

МИНИСТЕРСТВО ТОРГОВЛИ И МАТЕРИАЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Красноярский институт советской торговли

Сургутский

Химические и биохимические приемы
кулинарной обработки пищевых продуктов

Красноярск 1992

МИНИСТЕРСТВО ТОРГОВЛИ И МАТЕРИАЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Красноярский институт советской торговли

В.П.Сургутский
Г.П.Гордиенко

Химические и биохимические приемы кулинарной
обработки пищевых продуктов

Учебное пособие для студентов
технологического факультета
торговых вузов.

Под редакцией д.т.н.,
профессора Н.И.Ковалева

Красноярск
1992

Оглавление

1. Химические и биохимические приемы обработки	3
2. Химические приемы обработки	6
2.1. Сульфитация	7
2.2. Химические разрыхлители теста	13
2.3. Пищевые кислоты, их роль в питании	15
2.4. Бактерицидные свойства растительного сырья	28
3. Физико-химические методы консервирования	31
3.1. Поваренная соль как добавка и консервант	32
3.2. Использование сахара для консервирования	34
4. Биохимические процессы и приемы обработки продуктов	35
4.1. Брожение	38
4.2. Биологический способ разрыхления теста	45
4.3. Квашение	52
4.4. Ферментативное размягчение мяса	54
5. Химическая природа и свойства ферментов	56
5.1. Возможности ферментов и биотехнологии	62

Заказ №2010 Тир. 200 экз. Тип. "Сибирь"
Цена договорная.

Химические и биохимические приемы обработки

Пища является той древнейшей связью, которая соединяет все живое, в том числе и человека, с окружающей его природой.

Пищевые связи складывались тысячелетиями, и в результате эволюции человека определился совершенно определенный набор пищевых веществ, участвующих в обменных процессах организма. Введение новых реагентов в систему сложившихся биохимических процессов, происходящих в организме, может привести к непредсказуемым, трагическим последствиям. При этом действие тех или иных веществ, не свойственных традициям питания, может влиять на генную систему и последствия их использования могут сказаться через несколько поколений, вызывая мутационные и другие отрицательные последствия.

Поэтому перечень химических реагентов, разрешенных для использования при приготовлении пищи, крайне ограничен и определяется санитарным законодательством, кроме тех, которые вошли в арсенал традиционной кулинарии /уксуса, поваренной соли и пр./. Что касается различных синтетических красителей и пищевых добавок, то использование их допускается после тщательной и всесторонней проверки.

К химическим приемам обработки относятся: сульфитация, маринование с технологическими целями, действие соли в качестве консерванта или вкусового вещества, (а также как электролита, влияющего на состояние коллоидных систем), разрыхление теста с помощью химических веществ, окраска блюд и кулинарных изделий синтетическими красителями, добавление улучшителей теста, обогатителей пищи /пищевые волокна, белковые добавки и т.д./.

Биохимические приемы - это использование биохимических процессов для технологических целей. Это прежде всего спиртовое и кислотное брожение, ферментация.

Схема химических и биохимических приемов кулинарной обработки пищи представлена на рис. I.

Химические и биохимические приемы обработки пищевых продуктов предусматривают различные цели и осуществляются различными методами. Важнейшим из них является консервирование.

Пищевые продукты содержат ряд биологически активных веществ, деятельность которых вызывает изменения свойств продуктов в процессе кулинарной обработки. Если эти изменения нежелательны - продукт подвергается специальной обработке, например, сульфитации - для предотвращения потемнения картофеля. Часто, однако, эти вещества играют положительную роль, способствуют формированию органолептических свойств продукта, его усвоению.

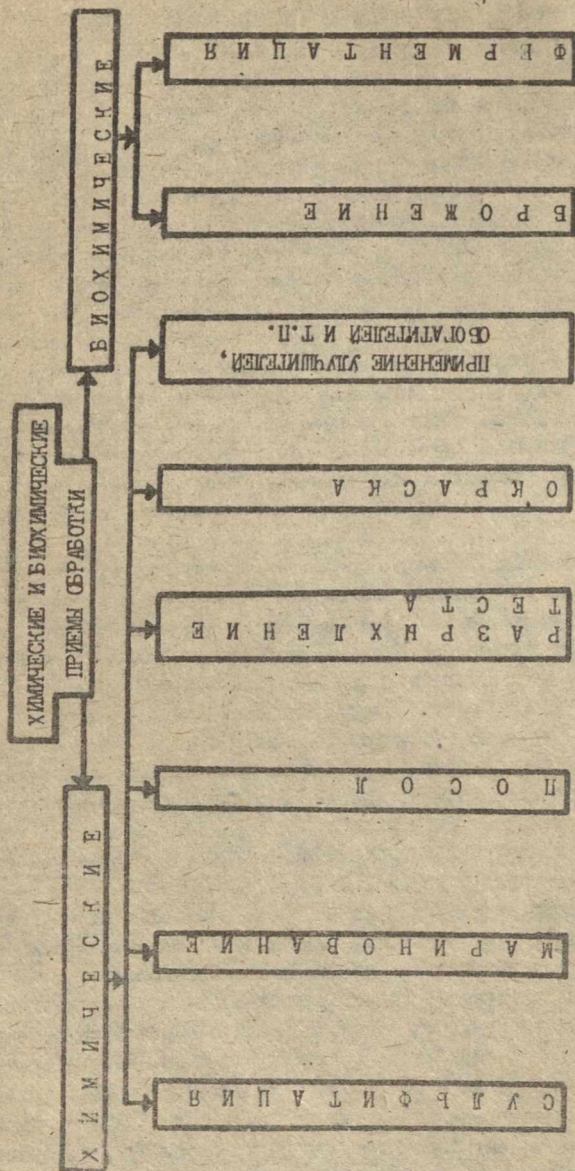


Рис.1. Схема химических и биохимических приемов обработки пищи

Пища — многокомпонентная система. Её состав определяет энергетическую ценность нашего питания, протекание многих физиологических процессов. Разнообразие компоненты пищевого сырья принимают непосредственное участие в самом процессе кулинарной готовки, ферментативных процессах и т.д.

Для придания продуктам необходимых технологических свойств, увеличения сроков их хранения кулинар-технолог использует не только свойства самого сырья, но и использует широкий спектр возможностей воздействия на сырье. Это — прежде всего химические и биохимические воздействия. Так, в качестве размягчителей используют органические и другие кислоты, а также протеолитические ферменты. Для придания изделиям из пресного теста пористой структуры используют химические разрыхлители.

В связи с тем, что сбор сельскохозяйственной продукции имеет сезонный характер, возникает серьезная проблема сохранности пищевой продукции. Эта проблема также решается с помощью химических и биохимических приемов обработки /консервирования/.

Консервирование — это специальная обработка пищевых продуктов для удлинения сроков их хранения. Все методы консервирования подразделяют на физические, физико-химические, химические и биохимические.

В основе физических методов консервирования лежит использование высоких и низких температур, ионизирующих излучений, ультрафиолетовых лучей и ультразвука.

Физико-химические методы консервирования основаны на сушке продуктов различными методами и консервировании поваренной солью и сахаром.

Широко используются химические методы консервирования. Химические вещества, используемые для консервирования пищевых продуктов, должны быть безвредными и не изменять вкус, цвет и запах продуктов. В настоящее время в нашей стране для консервирования разрешены следующие химические препараты: этиловый спирт, уксусная, сернистая, бензойная, сорбиновая кислоты и некоторые их соли, борная кислота, уротропин, некоторые антибиотики и др.

Нашли широкое применение и биохимические методы консервирования.

Консервирование овощей чаще всего производят в присутствии различных приправ. Содержащиеся в них многие вещества губительно действуют на микроорганизмы; некоторые из приправ применяют как консерванты. К исторически используемым консервантам можно отнести фитонциды лука и чеснока; в последнее время для этой

цели стали использовать антибиотики - например, низин. Консерванты не всегда гарантируют полную сохранность продукта, однако они позволяют значительно снизить температуру стерилизации и уменьшить ее продолжительность. Благодаря этому консервы получаются более вкусными и питательными.

Несомненно, что свежесобранные фрукты и овощи богаче витаминами, чем консервированные. Но, хотя при консервировании витамины частично разрушаются, в готовых консервах они сохраняются гораздо дольше, чем в свежих плодах и овощах.

2. Химические приемы обработки

При переработке пищевого сырья и консервации часто используют химические агенты, называемые антисептиками.

Все химические консерванты обладают антисептической способностью - препятствовать, замедлять или совершенно прекращать процессы брожения, закисания, плесневения и загнивания пищевых продуктов, связанных с деятельностью различных микроорганизмов. Однако установлено, что большинство этих веществ может оказывать на организм человека и нежелательные воздействия, особенно в больших концентрациях.

Кроме того, установлено, что активность химических консервантов зависит главным образом от их количества в консервируемом продукте. Если при достаточной /"пороговой"/ концентрации указанные химические вещества убивают микроорганизмы, при концентрации ниже "пороговой" - задерживают, а при очень малых концентрациях стимулируют рост микроорганизмов. В настоящее время доля консервантов и антиоксидантов составляет ~1% от общего объема используемых пищевых добавок, их содержание в пищевых продуктах строго контролируется.

Химические консерванты тормозят обменные процессы в клетке, что является причиной их отмирания. Степень воздействия химических консервантов зависит от их химической формы. Так, более эффективное воздействие оказывают недиссоциированные молекулы. Многие консерванты в нейтральной и слабощелочной средах диссоциированы на ионы. Степень диссоциации уменьшается с повышением кислотности, поэтому консерванты более эффективны в кислых средах. Снижение pH в среде достигается в ряде случаев добавлением пищевых кислот /лимонной, уксусной, молочной, яблочной и др./

2.1. Сульфитация

Увеличение сроков хранения пищевых продуктов без потери их качества решается не только путем широкого использования холодильной техники, но и путем торможения и подавления окислительных процессов различными химическими добавками.

