелочные – от 8,0 и выше.

Протеазы нашли свое применение в различных отраслях на- родного хозяйства: в пищевой и легкой промышленности (предвари- тельная обработка свежего сырого мяса и шкур, животных в коже- венной промышленности), в химической промышленности при полу- чении синтетических моющих средств с добавками протеолитиче- ских ферментных препаратов, в здравоохранении при лечении неко- торых воспалительных процессов, ожогов, тромбозов.

### Пектолитические ферментные препараты

Пектолитические ферментные препараты используются для расщепления пектиновых веществ, содержащихся в стеблях растений (льна), в различных корнеплодах, фруктах. К ним относятся пектин, пектиновые кислоты и протопектин. *Пектиновая кислота* – это по- лимер галактурононой кислоты. *Пектин* – это полностью или час- тично этерифицированная метиловым спиртом пектиновая кислота. *Протопектин* представляет собой комплекс с целлюлозой и белко-

выми веществами. Строение комплекса пока полностью не установ- лено.

кДа.

Пектиновые вещества имеют молекулярную массу от 20 до 200

Пектиназы делятся на две группы – гидролазы и трансэлими-

назы. Первые катализируют процесс отщепления метоксильных групп (пектинэстераза) или обеспечивают разрыв α-1,4-гликозидных связей (полигалактуроназы). Вторые осуществляют негидролитиче- ское расщепление пектиновых веществ с образованием двойных свя- зей (пектинтрансэлиминазы).

Препараты нашли свое применение в легкой промышленности при вымачивании льна и в пищевой промышленности для осветления вин и консервирования фруктовых соков.

### Целлюлолитические ферментные препараты

Целлюлолитические ферментные препараты используются при обработке целлюлозы. Сама целлюлоза или клетчатка представляет собой полисахарид общей формулы (С6Н10О5)n и содержится в кле- точных стенках растений. При степени полимеризации n = 10 образу- ет кристаллическую решетку. Нитевидные молекулы, взаимодействуя между собой, образуют прочные структуры – фибриллы. В объеме таких фибрилл существуют упорядоченные кристаллические участки, где молекулы расположены параллельно друг другу и связаны водо- родными связями. Сущеcтвуют также аморфные участки с неупоря- доченной структурой.

Микроорганизмы способны синтезировать целый комплекс целлюлолитических ферментов, которые последовательно катализи- руют процесс гидролиза целлюлозы до глюкозы. В ферментном ком- плексе различают три группы ферментных препаратов: *Ci*-фактор, *Сx*-фермент и целлюбиазу.

Целлюлолитические ферментные препараты нашли примене- ние в целлюлозно-бумажной промышленности, медицинской про- мышленности (получении лекарственных веществ – стероидов из растений), в пищевой промышленности (при производстве расти- тельных масел) и в сельском хозяйстве (в качестве добавок к кормам жвачных животных).

На коммерческий уровень поставлено ферментативное разде- ление рацемических смесей аминокислот и эфиров терпенов. Такие смеси образуются при химическом синтезе, и разделение их по опти- ческим свойствам составляющих имеет важное практическое значе- ние. Известно, что для этого можно использовать традиционные фи- зико-химические и химические методы (хроматография; механиче- ское разделение, избирательное взаимодействие энантиомеров с дру- гими оптически активными веществами), но гораздо более эффектив- ными и удобными оказываются процессы, основанные на стереоспе- цифичности ферментов. Рассмотрим некоторые из используемых приемов.

1. Избирательное ацилирование аминов *L-*аминокислотами под действием ферментов папаина, бромелаина или фицина по приведѐн- ной ниже схеме:





Образующийся анилид *L-*аминокислоты нерастворим в воде и может быть легко отделен от *D-*изомера, а затем гидролизован.



1. Асимметричный гидролиз. В этом случае осуществляется стереоспецифический гидролиз производных аминокислот, в резуль- тате которого образуется только один энантиомер. Эфиры *L*- аминокислот гидролизуют с помощью протеолитических ферментов, например химотрипсина:





Затем нужный продукт и не вступающие в реакцию *D*-эфиры разделяют по их растворимости в воде.

1. Использование амидаз. Эти ферменты из почек и поджелу- дочной железы млекопитающих или из микроорганизмов стереоспе- цифически гидролизуют амиды *L*-аминокислот. Образующуюся *L*- кислоту и непрореагировавший *D*-изомер затем разделяют методом дифференциальной растворимости. Амиды менее склонны к само- произвольному гидролизу, чем эфиры, поэтому получаются более чистые препараты аминокислот.
2. Стереоспецифический гидролиз *N*-ацил -*L*-аминокислот под действием аминоацилазы или карбоксипепсидазы, приводит к обра- зованию *L*-аминокислот по схеме:







Принципы избирательного гидролиза аксиально или экватори- ально расположенной простой эфирной группы под действием фер- ментов лежит также в основе разделения рацемических смесей эфи- ров и терпенов.

Весьма перспективным представляется использование фер- ментов в качестве датчиков вредных и ядовитых веществ. Так, в ка- честве индикатора на фосфорорганические отравляющие вещества нервно-паралитического действия применяется холинэстераза. Ее так же можно использовать и для определения фосфорорганических пес- тицидов. Степень ингибирования этого фермента в присутствии ОВ или пестицидов оценивают электрохимическими или спектрофото- метрическими методами.

Подобно холинэстеразе карбоангидраза проявляет высокую чувствительность к хлорпроизводным алифатических углеводоро- дов, а гексокиназа – к аналогичным производным ароматических уг- леводородов.

Всѐ большее развитие получают технологические процессы с участием сложных ферментных систем, включающих коферменты. Так, созданы ферментные мембранные реакторы, катализирующие непрерывные процессы с регенерацией НАДН (восстановительное аминирование кетокислот, восстановление α - кетокислот в α - гидро- ксикислоты). Разработаны системы разделения рацематов посредст- вом стереоспецифического активного транспорта. Например, мем- брана, содержащая гексокиназу и фосфатазу, функционирует как на- сос, избирательно прокачивающий лишь *D*-глюкозу. Применение со- пряженных ферментативных реакций с участием алкогольоксидазы и каталазы дрожжей *Hansenulla polimorpha* и формальдегиддисмутазы бактерии *Pseudomonas putida* позволило осуществить окисление ме- танола в муравьиную кислоту с выходом 88 – 94%. В промышленно- сти большое будущее имеют ферменты, способные катализировать химические реакции в органической фазе (“каталитические антите- ла”), в частности липазы. Существенно, что каталитическая актив- ность панкреатической липазы свиньи сохраняется при концентрации воды в реакционной среде, составляющей всего 0,015 %, и при тем- пературе 100 °С. Препараты липазы используют для синтеза оптиче- ски чистых сложных эфиров и феромонов, применяющихся в пар- фюмерии и медицине.

Для деградации и модификации антропогенных органических соединений, поступающих в окружающую среду, используют фер- менты разных классов и в том числе лакказу, лигниназу, тирозиназу, монооксигеназу, диоксигеназу и др. Для очистки сточных вод пред- ложена новая перспективна технология, основанная на использова-

нии реакции пластеинообразования, открытой А. Я. Данилевским в 1886 г. Сущность работ А. Я. Данилевского состоит в эксперимен- тальном доказательстве обращения протеолиза и возможности синте- за белковоподобных веществ (пластеинов) под действием протеоли- тических ферментов. Сточные воды содержат аминокислоты и пеп- тиды, концентрация которых возрастает в результате гидролиза бел- ковых компонентов отходов под воздействием пептидогидролаз мик- роорганизмов. Данная технология, активно внедряющаяся во Фран- ции, нацелена на производство в промышленных масштабах кормо- вых белков из аминокислот и пептидов сточных вод.

Развитие клеточной и генной инженерии было бы невозможно, если бы в распоряжении исследователей не было целого набора спе- цифических ферментов (рестриктаз, лигаз, синтетаз, ферментов изби- рательно разрушающих клеточную оболочку и др.). Так, в настоящее время в продаже имеется более 300 различных рестриктаз.

Ферменты широко используют в медицине, например в замес- тительной терапии в составе лечебных препаратов. Пероральное вве- дение фенилаланин-аммиак-лиазы снижает уровень фенилаланина в крови при фенилкетонурии. Протеолитические ферменты, амилазу и липазу применяют при заболеваниях желудочно-кишечного тракта и печени. В последние годы накопились данные об эффективности применения протеиназ в энзимотерапии злокачественных новообра- зований. Это объясняется большей проницаемостью мембран рако- вых клеток для гидролитических ферментов в сравнении с нормаль- ными клетками, благодаря чему опухолевые клетки быстро лизиру- ются при введении смеси протеиназ (препарат «папайотин»). Протео- литические ферменты – плазмин и активирующие его стрептокиназу и урокиназу используют для растворения тромбов в кровеносных со- судах и разжижении гноя; коллагеназу – для рассасывания рубцовых образований; эластазу – для задержки развития атеросклероза; лизо- цим – для лечения конъюнктивитов; дезоксирибонуклеазу из стреп- тококка (стрептодорназа) – для лечения заболеваний верхних дыха- тельных путей и роговицы глаза.

L-аспарагиназу продуцируют *Е. coli* и *Erwinia carotovora*. Фермент используют при химиотерапии некоторых форм лейкемии. L-аспарагиназа отщепляет одну аминогруппу от аспарагина, превра- щая его в аспарагиновую кислоту. Избирательность действия фер- мента определяется потребностью некоторых форм опухолевых кле-

ток в аспарагине, тогда как нормальные клетки в аспарагине не нуж- даются.

Нейраминидазу получают при культивировании *Vibrio cholera*. Фермент отщепляет остатки *N*-ацетилнейраминовой кислоты, входя- щей в мембрану некоторых опухолевых клеток, повышая таким обра- зом их антигенную активность. Может быть использован при лече- нии некоторых форм лейкемии.

β-лактамазы, инактивирующие пенициллины и цефалоспори- ны, используются при определении стерильности этих антибиотиков или при микробиологическом анализе клинического материала от больных, получающих эти антибиотики. В терапевтических целях их используют в случае тяжелой аллергической реакции на β-лактамные антибиотики. Фермент вводят внутримышечно или внутривенно со- вместно с другими препаратами (адреналин, антигистаминные сред- ства).

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Цель изучения дисциплины «Биоконверсия растительного сырья» состоит в том, чтобы сформировать у студентов современные представления о биоконверсии как об одном из основных разделов науки биотехнологии, научить студентов общим принципам применения пищевой биотехнологии и методам биотехнологических исследований.