Растительные продукты, в том числе и фрукты, содержат соединения металлов переменной валентности, которые являются весьма эффективными инициаторами окислительных реакций. Особенно велика каталитическая роль металлов, входящих в ферментные системы. В растительных тканях сильным катализатором окисления ферментативной природы является липоксидаза.

Пищевой антиоксидант должен иметь достаточно малые размеры молекул, чтобы легко проникать через стенку клетки живой ткани, обладать известной растворимостью для проникновения в водную и липидную фазу.

Хорошим антисептическим действием обладает диоксид серы — сернистый газ SO_2 . Он оказывает токсическое действие на микрофлору, инактивирует окислительные ферменты. Возможный механизм его действия: проникновение в клетки микроорганизмов, взаимодействие с белками цитоплазмы, разрушение /инактивация/ ферментов и прекращение жизнедеятельности микроорганизмов.

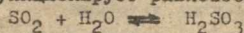
Все соединения, выделяющие сернистый ангидрид, подавляют рост плесневых грибов, дрожжей и аэробных бактерий. Это антимикробное средство широкого профиля. Меньший эффект соединения серы оказывают на анаэробную флору.

Сульфиты — сильные ингибиторы дегидрогеназ, восстанавливают цистеин в сульфгидрильные соединения. Высокие восстанавливающие свойства сернистого ангидрида объясняются легкой его окисляемостью. Благодаря этим свойствам, сернистый ангидрид действует как отбеливатель и предохранитель неферментативного потемнения картофеля, овощей и фруктов.

Диоксид серы создает восстановительный фон среды, что благоприятно оказывается на функционировании биооксидантов, постоянно присутствующих в растительном сырье /каротины, пигменты различной природы, витамины и т.д./. Тем самым создаются препятствия для протекания свободнорадикальных процессов окисления.

Процесс обработки пищевых продуктов сернистым ангидридом называется сульфитацией. Для обработки пищевого сырья и полуфабрикатов используют также сульфитные препараты: NaHSO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, Na_2SO_3 , или их калиевые соли. При этом они могут использоваться в виде растворов или твердых добавок, а сернистый газ — в газо-

образном состоянии для обработки твердых продуктов, путем барботирования через водные растворы или орошением продукции раствором с определенной концентрацией сульфитирующего агента. При растворении в воде функционирует равновесная система:



Наиболее часто для сульфитации используется сернистый ангидрид. Он является лучшим с практической стороны в производстве продукции, подвергающейся в дальнейшем тепловой обработке. При кулинарной обработке создаются условия для десорбции газообразного агента /например, с твердой поверхности ягод, фруктов/ и снижается его возможное неблагоприятное влияние на организм.

Сульфитация используется, например, для хранения свежей плодово-овощной продукции при различных режимах. При ее хранении в среде SO_2 благоприятные условия для прекращения развития микроорганизмов. Так, отчетливо проявляется стерилизующий эффект агента при хранении винограда различных сортов и при различных способах длительного холодильного хранения.

Установлено, что наиболее эффективным является холодильное хранение с использованием еженедельного окулирования SO_2 . При этом уменьшаются естественные и микробиологические потери массы /содержание глюкозы, фруктозы, органических кислот, фенольных веществ, витамина С/, повышается экономическая эффективность.

Таким образом осуществляют хранение свежего винограда. Исследовано также применение различной обработки абрикосов перед сушкой. Наиболее приемлемым методом, обеспечивающим высокое качество сушеных фруктов /цвет, характеристика структуры/, оказался метод с предварительной обработкой сернистым ангидридом.

Особенно широкое применение сернистый ангидрид нашел в виноделии, производстве сусла и пива, а также виноградного сока с целью очистки и осветления.

Изучение механизма растворения сернистого ангидрида в напитках показало, что при введении SO_2 образуется в основном три его формы: физически растворенный диоксид серы, бисульфит и сульфит-ионы (SO_2 , HSO_3^- , SO_3^{2-}).

Образующаяся сернистая кислота является сильным восстановителем и в процессе обработки восстанавливает органические окрашенные вещества, содержащиеся в напитках. Восстанавливающий эффект, видимо, проявляется в результате разрушения окрашенных соединений за счет разрыва двойных связей, присоединения по их месту атомов водорода и образования лейко соединений — за счет этого и

происходит осветление напитков.

Обесцвечивание напитков происходит примерно на 30%. Время сульфитации - 5 минут, если же используются оросительные сульфитаторы, то процесс протекает практически мгновенно. После сульфитации сок имеет щелочную среду $pH = 8,5$.

Качество вина зависит от предварительной обработки сусла аэрированием сернистым газом и азотом. Обработка сусла SO_2 помогает сохранить цветные и вкусовые достоинства полученного из него вина. Вино, приготовленное без добавления SO_2 , считается низкосортным.

В процессах осветления вин концентрацию SO_2 доводят до 30-40 мг/л. Для некоторых сортов красных и белых вин поддерживается концентрация сульфурующего агента в пределах 105-160 мг/л. Обычно концентрация вводимого сернистого газа в качестве стерилизующего и осветляющего агента соков зависит от качества собранного винограда и колеблется от 35 до 200 мг/л, а в Австралии для хранения сока и его полуфабриката используются концентрации 900-1000 мг/л с последующим десульфированием.

Сообщаются результаты исследований влияния различных добавок на остаточное содержание SO_2 в готовом вине /свободного и общего/. Показано, что добавление Поликлара АТ /поливинилпирролидон/ и тиамин позволяет уменьшить дозы SO_2 при сульфитации. Для снижения расхода сернистого ангидрида необходимо осаждение альдегидов, образующихся в виде побочных продуктов при брожении.

Такие способы снижения SO_2 в готовом вине как упаривание или вытеснение SO_2 инертным газом, окисление перекисью водорода, ионный обмен не нашли в ряде стран практического применения. Считается, что для уменьшения конечного содержания в вине SO_2 наиболее целесообразно использовать добавки, связывающие сернистый ангидрид, в частности ацетальдегид.

Работы, проводимые с целью снижения расхода сернистого ангидрида при сульфитировании, являются актуальными, так как SO_2 является сильным ядовитым веществом, вызывающим при больших концентрациях отравление организма. Существует также некоторая опасность мутагенного действия используемого газа на высшие организмы. Поэтому законсервированные с помощью сернистого ангидрида свежие фрукты и овощи употребляют в пищу после длительного хранения или прогрева продукции с целью десульфитации. При нагревании сульфитированных продуктов сернистая кислота легко разлагается

на SO_2 и воду, и сернистый ангидрид улетучивается. Поэтому метод сульфитации используется только в заводских условиях. Суточная токсичная доза SO_2 составляет 0,35-2,1 мг на 1 кг веса тела.

Следует, однако, отметить, что снижение концентрации SO_2 в винах часто приводит их к порче в результате развития нежелательных микроорганизмов.

Сернистый газ используется, как уже отмечалось, для обработки соков и их полуфабрикатов. Как известно, полуфабрикат — это более обогащенный продукт. Установлено, что применение SO_2 способствует сохранению биологически активных мономерных форм полифенолов, витамина С. При хранении сульфитированный полуфабрикат не меняет своего состава, сохраняет питательную и биологическую ценность. Тепловая десульфитация не влияет на основные физико-химические показатели сока. Десульфитированный сок обладает чистым вкусом, сохраняет сортовой цвет и аромат. Он стерилен, не подвержен коллоидным и кристаллическим помутнениям в течение 6 месяцев.

Сульфитация в практике пищевой промышленности используется для стабилизации цвета, обеспечения микробиологической стабильности при хранении мясных и рыбных продуктов. Так, при концентрации SO_2 0,0425-0,0750% мясные продукты приобретают максимальную микробиологическую стабильность, что приводит к увеличению их срока хранения. Кроме того, SO_2 является хорошим средством стабилизации цвета мясных продуктов. Сульфитация мясных и рыбных продуктов предупреждает реакции неферментативного потемнения. Для ингибирования неферментативного потемнения сульфитирование используется в производстве сушеных, замороженных, маринованных плодов и овощей, в крахмалистых продуктах.

Имеются все возможности получить полностью безвредный продукт после предварительной обработки его сернистым газом. Но, первых, продукты освобождаются от адсорбированного на них газа в результате выдерживания их на открытом воздухе за счет десорбции. Этот процесс интенсифицируется при незначительном прогреве продукта и содержание SO_2 в продуктах в конечном итоге становится минимальным, вполне безопасным для здоровья.

Сульфитирование применяется в основном с целью дальнейшей переработки сырья, либо с последующей его термической обработкой /выработки из него варенья, джема, повидла/, либо с последующим прогревом и разбавлением /например, разбавлением концентрированных полуфабрикатов из сока/. Наконец, используются различные добавки

Для устранения даже минимальных остаточных количеств сернистого газа. Содержания SO_2 в плодах и овощах допускается в пределах 0,1-0,2%.

Сульфитация широко используется и при производстве сахара из свекловичной стружки. При этом образуется диффузный сок темного цвета. Его очищают с помощью извести и углекислого газа, а для удаления оставшихся веществ фильтрат обрабатывают сернистым газом. Образовавшаяся сернистая кислота, окислившись до серной кислоты, выделяет свободный водород, являющийся сильным восстановителем. Он связывает хромофоры - цветообразующие группы окрашенных веществ, и сами вещества становятся бесцветными. Эта операция - одна из важнейших в технологии получения сахара.

Для обработки пищевого сырья и полуфабрикатов, как уже указывалось, используют также различные сульфитные препараты. Они обладают бактерицидным действием, предотвращают потемнение продуктов и протекание в них окислительных процессов, являются отбеливателями.

Пищевые продукты содержат ряд биологически активных веществ, деятельность которых вызывает изменения свойств продуктов в процессах кулинарной обработки. Так, при хранении очищенного картофеля на воздухе происходит изменение его цвета - потемнение.