Знание основ использования биотехнологических процессов при переработке пищевого сырья и производстве продуктов питания позволяет:

* + прогнозировать характер изменений сырья и пищевых сис- тем в процессе биотрансформации;
  + влиять на показатели качества и биологической безопасности сырья, пищевых добавок, готовых пищевых продуктов;
  + определять причины порчи продуктов и возникновения де- фектов, приводящих к количественными и качественным потерям;
  + оптимизировать и интенсифицировать технологические про- цессы, улучшать потребительские свойства пищевых продуктов и продлить сроки хранения;
  + обеспечивать комплекс мероприятий, направленных на со- блюдение экологической безопасности предприятий пищевой и пере- рабатывающей промышленности.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

*знать*:

* + структуру научного направления «биотехнология», его раз- дела «биоконверсия» среди других наук, прикладное значение био- конверсии;
  + сущность биологических процессов, используемых в биотех- нологии и в биоконверсии;
  + классификацию и основные свойства ферментов, используе- мых для конверсии пищевого сырья; основные биохимические про- цессы, лежащие в основе преобразования и получения химических веществ;
  + основы биотехнологического микробного производства бел- ков и области их применения; сырьевые источники и процессы био- конверсии растительного сырья; биотехнологические способы полу- чения энергоносителей;
  + основы экологической биотехнологии;
  + виды организации производства того или иного продукта;

*уметь*:

* + составлять рациональные схемы исследования объектов био- технологии на тканевом, клеточном и молекулярном уровнях;
  + выбирать объекты и методы биотехнологического производ- ства для получения низкомолекулярных веществ и биополимеров;

*владеть*:

* + методами и навыками описания, анализа и оценки различно- го вида процессов биоконверсии, применяемых в профессиональной деятельности, на основе использования фундаментальных представ- лений химико-биологических наук, а также навыками использования программных средств и информационных технологий.

### Содержание дисциплины

Строение и общие свойства ферментов

Химическая природа ферментов. Молекулярная структура ферментов. Активный и аллостерический центры. Контактный и ка- талитический участки активного центра. Функциональные отличия ферментов от низкомолекулярных катализаторов. Проферменты. Апоферменты и простетические группы сложных ферментов. Кофер- менты, кофакторы и их роль в каталитическом процессе. Мультимо- лекулярные ферментные комплексы. Изоферменты и их биологиче- ское значение.

Синтез ферментов и его регуляция. Индукция и репрессия син- теза. Посттрансляционная модификация ферментов Роль ограничен- ного протеолиза в активации ферментов. Получение ферментов в очищенном виде.

Методы фракционирования и выделения ферментов. Методы исследования структуры ферментов и строения активного центра. Молекулярные аспекты специфичности ферментов. Теории сродства фермента и субстрата. Природа физико-химических взаимодействий молекул субстрата с активными центрами ферментов.

### Механизм действия ферментов.

**Кинетика ферментативного катализа**

Теории катализа. Отличительные черты ферментативного ка- тализа. Эффективность действия ферментов. Образование фермент- субстратных комплексов. Зависимость скорости реакции от концен- трации субстрата. Теория Михаэлиса – Ментен. Кинетика фермента- тивных реакций. Константы скоростей образования и распада фер- мент-субстратных комплексов (малые константы). Интегральные константы ферментативной реакции: максимальная скорость реак- ции, константа сродства и константа Михаэлиса.

Уравнения ферментативной реакции Михаэлиса – Ментен и Холдейна – Бриггса. Численное значение константы Михаэлиса и ее практическое значение. Определение константы Михаэлиса и макси- мальной скорости реакции по методу Лайнуивера – Берка.

### Влияние температуры и pH среды на активность ферментов

Энергия химической реакции. Уравнение Аррениуса. Энерге- тический барьер реакции и энергия активации неферментативных и ферментативных реакций. График зависимости активности фермента от температуры раствора. Анализ кривой. Температурный оптимум ферментативной реакции. Термостабильные и термолабильные фер- менты. Активность ферментов при низких температурах. Влияние кристаллизации воды на активность ферментов. Активность фермен- тов в замороженных средах.

Зависимость скорости реакции от значения рН раствора. Влия- ние рН на заряд ионогенных групп в молекулах белка. Изменения структуры фермента и реакционноспособности активного центра при разных значениях рН. Оптимальное значение рН для ферментов и его биологическое значение. Энзимоэлектрофорез.

### Регуляция активности ферментов

Активность нативных ферментов. Роль третичной и четвер- тичной структур молекулы фермента. Специфические факторы, по- вышающие активность ферментов. Классификация, механизмы дей- ствия. Роль анионов и катионов металлов в активации ферментов. Механизм активирующего действия восстановленного глютатиона на тиоловые ферменты.

Аллостерическая регуляция активности фермента, действие промежуточных и конечных продуктов реакции. Регуляция скорости многоэтапных биохимических процессов путем обратной отрица- тельной связи.

Ингибиторы ферментов: классификация, механизмы действия. Обратимые и необратимые ингибиторы. Константы ингибирования. Конкурентное и аллостерическое ингибирование ферментов. Белко- вые ингибиторы ферментов. Ковалентная модификация структуры и активности ферментов.

### Классификация, номенклатура и методы определения активности ферментов

Принципы классификации ферментов. Шифр фермента. Ха- рактеристика класса оксидоредуктаз. Подклассы, наиболее важные представители и энергетическое значение катализируемых оксидоре- дуктазами реакций. Механизмы реакций ферментативного окисления и восстановления субстратов.

Трансферазы. Важнейшие представители этого класса и меха- низмы их действия. Биологическое значение трансферазных реакций. Коферменты трансфераз.

Характеристика класса гидролаз. Роль реакций гидролиза в процессах катаболизма, протекающих в живых тканях и в пищевом сырье. Особенности строения и механизмы действия гидролаз.

Лиазы. Особенности каталитического действия. Важнейшие представители. Изомеразы. Роль реакций изомерного превращения в биологических процессах. Механизм действия изомераз, примеры ре- акций. Синтетазы. Механизмы действия. Зависимость от источников энергии. Значение в процессах анаболизма. Отдельные представите- ли.

Принципы и способы количественного определения активно- сти ферментов. Достоинства и недостатки титрометрических мето- дов. Сравнительная оценка спектрофотометрических методов. Прин- ципы спектрофотометрии, приборы, автоматический анализ. Едини- цы ферментативной активности.

### Применение ферментных препаратов в пищевой промышленности

*Биоконверсия пищевого сырья с использованием ферментов*

Определение биоконверсии и еѐ содержание как отрасли наук и производства. Общая характеристика и классификация ферментов. Ферментная переработка растительного сырья. Ферменты, трансфор- мирующие органическое сырье. Гидролитические процессы, негидро- литические реакции. Препараты гидролаз: амилазы, протеазы, пекти- назы, целлюлазы. Процесс и скорость гидролиза. Эндо- и экзофер-

менты. Выбор ферментов для гидролиза сырья. Организмы, исполь- зуемые в биотехнологии, их строение, химический состав.

Основным потребителем ферментов в ближайшем будущем остается пищевая промышленность. Главное место среди этих энзи- мов занимают глюкоизомераза и глюкоамилаза, применяющиеся для приготовления обогащенных фруктозой кукурузных сиропов и со- ставляющие около 50 % рынка пищевых ферментных препаратов.

*Ферментные препараты, используемые в кондитерской промышленности*

Комплексные препараты, содержащие протеазы и α-амилазу. Использование протеолитических ферментов. Применение инвертазы и липазы.

Кондитерские изделия (с пищевыми растительными волокна- ми; на основе фруктового и овощного сырья; с белковыми обогатите- лями).

*Производство алкогольных напитков с помощью биоконверсии*

Производство этилового спирта. Получение различного вида алкогольных напитков. Применение ферментных препаратов в спир- товой промышленности. Производство пива. Сырье, технология. Ферментные препараты, используемые в пивоварении.

Гидролиз крахмала. Препараты, используемые в этом процес- се (амилосубтилин, амилоризин, солод). Гидролиз целлюлозы. Пре- параты, используемые в этом процессе (целлофторин ГЗх, целлобра- нин ГЗх, целлюлаза-100).

*Вина: виноградные и плодовые*

Производство виноградных вин. Натуральные, специальные, ароматизированные вина и вина, газированные диоксидом углерода. Классификация плодовых вин.

*Производство безалкогольных напитков*

Классификация соков. Технология производства соков. Хими- ческий состав чая. Процесс производства чая (технология, переработ- ка вторичного чайного сырья).

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ**

Изучение дисциплины «Биоконверсия растительного сырья» предусматривает самостоятельную работу с использованием рекомендованной учебной литературы, а также аудиторные занятия на кафедре.

Программа данной дисциплины раскрывает принципы и осо- бенности биотехнологической переработки растительного сырья с ис- пользованием ферментов, а также актуальность применения фер- ментных препаратов в различных отраслях пищевой промышленно- сти: производство кондитерских изделий, спирта этилового, алко- гольных и безалкогольных напитков.

В программе рассматриваются характеристика и свойства фер- ментов, участвующих в трансформации органического сырья, кото- рые можно условно разделить на следующие группы:

1. – собственные ферменты сырья (гидролитические и окисли- тельно-восстановительные);
2. – ферменты сопутствующей микрофлоры сырья;
3. – ферментные системы культурных штаммов микроорганиз- мов-возбудителей брожения, продуцентов органических кислот, ами- нокислот, витаминов, ферментов, пищевого белка и пр.;
4. – ферментные препараты растительного, микробного и жи- вотного происхождения.

Большинство промышленно важных процессов биоконверсии осуществляется путем многоступенчатого превращения субстрата в конечный продукт с участием нескольких ферментов или фермент- ных систем. В программе особое место уделяется раскрытию меха- низмов ферментативных процессов, происходящих в живых систе- мах, которые при биотехнологическом производстве являются энер- гетически более выгодными, чем продукты химического синтеза. Технологическое преимущество биоконверсии по сравнению с про- цессами химических превращений веществ состоит в том, что необ- ходимые катализаторы синтезируются культурой микроорганизма, и конверсия может быть осуществлена в одну технологическую ста- дию. Для понимания процессов метаболизма веществ, протекающих в живой клетке, студенты должны знать строение и химический состав микроорганизмов, клеток растений.