Для предотвращения этого картофель подвергают сульфитации, в процессе которой инактивируются окислительные ферменты. Сульфитация позволяет сохранять очищенный картофель без потемнения в течение длительного времени /до 48 часов/.

При этом возможны два варианта технологического процесса обработки картофеля на поточных линиях: с применением механического и огневого способов очистки.

При механическом способе очистки сульфитация заключается в обработке в течение 5 мин очищенных клубней водным раствором гидросульфита натрия с концентрацией 0,5-1% в пересчете на SO_2 . Применение раствора кислой натриевой соли сернистой кислоты основано на способности образующегося при гидролизе этой соли SO_2 снижать активность полифенолоксидазы и тем самым задерживать образование меланинов /пигментов/. Кроме того, SO_2 , являясь хорошим восстановителем, при взаимодействии с органическими веществами, имеющими ту или иную окраску, может переводить их в бесцветные или слабоокрашенные соединения. Восстановительные свойства SO_2 лучше проявляются при повышенных его концен-

трациях и пониженной температуре.

Содержание SO_2 в сульфитированных клубнях строго регламентируется и не должно превышать 0,002%. Такое содержание SO_2 в клубнях обуславливает полное его отсутствие в готовых блюдах, гарнирах и кулинарных изделиях из картофеля, так как в процессе тепловой обработки гидросульфит натрия разлагается, а выделяющийся при этом SO_2 улетучивается с водяным паром. С другой стороны, это количество SO_2 в картофеле предохраняет его от потемнения в течение 1-2 суток.

После сульфитации картофель промывается на конвейере с душевыми устройствами. При этом содержание остаточного SO_2 в картофеле снижается до допустимой нормы.

Дозировка сернистого газа зависит от способа очистки. При механической очистке клубни становятся более разрыхленными, чем при ручной очистке, что требует большей дозировки сернистого ангидрида.

Сущность огневой очистки картофеля заключается в том, что кожица с клубней удаляется путем обжига при температуре 1100-1200°C в течение 6-12 сек с последующим промыванием клубней в моечных машинах.

В процессе обжига на поверхности клубней образуется проваренный слой в 2-3 мм, в котором происходит клейстеризация крахмала. При сульфитации крахмальный гель препятствует проникновению раствора бисульфита натрия внутрь клубня и за счет сильной адсорбции сульфитирующий агент труднее смывается, чем при механической очистке клубней.

Поэтому картофель, очищенный огнем, сульфитируют раствором гидросульфита натрия относительно низкой концентрации 0,6-0,8% в пересчете на SO_2 в течение 2 мин и удлиняют время промывки.

Для увеличения сроков хранения очищенного сульфитированного картофеля рекомендуется использовать для упаковки полиэтиленовые мешки. При централизованном производстве указанный продукт входит в ассортимент как "сырой очищенный картофель, не темнеющий на воздухе".

Сульфитирующие агенты нашли свое применение и в хлебопекарной промышленности. Пиросульфит натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) используется для изготовления затяжного печения; запатентован /США/ улучшитель физических свойств дрожжевого теста путем внесения в него при замесе диосульфита натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) в количестве 0,25% от

массы муки, или 1,2% от массы теста с последующим брожением и выпечкой изделия. Аналогичный патент /Австралия/ регламентирует способ производства хлеба с добавкой улучшителя, содержащего 0,5-2% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Улучшители содержали также другой сульфитирующий агент-метабисульфит натрия и другие добавки. Полученный хлеб, по сравнению с контрольным образцом без добавки, отличался большим объемом, лучшей структурой мякиша и более толстой коркой.

В целях модификации физических свойств выделяемой клейковины широко применяют восстановители и другие реагенты. Так поступают при производстве белковых волокон и волокон, обладающих самосвязывающими свойствами. Их получают размешиванием смеси, содержащей гидратированную клейковину и восстановитель, при температуре около 70°C до образования размельченной сеткообразной волоконистой структуры /с добавлением инертного пищевого продукта/.

В качестве восстановителей при получении белковых волокон клейковины применяют сероводород, сульфит натрия, глутатон, цистеин и др. /заявка Японии/. Реактивы добавляют в количестве 0,005-0,02% от массы клейковины. Модифицируют свойства выделяемой клейковины с помощью препаратов протеолитических ферментов.

Таким образом, сульфиты используются в качестве антимикробных агентов, антиоксидантов, улучшителей теста, ингибиторов неферментативного и ферментативного покоричневения, в качестве осветляющих веществ. Токсикологические исследования свидетельствуют о их безопасности для здоровья людей.

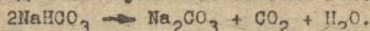
Вместе с тем сернистый ангидрид разрушает тиамин и биотин, может привести также к дефициту в организме токоферола. В связи с изложенным сульфиты нецелесообразно использовать для консервирования продуктов питания, являющихся главным поставщиком тиамина.

2.2. Химические разрыхлители теста

В соответствии с рецептурой некоторые виды теста содержат такое большое количество сахара и жира и так мало воды, что дрожжи в нем развиваться не могут. В этих случаях обычно используют химические разрыхлители.

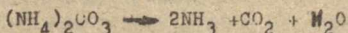
Химические разрыхлители - это порошкообразные химические добавки, индивидуальные или комбинированные, которые выделяют газообразные вещества, разрыхляющие тесто. Индивидуальные добавки, как правило, выделяют газообразные вещества в изделиях при их выпечке.

Гидрокарбонат натрия /питьевая сода/ при нагревании до 60-80°C разлагается с выделением углекислого газа по схеме:



Из 1 г пищевой соды образуется до 0,63 г карбоната натрия. Это придает изделиям щелочную реакцию, способствует разрушению тиамина и рибофлавина /витаминов группы В/. В присутствии большого количества гидрокарбоната натрия изделия окрашиваются в желтоватый цвет и имеют специфический привкус. При повышенном количестве соды щелочность обуславливает солоновато-горький привкус, ухудшаются процессы пищеварения. Поэтому предельная щелочность теста должна составлять не более 2°Н.

Карбонат аммония при нагревании разлагается на аммиак, углекислый газ и воду:



При этом выделяется около 82% летучих веществ, разрыхляющих тесто, в то время как при разложении пищевой соды их образуется около 26% /от массы используемого разрыхлителя/.

Используют углекислый аммоний и в том случае, когда необходимо сохранить белый цвет кондитерских изделий /отдельные виды пряников/. При избыточном количестве карбоната аммония в изделиях продолжительное время остается запах аммиака.

Эти оба, традиционно используемые химические разрыхлителя, чаще всего вводят совместно. Это улучшает вкусовые качества мучных кондитерских изделий. При их использовании следует иметь в виду то, что карбонат аммония способен разлагаться уже при обычной температуре.

Используются также другие бинарные и многокомпонентные разрыхлители теста. В их состав входят гидрокарбонат натрия, кислые фосфаты /пирофосфаты/ и крахмал. Во время замеса теста происходит выделение CO_2 в результате взаимодействия NaHCO_3 с кислыми фосфатами; этот процесс интенсифицируется с повышением температуры во время выпечки теста. Изменением вида фосфатов и их дозы можно регулировать в широких пределах количество углекислого газа, выделяемого на различных стадиях приготовления изделий. Доза разрыхлителей 0,5-2,5 % от массы муки.

Рекомендованы также для использования в качестве разрыхлителей следующие комбинации: CaSO_4 , NaHCO_3 и глюконо- δ -лактон; или крахмал, NaHCO_3 и Na_2HPO_4 ; или крахмал, NaHCO_3 и глюконо- δ -лактон.

Предложено использование $\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_7$ в качестве средства для

разрыхления и подъема теста, отличающегося длительным сроком хранения. Добавка препарата составляет 0,4-1,6% к массе теста. Срок хранения замороженного теста ≤ 6 месяцев.

Считают, однако, что на структурную модель теста влияют многие факторы. В их числе: влияние водородных связей, липидной фракции теста, природа реакций дисульфидного взаимодействия белков клейковины, роль окислительных агентов в изменении соотношения SH-групп и S-S связей.

Использование в хлебопекарном производстве широкого спектра улучшителей и разрыхлителей позволяет стабилизировать свойства теста и его качество, от которых в конечном итоге зависит и качество хлебобулочных изделий.

2.3. Пищевые кислоты. их роль в питании

Пищевые кислоты являются не только вкусовой приправой, но и отчасти незаменимым фактором питания. Потребность в них взрослого человека составляет около 2 г в сутки /лимонная, молочная и другие органические кислоты/.

Эти кислоты добавляют в пищу /в качестве приправ/ или они содержатся в самих пищевых продуктах /ягоды и овощи, квашенные и молочнокислые продукты/. В отдельных случаях органические кислоты используют в качестве химического реагента в процессе приготовления пищи. Так, при варке кондитерской помадки добавляют кислоты, чтобы вызвать инверсию сахарозы; при варке свеклы добавляют уксус, чтобы уменьшить разрушение пигментов свеклы и т.д.

Органическим кислотам принадлежит исключительно важная роль в обмене веществ растений. Они являются промежуточными соединениями в ходе окисления углеводов, жиров, аминокислот и т.д. В то же время, будучи в основном продуктами превращения сахаров, органические кислоты используются в синтезе аминокислот, алкалоидов и множества других соединений и являются, таким образом, связующим звеном между обменом углеводов, белков, жиров и т.д.

Кислоты придают продуктам специфический вкус и тем самым способствуют их лучшему усвоению. Они обладают различной вкусовой кислотностью. Различные кислоты обладают неодинаковым вкусом. Лимонная кислота имеет чисто кислый, приятный, без привкуса, невяжущий вкус; винная - кислый, вяжущий; молочная кислота - чисто кислый, невяжущий, уксусная кислота - резкий кислый и т.д. Кислый вкус пищевых продуктов несколько изменяется под влиянием сахаров, дубильных веществ и поваренной соли. Сахара маскируют кис-

ный вкус, дубильные вещества и поваренная соль усиливают кислый вкус.