Классическими примерами биоконверсии служат процессы получения продуктов брожения: спиртов, органических кислот (ук- сусной, молочной, лимонной, глюконовой) из углеводных субстра- тов, ферментативное превращение глюкозы во фруктозу. Фермент- ными методами получают различные виды сахаристых продуктов, используя в качестве сырья крахмал, зерно злаков, инулинсодержа- щее сырье, молочную сыворотку. Ведущее место занимают продук- ты ферментации крахмала – глюкозно-фруктозный сироп и различ- ные виды патоки. С начала 70-х годов мировая потребность в сахаре, используемом при производстве кондитерских изделий, в значитель- ной мере удовлетворяется за счет сахаристых продуктов из крахмала, производство которых в развитых странах существенно превышает производство сахарозы.

Производство спирта этилового из пищевого сырья основано на конверсии сбраживаемых органических соединений в этанол с помощью культур дрожжей. В рамках данной программы студентам предоставляется возможность изучить пути и способы решения за- дачи получения спирта из сырья и повышения рентабельности его производства. Решение задачи состоит из следующих этапов: обеспе- чение путем биоконверсии полного гидролиза крахмала и некрах- мальных полисахаридов в сбраживаемые сахара; обеспечение приме- няемых дрожжей питательными элементами, необходимыми для их быстрого размножения и синтеза гидролитических ферментов и фер- ментов цикла брожения.

Ферменты играют ключевую роль на всех этапах пивоварения. Классическая технология пива основана на использовании ферментов ячменного солода и дрожжей-сахаромицетов. В программе преду- смотрено краткое изучение основных этапов процесса приготовления пива: получение пивного сусла, главное брожение и дображивание пива. Студенты знакомятся с ферментативными способами стабили- зации пива от помутнений в ходе его приготовления и хранения.

Технология виноделия основана на регуляции процессов, ката- лизируемых ферментами сырья, его микрофлоры, культурных штам- мов дрожжей и бактерий – возбудителей брожения. В программе рас- сматриваются вопросы использования при производстве вина также и промышленных препаратов гидролитических ферментов различной специфичности. Обработку ферментными препаратами применяют на стадиях получения сока, подготовки сусла к брожению, стабили-

зации вина. Студенты должны знать, что способ применения фер- ментных препаратов определяется качеством сырья и видом выраба- тываемой продукции.

Ферментация растительного материала применяется при про- изводстве компонентов безалкогольных напитков, витаминных экс- трактов, пищевых красителей. Ферментация соков снижает содержа- ние коллоидов в растворе и повышает скорость их последующей фильтрации.

Ферментные препараты применяются при производстве чая и чайных экстрактов. Так, обработка чайного листа на стадии скручи- вания-ферментации раствором препарата Целлолигнорина П10х уве- личивает на 2,0–3,3 % в чайном листе количество экстрактивных веществ (фенолов, аминокислот, сахаров). Окислительные превраще- ния указанных веществ формируют аромат и цвет настоя чая.

Таким образом, к настоящему времени ферментные препараты стали мощным средством трансформации практически любого вида биологического сырья, формирования и контроля качества продук- тов. Применение ферментных препаратов позволило существенно повысить глубину переработки пищевого сырья и кормов, улучшить органолептические свойства и создать новые виды пищевых продук- тов, повысить усвояемость кормов. При переработке органического сырья необходимо держать в поле зрения все возможные источники ферментативной активности и правильно оценивать их влияние на выход и качество продуктов переработки.

С целью успешного усвоения материала и подготовки к итого- вому зачету рекомендуется выполнить нижеследующие тесты для самостоятельной работы. Правильность их выполнения можно про- верить по таблице в конце методических указаний.

## ТЕСТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

1. Биоконверсия – это:

а) превращение одних органических соединений в другие вследствие воздействия химических неорганических веществ на ис- ходное сырье;

б) превращение одних органических соединений в другие вслед- ствие воздействия ферментных систем микроорганизмов;

в) превращение одних органических соединений в другие вслед- ствие воздействия гормональных препаратов животного происхождения; г) превращение одних органических соединений в другие вслед-

ствие воздействия физических факторов окружающей среды.

1. Основные продукты, получаемые путем микробиологиче- ской биоконверсии растительного сырья:

а) витаминные препараты; б) каучук;

в) протеинизированные корма; г) липосомальные фракции.

1. Основными источники сырья для биоконверсии являются: а) отходы металлургической промышленности;

б) отходы авиационного приборостроения;

в) сырье и отходы пищевой промышленности; г) отходы химической промышленности.

1. Основными вторичными источники сырья для биоконвер- сии являются отходы:

а) металлургической промышленности; б) авиационного приборостроения;

в) сельскохозяйственного производства; г) химической промышленности.

1. Ферменты – это катализаторы: а) белковой природы;

б) углеводной природы; в) липидной природы;

г) неорганической природы.

1. Ферменты – это химические вещества, которые: а) не подвержены воздействию рН среды;

б) не влияют на скорость протекания биохимических реакций; в) не подвержены влиянию температуры;

г) ускоряют протекание биохимических реакций.

1. Денатурацию фермента вызывает:

а) наличие в реакционной среде витамина К; б) нейтральные значения рН среды;

в) высокая температура реакционной среды; г) наличие в реакционной среде дипептидов.

1. Денатурацию фермента вызывает:

а) наличие в реакционной среде витамина К; б) нейтральные значения рН среды;

в) наличие органических растворителей в реакционной среде; г) наличие в реакционной среде дипептидов.

1. Гидролазы – это класс ферментов, которые катализируют: а) реакции расщепления полимеров без участия воды;

б) окислительно-восстановительные реакции;

в) реакции расщепления полимеров с участием воды; г) реакции биосинтеза органических веществ.

1. К классу ферментов гидролазы относится следующее ор- ганическое вещество:

а) глюкоза; б) глицерин;

в) α-амилаза;

г) бензойная кислота.

1. Фермент α-амилаза ускоряет реакции гидролиза: а) фосфолипидов;

б) крахмала; в) миозина;

г) нуклеиновой кислоты.

1. Целлюлаза ускоряет реакции гидролиза: а) фосфолипидов;

б) белка миозина; в) целлюлозы;

г) нуклеиновой кислоты.

1. Фермент протеаза ускоряет реакции гидролиза: а) фосфолипидов;

б) крахмала;

в) нуклеиновой кислоты; г) белка и пептидов.

1. Фермент пектиназа ускоряет реакции гидролиза: а) фосфолипидов;

б) белка миозина;

в) структурного компонента клеточной стенки растений пектина; г) нуклеиновой кислоты.

1. Процессы созревания пшеничной муки характеризуются:

а) увеличением кислотности за счет разложения жира и накоп- ления продуктов гидролиза белков;

б) потемнением цвета в результате окисления каротиноидов; в) отсутствием изменений в показаниях влажности муки;

г) уменьшением структурно-механических свойств клейковины.

1. В производстве хлебобулочных изделий применяют сле- дующие микроорганизмы:

а) плесневые грибы;

б) сине-зеленые водоросли; в) дрожжи;

г) бактериофаги.

1. В производстве хлебобулочных изделий применяют сле- дующие микроорганизмы:

а) плесневые грибы;

б) сине-зеленые водоросли; в) молочнокислые бактерии; г) бактериофаги.

1. Созревание теста включает в себя протекание следующих процессов:

а) спиртовое брожение;

б) пропионовокислое брожение; в) гниение;

г) фотосинтез.

1. Созревание теста включает в себя протекание следующих процессов:

а) пропионовокислое брожение; б) гниение;

в) фотосинтез;

г) молочнокислое брожение.

1. Процесс брожения теста (хлеба) прекращается при темпе- ратуре выпечки:

а) + 25 °С; б) + 40 °С; в) + 50 °С; г) + 80 °С.

1. Процесс жизнедеятельности кислотообразующих бактерий приостанавливается при температуре выпечки:

а) + 25 °С; б) + 40 °С; в) + 60 °С; г) + 80 °С.

1. Химический процесс, происходящий при выпечке хлеба: а) денатурация растительных белков;

б) синтез углеводов; в) синтез АТФ;

г) распад гликогена.

1. Коллоидный процесс, происходящий при выпечке хлеба: а) синтез углеводов;

б) синтез АТФ;

в) распад гликогена;

г) клейстеризация крахмала.

хлеба:

1. Основные признаки картофельной болезни пшеничного

а) слизистый мякиш; б) сладкий запах;

в) зачерствение;

г) отсутствие паутинообразных нитей.

1. Возбудителем картофельной болезни пшеничного хлеба является:

а) вирус табачной мозаики;

б) бактерия картофельная палочка; в) хламидия;

г) дрожжи.

1. Метод предотвращения плесневения хлеба:

а) внесение в тесто сорбиновой кислоты и ее солей в качестве химических консервантов;

б) повышение значений влажности окружающей среды на скла- де хранения хлеба;

в) внесение в тесто органических растворителей; г) просеивание муки.

1. Для производства спирта этилового пищевого в качестве исходного сырья применяется:

а) отход деревообрабатывающей промышленности; б) малиновый сироп;

в) зерно злаковых культур;

г) отход нефтедобывающей промышленности.

1. Амилолитический ферментный комплекс применяется в процессе производства спирта этилового для:

а) охлаждения исходного сырья;

б) гидролиза крахмала и некрахмальных полисахаридов, со- держащихся в исходном сырье, в сбраживаемые сахара;

в) синтеза белков;

г) расщепления жирных кислот.

1. Амилолитический ферментный комплекс применяется в процессе производства спирта этилового на следующей технологи- ческой стадии обработки исходного сырья:

а) хранение сырья; б) закупка сырья;

в) разваривание и осахаривание сырья; г) сбраживание сырья.

1. Для биотехнологического производства гидролитических ферментов амилаз, применяемых в спиртовой промышленности, ис- пользуют следующие живые организмы:

а) вирусы;

б) сине-зеленые водоросли; в) бактерии;

г) птицы.

1. Для биотехнологического производства гидролитических ферментов амилаз, применяемых в спиртовой промышленности, ис- пользуются следующие живые организмы:

а) вирусы;

б) сине-зеленые водоросли; в) лягушки;

г) плесневые грибы.

1. Дрожжи применяются в процессе производства спирта эти- лового на следующей технологической стадии:

а) хранение сырья; б) закупка сырья;

в) разваривание и осахаривание сырья; г) сбраживание осахарившегося сусла.

1. Для получения пивного сусла из смешанного сырья приме- няют преимущественно ферменты класса:

а) гидролаз (амилазы, протеазы); б) изомераз;

в) лиаз;

г) трансфераз.

1. Для сбраживания пивного сусла применяются следующие микроорганизмы:

а) бактериофаги; б) простейшие; в) дрожжи;

г) бактерии.

1. Зерновые отходы спиртового и пивоваренного производст- ва используют для:

а) приготовления лечебных препаратов; б) производства биогаза метана;

в) очистки сточных вод; г) на корм скоту.