При переработке и хранении пищевых продуктов кислотность может изменяться. Так, кислотность капусты, огурцов, яблок и некоторых других овощей и плодов возрастает в процессе квашения в результате новообразования кислот. Кислотность теста увеличивается в процессе брожения, а кислотность молока — при изготовлении, например, кефира, сметаны, простокваши.

Кислотность имеет большое значение для оценки качества пищевых продуктов, она может увеличиваться при хранении готовых продуктов, в результате чего их качество снижается. Повышенная кислотность может характеризовать их несвежесть и недоброкачественность. Поэтому в стандартах на многие пищевые продукты /свежее молоко, сметана, пиво, соки, фруктовые воды и др./ указывают нормы содержания кислот.

В процессах приготовления пищи часто используются органические кислоты, содержащиеся в различных растительных и животных продуктах, а также полученные путем органического синтеза. К натуральным пищевым кислотам относятся: аскорбиновая, лимонная, яблочная, фумаровая, винная, молочная; к кислотам искусственного происхождения: уксусная, сорбиновая, бензойная, салициловая, пропионовая и др.

В пищевой промышленности перечисленные кислоты используются для придания вкуса, для консервации продуктов, в составе разрыхлителей теста, в качестве заправок и основы маринадных заливок.

Уксусная кислота. Маринование. В кулинарной практике широко используется уксусная кислота. Консервирование свежих плодов и овощей с помощью уксусной кислоты называют маринованием. Уксусная кислота препятствует развитию многих микроорганизмов и особенно бактерий. Она также угнетает действие на развитие дрожжей. Концентрация уксусной кислоты в маринадах составляет 0,8–2%. При более высоких концентрациях уксусной кислоты пищевые продукты приобретают очень острый вкус.

При производстве маринованных продуктов обычно используют столовый уксус, содержащий 3–6% уксусной кислоты, или пищевую уксусную эссенцию с содержанием уксусной кислоты 70–80%. Для выработки маринадов более желателен биохимический уксус /спиртовой, винный, плодово-ягодный и др./, т.к. уксус из эссенции обладает резким вкусом.

Маринуют плоды, овощи, грибы, рыбу и прочее заливанием маринадом; банки закатывают и пастеризуют при 90-100°C. При хранении маринадов происходит их созревание, которое длится от 20 дней до двух месяцев. В процессе созревания уксусная кислота, сахар и соль диффундируют в продукты, под действием кислот около 75% сахарозы превращается в инвертный сахар, улучшаются вкусовые качества продукта.

Уксусная кислота участвует во многих обменных процессах в организме. Все углеводистые продукты - сахар, мед, сладости, хлеб, крупы, макароны, картофель - в процессе обмена превращаются в ацетоуксусную и уксусную кислоты. За сутки организм человека вырабатывает примерно полкилограмма уксусной кислоты. Часть ацетоуксусной и уксусной кислот используется организмом для синтеза холестерина.

Уксусная кислота обладает консервирующим действием не только на овощи и фрукты. В технологии пищи маринование используют и с технологическими целями. Мясо диких животных /зайцев, коз, лося, оленей и др./ маринуют для улучшения вкуса, придания блюдам из них особого аромата и улучшения консистенции.

Для приготовления маринада к 1,5-2%-ному раствору уксусной кислоты добавляют соль, сахар, лавровый лист, перец горошек, нарезанную соломкой морковь, лук; смесь кипятят, охлаждают и вымачивают в ней мясо от 1 до 4-х суток. Маринуют мясо также из говядины для изготовления шашлыков. Говядину маринуют без добавления овощей.

В процессе маринования происходит набухание коллагеновых волокон соединительной ткани. Дезагрегация коллагеновых волокон и переход коллагена в глютин происходит быстрее и при более низкой температуре.

С.Е. Клямаков установил, что по способности размягчать мясо органические кислоты располагаются в следующем порядке /по мере убывания/: аскорбиновая, винная, щавелевая, лимонная, уксусная, молочная. На размягчающем действии органических кислот основано и тушение мяса с кислыми соусами.

Маринование рыбы имеет целью не столько размягчение ее тканей, сколько придания блюдам специфического вкуса. Для того, чтобы кислота лучше проникала в ткани рыбы, жаренные куски ее заливают горячим маринадом. Маринад без томата /белый/ содержит около 1,5% уксусной кислоты. В красном маринаде /томатном/ содержится уксусной кислоты около 1% и яблочной около 0,2%. После охла-

дения залитой маринадом рыбы кислотность маринада снижается за счет разбавления его влагой, содержащейся в продукте, и за счет адсорбции кислоты тканями рыб.

Используется также тушение рыбы в томатном соусе или со шавелем. При этом рыба не только приобретает особый вкус, но и размягчаются ее кости. Укус незаменим, когда надо заправить салат или сварить маринад.

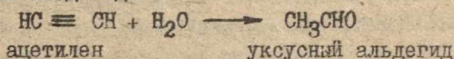
Слабый раствор уксусной кислоты применяется в качестве добавки к приправам в кулинарии /к мясным, рыбным, овощным блюдам, салатам и соусам/, а также для приготовления маринадов, соусов, майонезов, пресервов и других продуктов.

Давно было известно, что со временем вино скисает, если его хранить в открытом виде и превращается в уксус. Скисание вина в уксус — это биохимический процесс, происходящий при обязательном участии особых микроорганизмов — уксуснокислых бактерий. Они окисляют этиловый спирт и превращают его в уксусную кислоту:

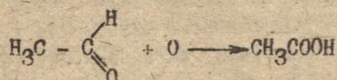


Этот процесс — основа наиболее распространенного способа получения так называемого "столового" уксуса из вина, пива или других жидкостей, содержащих спирт. Иногда полученный таким образом уксус настаивают на душистых травах или пряностях. Так получается ароматический уксус, содержащий 5-6 процентов уксусной кислоты.

Синтетическую уксусную кислоту получают из ацетилена. В основе этого способа лежит классическая реакция образования уксусного альдегида, открытая в конце прошлого века русским химиком М.И. Кучеровым. По этой реакции /она вошла в науку под названием реакции Кучерова/ ацетилен присоединяет воду и превращается в уксусный альдегид:



Уксусный альдегид нужно окислить, и тогда получится уксусная кислота:



уксусный
альдегид

уксусная
кислота

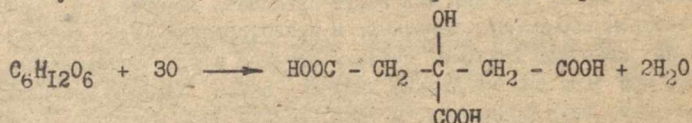
Эти две реакции — основа промышленного синтеза уксусной кислоты из такого дешевого и доступного сырья, как ацетилен.

Уксусную кислоту извлекают также при сухой перегонке дерева.

Лимонная кислота. Лимонная кислота широко используется для придания кислого вкуса некоторым продуктам и прохладительным напиткам. Она отличается невысокой степенью так называемой вкусовой кислотности. Это и является ценным ее свойством, придающим продуктам приятный привкус. Она находит широкое применение и в кондитерском производстве.

Лимонная кислота, впервые выделенная из лимонов и содержащаяся в них до 6-7%, находится и во многих других растениях: в плодах шиповника, соке винограда, свеклы, малины. Только клеква и плоды цитрусовых содержат почти одну лимонную кислоту. Другие продукты и ягоды обычно содержат еще яблочную, винную и некоторые другие органические кислоты.

В технике лимонную кислоту получают преимущественно микробиологическим путем с помощью лимоннокислого брожения сахаров:



Получают лимонную кислоту и из лимонного сока — обычно из 1 т лимонов получают около 25 кг лимонной кислоты. Биохимическое производство лимонной кислоты, однако, более эффективно.

Лимонная кислота поступает в наш организм в основном через плоды, ягоды, фрукты. Наибольшее ее содержание отмечено в лимоннике китайском и в лимоне. В организме лимонная кислота поддерживает кислотно-щелочное равновесие и постоянный ионный состав, способствует пищеварению, взаимодействуя с белковыми веществами.

Особенно хорошо действие лимона проявляется после длительных мышечных и умственных нагрузок, потому что он усиливает углеводный обмен в анаэробных условиях, ускоряет образование АТФ. Это, в свою очередь, повышает устойчивость организма к кислородному голоданию, когда в тканях исчерпаны запасы веществ — источников энергии. Препараты лимонника также повышают устойчивость организма к неблагоприятным воздействиям /к токсинам угарного газа, нитритам, снотворным, наркотикам и т.д./

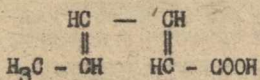
Лимонная кислота нашла широкое применение в кулинарной практике и кондитерском производстве. Лимонный сок можно добавлять в салаты, харчо, сациви. Несколько капель лимонного сока придают борщу красивый бордовый цвет, поскольку природный краситель

свежлы в кислой среде приобретает красную окраску. С помощью лимонной кислоты можно быстро приготовить вкусный творог: достаточно в 1 литр молока /вскипяченного/ отжать сок одного лимона. Лимонная кислота нашла широкое применение в кондитерской, ликеро-водочной промышленности, производстве безалкогольных напитков. Этим она обязана тому, что по сравнению с другими кислотами лимонная кислота отличается более мягким, приятным кислым вкусом, не оказывает раздражающего действия на слизистые оболочки.

Сорбиновая кислота. Более 100 лет назад из ягод рябины было выделено белое кристаллическое вещество — сорбиновая кислота. Свое название она получила от латинского названия рябины — *Sorbus*. Впоследствии было установлено, что она губительно действует на некоторые виды микроорганизмов и вместе с тем безвредна для человека.

Кроме способности уничтожать микроорганизмы, консерванты должны быть, прежде всего, безвредны и действие их должно быть избирательно, так как они могут принимать участие и в "технологическом процессе", например, в приготовлении сыра, кислого молока, квашеной капусты, соленых огурцов и т.д. Естественно, что при этом они не должны изменять вкуса, пищевой ценности и внешнего вида продуктов, а также должны быть доступны, дешевы и удобны в обращении.