1. Остаточные дрожжи, являющиеся отходами спиртового и пивоваренного производства, используют для:

а) приготовления ферментных препаратов; б) производства биогаза метана;

в) очистки сточных вод; г) орошения пастбищ.

1. Диоксид углерода, выделяемый в ходе производства спир- тового этилового и пива, используют для:

а) приготовления лечебных препаратов; б) приготовления сухого льда;

в) очистки сточных вод; г) на удобрения.

1. Для сбраживания плодово-ягодного сусла применяются следующие микроорганизмы:

а) бактериофаги; б) простейшие; в) бактерии;

г) дрожжи.

1. Обработка плодово-ягодного сока *пектолитическим* фер- ментным препаратом Винозим используется для:

а) понижения интенсивности окраски;

б) увеличения количества полисахаридов; в) осветления сусла;

г) понижения выхода экстрактивных веществ.

1. Обработка вина *гидролитическим* ферментным препаратом Винозим используется для:

а) понижения интенсивности окраски;

б) увеличения количества полисахаридов; в) осветления сусла;

г) понижения выхода экстрактивных веществ.

1. Обработка вина гидролитическим ферментным препаратом кислая протеаза используется для:

а) понижения интенсивности окраски;

б) увеличения количества полисахаридов; в) осветления сусла;

г) стабилизации вина от коллоидных помутнений.

1. Ферментацию плодово-ягодных морсов гидролитическими ферментами проводят с целью:

а) снижения количества коллоидов в растворе; б) снижения количестве витамина С в растворе; в) увеличения вязкости раствора;

г) защиты растворов от воздействия УФ-лучей.

1. Ферментация ягод аронии Целлюлазой-100 при производст- ве антоцианового красителя применяется для:

а) понижения концентрации витамина С;

б) повышения выхода антоцианов с последующей водно-спир- товой экстракцией;

в) снижения скорости экстракции антоцианов;

г) защиты растительных клеток от воздействия радиоактивно- го облучения.

1. Обработка чайного листа гидролитическим ферментным препаратом Целлолигнорин П10х применяется для:

а) защиты растительных клеток от воздействия УФ-лучей; б) снижения количества аминокислот;

в) увеличения количества ненасыщенных жирных кислот; г) увеличения количества экстрактивных веществ.

1. Обработка чайного листа ферментным препаратом фено- локсидазой (класс оксидоредуктазы) применяется для:

а) защиты растительных клеток от воздействия УФ-лучей; б) снижения количества аминокислот;

в) сокращения времени ферментации чайного листа; г) увеличения количества экстрактивных веществ.

1. Сатурация напитков – это технологический процесс: а) укупоривания готовой продукции;

б) насыщения напитков диоксидом углерода; в) дозирования купажного сиропа в бутылки; г) перемешивания содержимого бутылки.

1. Дрожжевые и гущевые осадки, являющиеся отходами ви- ноделия и сокового производства, используют для:

а) приготовления кормовой муки и гранулированных кормов; б) производства биогаза метана;

в) очистки сточных вод; г) орошения пастбищ.

**ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

### Рекомендации к выполнению контрольной работы

Работа выполняется по одному из приведѐнных ниже вариан- тов. В конце работы приводятся ссылки на ис- точники литературы, которые использовались при еѐ выполнении.

### Вариант 1

1. Дать определение биоконверсии и привести примеры еѐ ис- пользования.
2. Какие биохимические процессы происходят при выпечке

хлеба?

### Вариант 2

1. Какие продукты получают путѐм биоконверсии?
2. Применение амилазы в производстве этилового спирта.

### Вариант 3

1. Сырьѐ, используемое в биоконверсии.
2. Что происходит с белками при выпечке хлеба?

### Вариант 4

1. Общая характеристика ферментов.
2. Сырьѐ, применяемое для производства пищевого спирта.

### Вариант 5

1. Механизм действия ферментов.
2. Применение брожения в биоконверсии.

### Вариант 6

1. Отличия ферментов от неорганических катализаторов.
2. Характеристика микроорганизмов, применяемых для сбра- живания плодово-ягодного сусла.

### Вариант 7

1. Характеристика гидролаз. Привести примеры их использо- вания в биоконверсии.
2. Микроорганизмы, применяемые в производстве спирта.

### Вариант 8

1. Какие реакции катализируют амилазы?
2. Характеристика микроорганизмов, применяемых для сбра- живания пивного сусла?

### Вариант 9

1. Применение ферментов для осветления напитков.
2. Ферментация чайного листа.

### Вариант 10

1. Механизм действия ферментов.
2. Использование остаточных дрожжей, являющихся отходами спиртовых производств.

### Вариант 11

1. Общая характеристика протеаз.
2. Использование зерновых отходов спиртового и пивоваренно- го производств.

### Вариант 12

1. Ферменты, применяемые для расщепления белков.
2. Пивное сусло, его получение и использование.

### Вариант 13

1. Субстратная специфичность целлюлаз и их применение.
2. Микроорганизмы, применяемые для выпечки хлеба.

### Вариант 14

1. Строение пектинов и ферменты, применяемые для их рас- щепления.
2. Денатурация белков и еѐ роль в биоконверсии пищевого сы-

рья.

### Вариант 15

1. Применение ферментов в переработке молока.
2. Холодное помутнение пива и пути его устранения.