Наиболее подходящим в этом отношении оказалась сорбиновая кислота:



В организме человека сорбиновая кислота полностью разрушается, давая при этом углекислый газ и воду. Вместе с тем она обладает замечательной способностью подавлять активность фермента грибов — дегидрогеназы, но не влияет при этом на развитие молочнокислых бактерий. В этом отношении сорбиновая кислота — идеальный консервант.

Сорбиновая кислота — чрезвычайно активный противогрибковый препарат, и уже концентрации 0,01-0,1% достаточно для того, чтобы она проявила свое действие. С ее помощью можно приготовить впрок много разнообразных вкусных продуктов.

Применение сорбиновой кислоты позволяет оптимизировать процесс консервирования. Например, компоты консервируют при высокой температуре: от этого плоды развариваются и теряют свои естественные вкусовые качества. При добавлении же сорбиновой

кислоты /0,06%/ пастеризацию можно вести при 70°C и всего лишь 10 минут. Приготовленные таким образом компоты не имеют постороннего привкуса, обладают приятным ароматом и хорошо сохраняются.

Добавление сорбиновой кислоты /0,05%/ при заготовке винок протертых с сахаром ягод /например, смородины/ позволяет уменьшить количество сахара вдвое. Продукт получается не слишком сладким и хорошо сохраняется.

Сорбиновая кислота позволяет продлить срок хранения готовых продуктов: сыра, хлеба, маргарина и масла. Томат-пюре с добавками сорбиновой кислоты /0,05-0,15%/ хранится при комнатной температуре более двух месяцев; фруктовые соки, прогретые при 50°C в течение 5 минут в присутствии 0,05% сорбиновой кислоты, не портятся в течение шести месяцев, практически не меняя своего состава при хранении. Точно также добавка небольшого количества сорбиновой кислоты к винам позволяет предохранить их на долгое время от прокисания.

Фрукты влажностью 28% и выше /чернослив, инжир и др./ легко загнивают. Предохранить их от порчи можно очень просто, обработав слабым раствором сорбиновой кислоты.

Используется она и при домашнем консервировании. В процессе засолки огурцов наряду с развитием молочнокислых бактерий одновременно могут развиваться и дрожжи, в результате чего огуречный рассол вспенивается и в огурцах образуются пустоты. Добавление 0,05% сорбиновой кислоты устраняется это явление.

Сорбиновая кислота - это чрезвычайно эффективный консервант. Имеются данные и по более широкому ее использованию: предохранение зерна от поражения его грибами, для торможения прорастания зерна и картофеля и т.д.

Для того, чтобы добыть 1 кг этого вещества из рябины, надо переработать около 495 кг спелых ягод, применяя при этом сложные экстракционные и химические методы. Гораздо проще ее синтезировать. Синтез сорбиновой кислоты проводят в две стадии. Сначала кротоновый альдегид $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHO}$ конденсируют с кетоном $\text{CH}_2=\text{C}=\text{O}$ и получают полимерный продукт, в котором стдельные звенья соединены кислородными мостиками. При действии концентрированных щелочей или кислот происходит его расщепление на отдельные "кусочки", которые тотчас же изомеризуются: в результате получается сорбиновая кислота. Особенно важно, что кротоновый альдегид и кетон - дешевые исходные продукты, и поэтому синтез

сорбиновой кислоты на их основе уже поставлен на промышленные рельсы.

К сожалению, плоды рябины еще не достаточно широко используются в нашей практике. В плодах рябины виталина С почти столько же, сколько в лимоне, содержится и витамин А. Много в рябине и витамина Р, яблочной и лимонной кислот. Сахара в рябине от 4 до 13,7%. Горький вкус — это причина, которая препятствует широкому использованию рябины, хотя сахара в ней достаточно. Горечь рябине придает моногликозид сорбиновой кислоты.

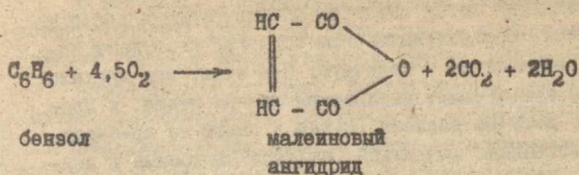
Няжущий вкус рябине придают дубильные вещества. При замораживании ледяные кристаллы разрушают стенки клеток, и тогда дубильные вещества, придающие горечь и терпкость, отчасти окисляются, отчасти вступают в реакцию с белками. После не сильного подмораживания ягоды рябины резко меняют к лучшему свой горьковатый вкус. При этом уменьшается содержание каротина, Р-активных веществ, витамина С, уменьшается содержание гликозидов.

Из рябины можно варить повидло, джемы, готовить наливки, а кроме того, сохранять ягоды и свежими /в замороженном виде/. Рябину можно сушить — в незакрытой духовке или печи. Из заготовленных таким путем ягод готовят компоты, кисели, начинку для пирогов. А из сушеной или слегка даже поджаренной рябины получается душистый чай. Если же сухую ягоду превратить в муку, то, добавляя ее в тесто, она придает ему неповторимый вкус и аромат.

Сорбиновая кислота применяется как ценное консервирующее средство для многих пищевых продуктов: предотвращает скисание плодово-ягодных соков и вин, предохраняет от порчи мясные и рыбные продукты, сыр, а также готовые кулинарные изделия. Наиболее ярко выражается антимикробное действие сорбиновой кислоты при pH около 4,5. В нашей стране допущено применение сорбиновой кислоты 0,01–0,02% для консервирования разных продуктов.

Яблочная кислота. Яблочная кислота входит в состав многих продуктов, фруктов и ягод. В яблоках, грушах, айве, персиках и абрикосах довольно много яблочной кислоты, придающей им в сочетании с сахаром кисло-сладкий вкус.

Разработан синтез яблочной кислоты из такого широко распространенного химического сырья, как бензол. Сначала бензол окисляется кислородом воздуха в малиновый ангидрид — исходный продукт многих органических синтезов:

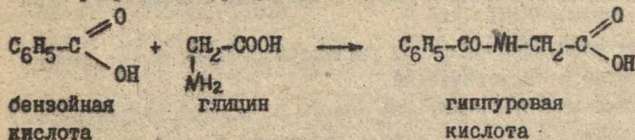


Наиболее приемлемый метод снижения концентрации кислоты в вине – биологический. Определенные виды бактерий разрушают молочную кислоту, превращая ее в молочную. При этом, как правило, работают с чистыми культурами: выбирается нужный штамм, и процесс регулируется. Летучие кислоты, сахар и спирт не претерпевают при этом существенных изменений, падает микробами и винная кислота.

Бензойная кислота. Бензойная кислота встречается в бруснике и клюкве в свободном и связанном состоянии в виде гликозида ванцинина $[C_6H_{11}O_6 \cdot C_6H_5CO]$. В бруснике количество свободной бензойной кислоты составляет 0,05–0,15%, а в клюкве – 0,01–0,4%. Бензойная кислота обладает антисептическими свойствами, поэтому брусника и клюква хорошо сохраняются в свежем виде.

Широкое применение при консервировании пищевых продуктов нашла бензойная кислота и бензоат натрия. Вследствие слабой растворимости бензойной кислоты в воде на практике обычно применяют бензоат натрия в виде 20%-ного водного раствора.

Бензойная кислота и бензойнокислый натрий в кислой среде являются сильными антисептиками. Бензойная кислота подавляет жизнедеятельность микроорганизмов при концентрации 0,05%, а бензоат натрия – 0,07–0,1%. Эти химические консерванты особенно сильно действуют на дрожжи и плесени и в меньшей степени на бактерии. В указанных выше концентрациях бензойная кислота и бензоат натрия для человека не опасны, т.к. в организме человека они образуют гиппуровую кислоту и свободно выводятся:



Синтез гиппуровой кислоты из бензойной кислоты и глицина протекает в организме в печени и почках при участии коэнзима А.

Наиболее сильное антисептическое действие бензойной кислоты проявляется в кислой среде при pH 2,5–3,5. Недостатком бензойной кислоты как консерванта является ее отрицательное влияние на вкус консервируемого продукта, под ее действием также происходит помутнение растительных материалов, содержащих белок. Поэтому количество бензойной кислоты, добавляемое в пищевые продукты, строго регламентируется и не превышает 70–100 мг на 100 г продукта.

В небольших количествах бензойная кислота применяется для консервирования фруктовых пюре, соков, фруктовых кондитерских изделий, кетовой икры, кильки и других продуктов.

Аскорбиновая кислота. Использование аскорбиновой кислоты в пищевой промышленности связано с ее восстановительными и антиокислительными свойствами, а также способностью связывать ионы тяжелых металлов, содержащихся в пищевых продуктах.

Антиокислительное действие аскорбиновой кислоты обусловлено способностью связывать кислород и защищать двойные связи. Аскорбиновая кислота снижает степень окисления некоторых металлов, уменьшая таким образом их каталитическую активность.

Аскорбиновая кислота проявляет самые различные функциональные свойства в растительных пищевых продуктах – масле, молоке, пиве, плодах, хлебе и т.д. Одна из важнейших биохимических функций в метаболизме растительных и животных клеток – разрушение токсичности свободных радикалов, являющихся продуктами окисления органических веществ. Аскорбиновая кислота может образовывать хелатные соединения с металлами и комплексы с белками.

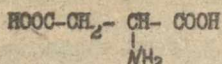
Использование аскорбиновой кислоты в пищевой промышленности расширяется в связи с ее витаминной активностью и низкой токсичностью. Важно и то, что аскорбиновая кислота /витамин С/ препятствует образованию вредных нитрозаминов в организме человека при наличии в пищевых продуктах нитратов и нитритов.