### Вариант 16

1. Преимущества применения ферментных технологий перед другими способами переработки пищевого сырья.
2. Биохимические процессы, протекающие при созревании

теста.

### Вариант 17

1. Классификация ферментов с примерами.
2. Использование ферментов для осветления напитков.

### Вариант 18

1. Оптимальная температура действия ферментов.
2. Промышленное использование ферментов класса гидролаз.

### Вариант 19

1. Влияние рН на активность ферментов.
2. Зависимость жизнедеятельности микроорганизмов от тем- пературы.

### Вариант 20

тов.

1. Природные источники для получения ферментных препара-
2. Биохимический механизм бланширования.

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЁТУ**

* 1. Дать определение биоконверсии.
  2. Основные источники сырья для биоконверсии.
  3. Вторичные источники сырья для биоконверсии.
  4. Продукты, получаемые путем биоконверсии.
  5. Продукты, получаемые путем микробиологической биокон- версии растительного сырья.
  6. Дать краткую характеристику ферментам.
  7. Отличия ферментов от неорганических катализаторов.
  8. Условия, определяющие активность ферментов.
  9. Молекулярное строение ферментов.
  10. Коферменты и кофакторы.
  11. Активаторы и ингибиторы ферментов.
  12. Классификация и шифр ферментов.
  13. Характеристика класса гидролаз.
  14. Амилазы и их применение в переработке сырья.
  15. Целлюлазы и их применение.
  16. Пектиназы и их применение.
  17. Протеолитические ферменты и их применение.
  18. Какие микроорганизмы применяются в производстве хле- бобулочных изделий?
  19. Какой биохимический процесс протекает при созревании

теста? тесте?

* 1. В каком температурном диапазоне протекает брожение в
  2. При какой температуре прекращается жизнедеятельность

кислотообразующих бактерий?

* 1. Что происходит с белками при выпечке хлеба?
  2. Что происходит с крахмалом при выпечке хлеба?
  3. Картофельная болезнь хлеба и еѐ возбудители.
  4. Факторы, препятствующие плесневению хлеба.
  5. Сырьѐ, применяемое для производства пищевого этилово- го спирта.
  6. Сырьѐ, применяемое для производства технического эти- лового спирта.
  7. Применение амилаз в производстве спирта.
  8. Применение дрожжей в производстве спирта.

сусла.

* 1. Ферменты, применяемые для производства пивного сусла.
  2. Микроорганизмы, применяемые для сбраживания пивного
  3. Микроорганизмы, применяемые для сбраживания плодово-

ягодного сусла.

* 1. С какой целью проводится обработка плодово-ягодного со- ка пектолитическими ферментами?
  2. С какой целью проводится обработка вина протеолитиче- ским ферментом.
  3. Цель обработки ягод целлюлазой.
  4. Цель обработки чайного листа целлюлазой.
  5. Применение отходов дрожжевых производств.
  6. Применение отходов виноделия и производства соков. 39.Применение зерновых отходов спиртового и пивоваренного

производств.

40. Источники и пути использования диоксида углерода в био- конверсионных производствах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянова, Е.В. Правила техники безопасности и пожарной безопасности для работающих в лабораториях кафедры биотехнологии: методические рекомендации для самостоятельной работы и изучению правил техники безопасности, пожарной безопасности и оказанию первой доврачебной помощи при выполнении лабораторного практикума студентами в лабораториях кафедры биотехнологии / Е.В. Аверьянова. - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2018. - 28 с. - <http://irbis.bti.secna.ru/doc8/2018-170.pdf>
2. Никифорова, Т.А. Биоконверсия растительного сырья: учебное пособие / Т.А. Никифорова, Е.В. Волошин; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – 130 с.
3. Белокурова, Е.С. Биотехнология продуктов растительного происхождения: учебное пособие / Е.С. Белокурова, О.Б. Иванченко. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 232 с.
4. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения: учебник: / А.Ю. Просеков, О.А. Неверова, Г.Б. Пищиков, В.М. Позняковский; Кемеровский государственный университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2019. – 262 с.
5. Биотехнологические основы направленной конверсии сельскохозяйственного сырья и вторичных биоресурсов для получения пищевых ингредиентов, функциональных продуктов питания и кормов=Biotechnological foundations of directed conversion of agricultural raw materials and secondary bioresources for obtaining food ingredients, functional food and feed / Е.М. Серба, Л.В. Римарева, Е.Н. Соколова и др. ; Филиал Федерального исследовательского центра питания и биотехнологии. – Москва: Библио-Глобус, 2017. – 180 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
| --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ………………………………………………………….. | 3 |
| ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОКОНВЕРСИИ……………….. | 5 |
| ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ……………. | 11 |
| ПОЛУЧЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  ФЕРМЕНТОВ………………………………………………………... | 18 |
| Протеолитические ферментные препараты……………………. | 23 |
| Пектолитические ферментные препараты……………………... | 23 |
| Целлюлолитические ферментные препараты………………….. | 24 |
| РАБОЧАЯ ПРОГРАММА…………………………………………... | 30 |
| Содержание дисциплины………………………………………... | 32 |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ………………. | 37 |
| ТЕСТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ……………… | 40 |
| ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ…………………………… | 49 |
| Рекомендации к выполнению контрольной работы…………... | 49 |
| ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ……………………………………………… | 53 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…………………………………………... | 55 |