Щавелевая кислота. щавелевая кислота – распространенная пищевая кислота. Зеленые щи из щавеля – любимое блюдо в летнее время. Но употреблять ее надо с осторожностью, так как щавелевая кислота отрицательно влияет на солевой обмен в организме. Дело в том, что щавелевая кислота связывает в кишечнике кальций, причем образуются нерастворимые соли. И кальций не всасывается. Щавелевокислые соли способствуют образованию почечных камней. Кроме того, щавелевая кислота препятствует всасыванию железа.

Щавелевая кислота COOH-COOH встречается в щавеле, ревене, шпинате и других растениях. В растительных продуктах щавелевая кислота находится обычно в виде средних и кислых солей кальция и калия.

Глутаминовая кислота. Обнаружено, что глутаминовая кислота содержится в сравнительно небольших количествах в таких жизненно важных органах и тканях, как мозг, сердечная мышца, плазма крови.

Ее формула:



Эта аминокислота не относится к числу незаменимых.

Физиологическая роль глутаминовой кислоты заключается в следующем. В процессе распада белков, при переваривании пищи образуются аминокислоты; иногда же распад может идти глубже — до аммиака, отравляющего нервные ткани. Глутаминовая кислота связывает его в виде нового соединения — амида — и выводит из организма.

Это свойство глутаминовой кислоты навело медиков на мысль о возможности использовать ее для лечения некоторых психических и нервных расстройств. И действительно, глутаминовая кислота или ее соли применяются при истощении нервной системы, при ослаблении памяти и т.д.

Еще в 1909 году японский ученый Икеда обратил внимание, что пища, одобренная водорослями, становится более вкусной и аппетитной. Выяснилось, что этому способствует глутаминовая кислота.

Глутамат натрия впоследствии стал широко использоваться во многих странах для одабривания мясных, овощных и кулинарных блюд, для улучшения вкуса пищевых консервов, сыра, пива и других пищевых продуктов; особенно целесообразно пользоваться глутаматом натрия для восстановления и улучшения вкуса замороженных мясных продуктов, а также овощей.

Это своеобразное свойство соли носит название "глутаминового эффекта". Он связан, как полагают, со стимуляцией вкусовых нервов, что вызывает чувство насыщения, причем установлено, что способностью сообщать пище "мясоподобный" вкус обладает анион соли.

Глутамат натрия обладает также антиокислительными свойствами и тем самым способствует лучшей сохранности продуктов.

Глутаминовая кислота может быть получена из отходов кукурузно-крахмального производства, а также гидролизом белка обессахаренной свекловичной патоки. Разработан и биохимический синтез глутаминовой кислоты и минеральных солей с помощью особой расы микроорганизмов.

Молочная кислота. Вкус всех молочных продуктов /простокваши, творога, сыра, сметаны и др./ обусловлен молочной кислотой. Ее главное свойство — способность свертывать белки молока. Свернутые белки легче поддаются воздействию пищеварительных ферментов, легче перевариваются и усваиваются. Молочная кислота придает продукту особый вкус, возбуждает аппетит. Как и другие

кислоты, молочная вызывает обильное выделение слюны и поэтому хорошо утоляет жажду.

Кисломолочные продукты ценны прежде всего тем, что они содержат в своем составе микроорганизмы и такие продукты их жизнедеятельности, которые угнетают гнилостные бактерии в желудочно-кишечном тракте человека. Этому же способствует молочная кислота: снижая pH среды, она также препятствует деятельности гнилостных микроорганизмов.

Молочная кислота $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ широко распространена в пищевых продуктах. В некоторых продуктах /квашенные плоды и овощи, кисломолочные продукты/ молочная кислота накапливается в процессе брожения, а при производстве кондитерских изделий и безалкогольных напитков добавляется специально.

Важную роль молочная кислота играет при созревании мяса после убоя животных, когда количество ее резко увеличивается, что приводит к улучшению консистенции и аромата мяса.

В качестве сырья для получения молочной кислоты используют растворы сахаров, мелассу, гидролизаты древесины и др. В пищевых продуктах молочная кислота накапливается во время молочно-кислого брожения.

Заканчивая рассмотрение вопроса использования органических кислот в пищевой технологии, следует отметить, что рассмотренные выше кислоты далеко не исчерпывают перечень используемых кислот в пищевой промышленности. Многие не указанные выше органические кислоты содержатся в различных пищевых продуктах растительного и животного происхождения. Например, муравьиная кислота HCOOH содержится в небольших количествах в пчелином меде, малине, черешне. Эта кислота также обладает антисептическими свойствами, но в нашей стране ее для консервирования пищевых продуктов не применяют, т.к. она вызывает раздражение почечного эпителия.

Янтарная кислота $\text{COOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ содержится во многих плодах и овощах, особенно ее много в недозревших ягодах крыжовника, вишни, винограда, красной смородины, в свекле и др.

Салициловая кислота - $\text{C}_6\text{H}_4-\begin{matrix} \text{COOH} \\ | \\ \text{OH} \end{matrix}$ встречается в незначительных количествах в ягодах малины, смородины, земляники, в винограде, вишне. Эта кислота представляет собой сильный консервант, но очень раздражает слизистую оболочку, и поэтому у нас не применяется в качестве консерванта.

Адипиновая кислота $\text{COOH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ не встречается в природе, а получается синтетическим путем. Она при-

меняется в пищевой промышленности вместо винной и лимонной. Она отличается приятным кислым вкусом и совершенно безвредна для человека.

Винная кислота $\text{COOH-CHON-CHON-COOH}$ встречается в основном в винограде. Она используется в кондитерской и безалкогольной промышленности. Получают ее из отходов виноделия — виноградных выжимок, остаточных винных дрожжей после брожения и винного камня, образующегося при выдержке вина.

Все указанные выше кислоты играют исключительно важную роль в питании. Многие из них являются незаменимыми при консервировании пищевых продуктов, участвуя при этом в разнообразных микробиологических процессах. Основным поставщиком органических кислот для нашего организма является растительное сырье. Органические кислоты, входящие в его состав, участвуют в разнообразных процессах метаболизма и, что очень важно, — проявляют бактерицидные свойства.

2.4. Бактерицидные свойства растительного сырья

На протяжении тысяч лет люди употребляли продукты, не особо задумываясь об их химическом составе и возможном действии на организм. Со временем выяснилось, что в них содержатся витамины и минеральные соли, необходимые для жизнедеятельности; а кроме того, многие плоды богаты еще углеводами — основным энергетическим сырьем.

Стало известно, что высшие растения могут вырабатывать вещества, угнетающие развитие микробов. Эти вещества называют по-разному: фитонцидами, растительными антибиотиками, бактерицидами.

Об антимикробных свойствах плодов известно очень мало. А между тем некоторые сведения из этой области могут представлять интерес. Антимикробные вещества обеспечивают надежность и качество. Считают, что в мировом масштабе потери продуктов вследствие микробной порчи достигают 20–30%. Некоторые возбудители порчи при отсутствии контроля способны вызвать серьезные отравления, вплоть до летального исхода. Очень важным по этой причине является использование органических кислот /в том числе и содержащихся в растительном сырье/ для борьбы с *C. botulinum* — возбудителем ботулизма. Область применения антимикробных веществ включает производство разнообразных продуктов из молока, мяса, рыбы, плодов, овощей, напитков и добавок.

К примеру, ягоды рябины оказывают антимикробное действие. Она задерживает развитие некоторых болезнетворных микробов, например, паратифозной палочки. В плодах рябины содержатся также сорбиновая кислота. Прибавление небольших количеств сорбиновой кислоты к продуктам, имеющим кислую реакцию, препятствует развитию на них микроскопических плесневых грибов. Это свойство сорбиновой кислоты сейчас используют в консервной промышленности: ее употребляют как консервант в растительных консервах, чтобы они не плесневели. Использование ягод рябины, содержащей сорбиновую кислоту, способствует лучшей сохранности пищевых продуктов. Так, исследовано влияние нового нетрадиционного наполнителя, состоящего из сока красной рябины с сахаром, на продолжительность хранения кефира. Хранение кефира с рябиновым наполнителем (~20%) свидетельствует о том, что он устойчив до 12 суток, что связывается с присутствием в соке рябины сорбиновой кислоты.

Было установлено также, что в клюкве содержится значительное количество бензойной кислоты, антимикробные свойства которой хорошо известны. По-видимому, благодаря именно ее присутствию, клюква почти не подвержена гниению, которое, как известно, вызывает гнилостные микробы. Ягоды клюквы могут длительное время сохраняться в свежем виде. Обладает противогнилостными свойствами и брусника, содержащая до 0,14% бензойной кислоты.

Имеются сообщения, что клюквенный сок вызывает гибель гноеродных стафилококков и способствует лечению некоторых гнойных процессов. Он оказывает благоприятное действие при инфекционных заболеваниях мочевых путей, способствуя увеличению количества выделяемой с мочой гиппуровой кислоты, повышенные концентрации которой вызывают гибель болезнетворных микробов. Из ягод земляники были получены препараты, которые в лабораторных опытах проявляли антимикробную активность, главным образом против гноеродных стафилококков.

Черная смородина широко известна как ценный высоковитаминный продукт. Было показано, что содержащиеся в черной смородине вещества типа фенолов, органические кислоты, а также эфирные масла проявляют антимикробную активность.

В настоящее время в производстве пищевых продуктов используются соки различных ягод, которые в той или иной мере обладают бактерицидным действием, т.к. содержат фенольные соединения, органические кислоты, аскорбиновую кислоту. Среди них следует отметить высокое бактерицидное действие сока жимолости. Сок жи-

молости оказывает губительное действие против обсемененности продуктов культурой стафилококков, сальмонеллы и кишечной палочки. Аналогичное действие оказывают и многие другие соки из ягод, плодов и овощей, употребляемых нами.

Было обнаружено, что сок яблок убивает возбудителя дизентерии. Особой активностью обладают мелкоплодные яблоки. Существенное значение при этом имеет кислотность сока, а также содержание веществ типа катехинов.

Оказалось, что фитонциды, а также органические кислоты оказывают положительное влияние на уничтожение микробов, вызывающих порчу плодов. Активность фитонцидов увеличивается по мере созревания плодов и достигает максимума к моменту полной зрелости. У летних сортов она ниже, чем у осенних и особенно у зимних. Во время хранения плодов активность фитонцидов снижается.

Употребление всех этих кислот для здорового человека полезно. Особенно же необходимыми становятся кислоты в том случае, когда в железах желудка синтезируется недостаточное количество соляной кислоты, взаимодействующей с белковыми веществами пищи и способствующей желудочному пищеварению. В этих случаях потребность в кислоте повышается.

К исторически используемым консервантам можно отнести фитонциды лука и чеснока; часто используется для консервирования аллиловое горчичное масло, добываемое из семян горчицы ($C_3H_5N=C=S$). Введение этого антибиотика в маринады в количестве 0,002% позволяет сохранить их в течение года без пастеризации.

Способностью подавлять бактерии обладают и различные пряности. Они подавляют главным образом бактерии гниения, и тем самым способствуют более длительному сохранению пищи /консервированию/.

Бактерицидные свойства растительного сырья определяет достаточно широкий круг веществ органического происхождения. Часто они действуют как синергисты /усиливают действие друг друга/. По этой причине растительное сырье, являющееся существенным источником питательных веществ, являются и ценным растительным антибиотиком, обеспечивает защиту нашего организма от действия вредоносных микроорганизмов. Они обеспечивают также высокое качество продукции заготовленной впрок и способствуют более длительному её хранению.

3. Физико-химические методы консервирования

Вероятно, самыми первыми "консервами" было высушенное на солнце мясо мамонта ... При высушивании в продуктах остается 10-20 процентов влаги и концентрация питательных веществ становится настолько высокой, что микроорганизмы не могут их больше усваивать. Наиболее совершенным способом высушивания является сублимация: она заключается в том, что замороженные продукты помещают в высокий вакуум - содержащийся в них лед возгоняется и поскольку при этом все время поддерживается низкая температура, то питательные и вкусовые вещества сохраняются неизменными.

Процессы жизнедеятельности микроорганизмов находятся в функциональной зависимости от влажности и температуры. Поэтому для сохранения качества продукции стараются лишить продукт влаги или понизить температуру. Замороженные продукты менее полезны, чем охлажденные, но зато их можно долго хранить.

Вода может быть удалена и тепловой сушкой. Этот путь известен с глубокой древности. Тепловая сушка широко распространена и сейчас. Однако при этом пищевые продукты подвергаются существенным физико-химическим, биохимическим и другим изменениям /значительная усадка, изменение белков, разрушение большей части витаминов и ферментов, потеря летучих веществ, плохая восстановляемость при добавлении воды и т.п./, в результате которых питательные качества продукта в значительной степени утрачиваются.

Поэтому тепловую сушку применяют только для тех продуктов, которые при добавлении воды в значительной степени восстанавливают свои первоначальные качества - для молока, сухарей, макаронных изделий, некоторых фруктов, грибов и т.д.

При правильно организованном процессе сублимационной сушки продукт остается замороженным, влажность его постепенно снижается, а молекулярная структура не претерпевает существенных изменений. В конечном счете получается продукт, из которого удалена почти вся вода /остается всего от 2 до 5% влаги/, причем это удаление происходит при низких температурах, резко тормозящих почти все биологические процессы. Следовательно, практически все исходные свойства продукта сохраняются /вкус, цвет, аромат, консистенция, содержание витаминов и ферментов/. Этот метод, в несколько иной форме, использовался человеком с древних времен: зимой ломти мяса и рыбы вывешивались и сохли "на морозе".

Широкое использование новых методов консервирования /замораживание и сушка в "кипящем" слое, сублимационная сушка многокомпонентных продуктов и смесей и т.д./ позволяет получать продукты высокопитательные и вместе с тем очень стойкие.

Наиболее распространенными в современной практике способами сушки являются: конвейерная, при конвекционном обогреве, флуидизационная /в "кипящем" слое/, сублимационная, микроволновая и распылительная сушка. Каждый из этих видов переработки сырья имеет свои преимущества и недостатки, приемлем для сушки определенного типа продукции. Так, отмечается весьма высокая стоимость самой прогрессивной в отношении качества готовой продукции сублимационной сушки, которая нашла широкое применение в производстве растворимого кофе, мясных и некоторых овощных продуктов, а также супов. Наиболее массовой остается конвейерная сушка, а на более оснащенных заводах флуидизационная сушка. Сравнение преимуществ и недостатков отдельных систем позволяет принимать обоснованный способ сушки в каждом конкретном случае.

Процессы сушки имеют немаловажное значение при комплексном использовании пищевого сырья. Так, яблочные выжимки, образующиеся после получения соответствующего сока, содержат весьма полезные для питания вещества. С целью комплексного использования растительного сырья специалисты создали технологию сушки и измельчения яблочного шрота. Организовано производство порошка, внешне похожего на пудру. Он служит ценным заменителем сахара, т.к. содержит глюкозу и фруктозу в равных количествах. В яблочном порошке есть и очень важные микрокомпоненты: полезные для питания тритерпеноиды, флавоноиды и микроэлементы. Это ценный диетический, профилактический продукт.

3.1. Поваренная соль как добавка и консервант

В кулинарии поваренная соль является универсальной приправой, так как она является единственным веществом, обладающим соленым вкусом. Вкусовые ощущения при этом сугубо индивидуальны, поэтому дозировка соли рассчитывается на средний вкус, зависит и от характера блюда. Так, для придания нормального вкуса в молочные супы достаточно добавить 3 г соли на порцию /0,6%/, а в другие супы добавляют до 5 г /1%/. В острые соусы соли добавляют еще больше; в заправки для салатов, горчичные и некоторые другие — до 2%.

При варке мяса приходится учитывать влияние соли на раство-

римость белков. Если добавлять соль в воду в начале варки, то в раствор перейдут как водорастворимые белки /альбумины/, так и солерастворимые /глобулины/. При дальнейшем нагревании эти белки свертываются, образуя пену. Если же воду, в которой находится мясо, нагреть до кипения, белки денатурируют, теряют способность к растворению и после этого добавление соли уже не вызывает растворение глобулинов. Поэтому бульон солят уже после закипания мяса.

Обнаружено, что поваренная соль является стабилизатором витамина С. Поэтому соль добавляют в воду еще до погружения в нее овощей.

Используется в технологии овощей и способность поваренной соли /как и других электролитов/ увеличивать степень гидратации белков. Так, при производстве рыбных полуфабрикатов, разделанные тушки погружают в раствор соли /15-18%/, охлажденной до $-4 - -6^{\circ}\text{C}$. Соль проникает в поверхностные слои ткани рыбы и увеличивает гидратацию содержащихся в них белков. В результате потери сока при дальнейшем хранении и транспортировке снижаются на 5-12%.

Поваренная соль, проникающая в ткани рыбы, повышает влагоудерживающую способность белков, уменьшает потери сока и задерживает развитие микрофлоры. Способность поваренной соли повышать гидратацию белков используют при производстве мясных полуфабрикатов: при добавлении к мясной "рубке" воды они становятся более сочными и лучше формируются.

Широко используется в практике консервирующее действие поваренной соли. Основано оно не на специфических особенностях хлорида натрия, а на изменении осмотического давления жидкости внутри бактериальной клетки. Поваренная соль с этой целью используется лишь потому, что она является единственным веществом, которое можно добавлять к продуктам в больших количествах.

Сущность консервирующего действия соли заключается в следующем. Для протекания биохимических процессов внутри живой бактериальной клетки необходима совершенно определенная концентрация электролитов, белков и других веществ. Стабильность этой концентрации поддерживается осмотическим давлением. Солевой состав биологических жидкостей характерен для каждого организма, и нарушение его приводит к гибели. Этот состав поддерживается избирательной проницаемостью биологических мембран - оболочек клеток для солей и регуляторов транспорта ионов. Постоянство солевого состава и осмотического давления обеспечивается солевым обменом.

Если повысить концентрацию осмотически активных веществ в окружающей среде, то нарушается водно-солевой обмен, клетки будут обезвоживаться, концентрация веществ во внутриклеточной жидкости возрастает до таких пределов, что биохимические процессы станут невозможными и клетки погибают. Консервирующий эффект поваренной соли обеспечивает концентрация ее в мисе равная 10-12%, в рыбе - 14%, томат-пасте - 10% и т.д.

Важную роль играет и консервирование с использованием соли продуктов, содержащих сахара - капусты, огурцов, свеклы и др. В этом случае соли добавляют немного, в таких количествах, что бактериальные клетки не погибают, но обеспечивается при этом преимущественное развитие молочнокислых организмов. Вырабатываемая ими молочная кислота, когда ее концентрация достигает 0,7%, тормозит или прекращает жизнедеятельность остальных микроорганизмов.

Широкое использование хлорида натрия в питании потребовало всесторонней гигиенической оценки его в качестве одного из продуктов питания. Выяснено, что ограничение потребления хлорида натрия и даже его полное исключение из рациона целесообразно при целом ряде заболеваний: болезнях почек /острые и хронические нефриты/, болезни сердечно-сосудистой системы /особенно нарушение кровообращения II и III степени/, гипертонической болезни, воспалительных процессах, ревматизме, ожирении. Что же касается здорового организма, для него хлорид натрия является одним из незаменимых факторов питания. Правда, имеются данные о том, что поваренная соль увеличивает риск возникновения гипертонической болезни. Однако установлено, что это связано с индивидуальными особенностями организма.

3.2. Использование сахара для консервирования

Консервирование сахаром основано на том, что при высокой его концентрации /не менее 60-65%, в зависимости от вида продуктов/ создается высокое осмотическое давление в растворе. При этом становится невозможным проникновение в клетку микробов; более того, сами микробные клетки подвергаются плазмолизу - сильному обезвоживанию и гибнут. Этот способ используется для консервирования фруктов и ягод /приготовления джема, конфитуров, желе, повидла и др./. При получении этих продуктов избыток влаги удаляют выпариванием, в результате чего еще больше повышается осмотическое давление.

При значительных концентрациях консерванта, и особенно при длительном хранении законсервированных продуктов, часто выделяется в готовом продукте твердая среда, иногда принимаемая как признак порчи продукта. Однако это не так — продукту можно придать первоначальную консистенцию, повторив процесс консервирования. Так, при консервировании молока /производство так называемой "сгущенки"/ и при длительном его хранении могут выделяться крупные, величиной с горошину, кристаллы молочного сахара — лактозы. Лактоза — естественная составная часть молока, при сгущении она образует пересыщенный раствор. На холоду из такого раствора, из-за малой растворимости ее, вырастают крупные прозрачные кристаллы. Примерно так же происходит засахаривание варенья, при этом кристаллизуется обычный сахар — сахароза.

В качестве консерванта чаще всего используется сахарный сироп. Однако в качестве основы для сиропа не обязательно брать сахар. Для этой цели можно брать колит или сорбит.

Сироп заливают горячий — не ниже 85–90°C. Для стерилизации, например, компотов достаточно температура около 100°C. После стерилизации крышки закатывают и по возможности быстро охлаждают. Стерилизация идет в относительно мягких условиях, по сравнению со 120-градусной стерилизацией овощей и грибов. Дело тут в высокой кислотности: как правило pH компотов не превышает 3,7. Для спорообразующих микробов, легко выживающих при 100°C /а в их числе и возбудитель ботулизма/ такая кислотность неблагоприятна. А дрожжи и плесени, которые охотно размножаются в плодах и ягодах, при 85–100°C быстро гибнут.

4. Биохимические процессы и приемы обработки продуктов

В пищевой технологии и кулинарной практике широко используются биохимические процессы и приемы обработки продуктов. Одним из важнейших биохимических процессов, играющим большую роль в пищевой технологии, является брожение.

Одним из основных субстратов многих типов брожения служат углеводы, расщепляющиеся в анаэробных /без доступа кислорода/ условиях под действием ферментов. Углеводы образуются в растениях в результате фотосинтеза и служат главным средством питания человека. В организме человека они являются главным источником энергии, возникающей при протекании различных ферментативных процессов. Ферментативные процессы превращения углеводов лежат

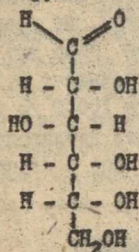
также и в основе ряда пищевых производств.

Для понимания ниже рассматриваемых явлений и процессов нам необходимы некоторые сведения по свойствам весьма важного класса соединений - углеводов.

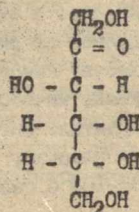
Свойства углеводов. Все углеводы делятся на две группы: простые и сложные. Простыми углеводами /моносахариды, монозы/ называют углеводы, которые не способны гидролизоваться с образованием более простых соединений. Обычно их состав отвечает формуле $C_nH_{2n}O_n$, т.е. число атомов углерода равно числу атомов кислорода.

Сложные углеводы /полисахариды, полиозы/ - углеводы, способные гидролизоваться на более простые. У них число атомов углерода не равно числу атомов кислорода. Их делят на две группы: низкомолекулярные /сахароподобные или олигосахариды/ и высокомолекулярные /несахароподобные полисахариды/.

Молекулы простых углеводов - монозы - построены из неразветвленных углерод-углеродных цепей, содержащих различное число атомов углерода. У атомов углерода расположены гидроксильные группы, а один из них окислен до альдегидной /альдозы/ или кетонной /кетозы/ групп:



Д-глюкоза
/альдогексоза/



Д-фруктоза
/кетогексоза/

Из моносахаридов в природе в свободном виде встречаются глюкоза и фруктоза. Глюкоза встречается в виде своего изомера Д-/+/ глюкозы. Это одна из самых распространенных в природе альдокетоз, содержащаяся в соке винограда и других соках, в плодах, овощах /обычно вместе с фруктозой/. Является составной частью многих полисахаридов. В кулинарной практике образуется при гидролизе сахарозы при варке варенья, компотов, помалок, запекании яблок и т.д. В пищевых продуктах содержится одна из модификаций этого моносахарида - α-Д-глюкоза.

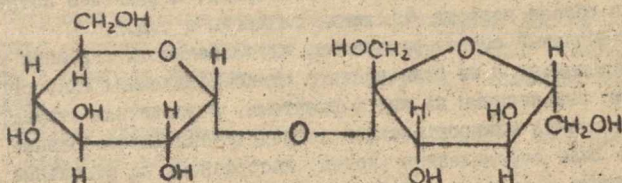
В пищевой промышленности она является исходным веществом в

процессах брожения, используется в качестве заменителя сахара. Для получения глюкозы используют патоку - сиропообразную массу, образующуюся при кислотном или ферментативном гидролизе крахмала. Добавляется глюкоза к тростниковому сахару. Она препятствует его кристаллизации, что используется в кондитерском производстве.

Фруктоза в свободном состоянии содержится в зеленых частях растений, нектаре цветов, семенах, меде.

Сахароза - наиболее известный и широко применяемый в питании и пищевой промышленности дисахарид. Содержится в листьях, стеблях, семенах, плодах, клубнях растений. В сахарной свекле ее от 15 до 22%, сахарном тростнике - 12-15%, в картофеле - 0,6, луке - 6,5, моркови - 3,5, свекле - 8,6, дыне - 5,9, апельсинах - 3,5, винограде - 0,5%.

Молекулы сахарозы состоят из остатков глюкозы и фруктозы:



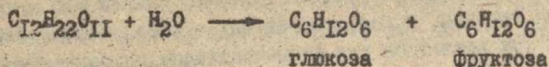
Из других дисахаридов, имеющих важное значение в пищевой технологии, отметим мальтозу /молекулы мальтозы состоят из двух остатков глюкозы/ и лактозу /молекулы лактозы состоят из остатков галактозы и глюкозы/. Мальтоза довольно широко распространена в природе, она содержится в проросшем зерне и особенно в больших количествах в солоде и солодовых экстрактах. Лактоза содержится в молоке - 4-6%.

Основными сладкими веществами, содержащимися в продуктах и используемыми в кулинарии, являются углеводы: олигосахара или дисахариды /сахароза, мальтоза, лактоза и др./, Кроме того, сладким вкусом обладают двухосновные спирты - гликоли, трехосновный спирт - глицерин, многие многоосновные спирты.

Наличие спиртовых, альдегидных или кетонных групп определяет химическое поведение этих соединений, а следовательно, и превращения их в технологических процессах.

Важным процессом, определяющим поведение дисахаридов в технологических процессах, является гидролиз. Гидролиз сахарозы

получил название инверсии /обращение/, а смесь образующихся разных количеств глюкозы и фруктозы - инвертным сахаром:



При гидролизе мальтозы образуются две молекулы глюкозы.

Высшие полисахариды - высокомолекулярные соединения, полимеры, лишенные сладкого вкуса и способности растворяться в воде. Полисахариды содержат большое число остатков различных моноз. При этом различают гомополисахариды, построенные из остатков одинаковых моноз, и гетерополисахариды, состоящие из остатков различных моноз. Так, к гомополисахаридам относят крахмал, целлюлозу и другие, которые построены из остатков глюкозы или других моноз.

По физиологической роли в растении можно различать структурные полисахариды, образующие опорные ткани /целлюлоза, пектиновые вещества, хитин/ и запасные полисахариды, послужившие потребляющиеся в обмене веществ /крахмал, гликоген и т.д./.

Разнообразный состав углеводов, их особенности строения и свойств определяют и их склонность к атаке различными микроорганизмами или выделенными из них ферментами. В различных структурных частях клетки микроорганизмов сосредоточены разнообразные ферменты в виде определенных систем, настроенных на отдельные циклы обменных процессов. Организационная работа этих систем поддерживается чисто химической специфичностью ферментов. Одна из таких систем настроена на брожение.

4.1. Брожение

Брожение - это процесс анаэробного расщепления органических веществ, преимущественно углеводов, происходящий под влиянием микроорганизмов или выделенных из них ферментов.

В ходе брожения в результате сопряженных окислительно-восстановительных реакций освобождается энергия, необходимая для жизнедеятельности микроорганизмов, и образуются химические соединения, которые микроорганизмы используют для биосинтеза аминокислот, белков, органических кислот, жиров и других компонентов. Одновременно накапливаются конечные продукты брожения.

В зависимости от их характера различают: спиртовое, молочнокислое, пропионовокислое, лимоннокислое и другие виды брожения.

Характер брожения, его интенсивность, количественные соотношения конечных продуктов, а также направление брожения зависят

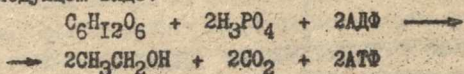
от особенностей его возбудителя и условий, при которых протекает брожение /рН, аэрация, субстрат и др./.

Наиболее важными типами брожения являются: спиртовое, лежащее в основе ряда пищевых производств, например, виноделия, пивоварения, получения этилового спирта и др.; молочнокислое /производство молочнокислых продуктов – простокваша, ацидофилина, кефира, а также изготовление кваса, квашение овощей и др./; маслянокислое /вызывает иногда вспучивание сыра, банок с консервами, сквашенных овощей/.

Спиртовое брожение. В 1836 году французский ученый Камьяр де ла Тур установил, что спиртовое брожение связано с ростом и размножением дрожжей. Анаэробный характер брожения показал Л. Пастер /1857/, возможность бесклеточного спиртового брожения – русский врач-биохимик М.М. Макассеев. Немецкий химик Э. Бухнер /1897/ установил ферментативную природу брожения, а русский химик Л.А. Иванов доказал, что в важнейших этапах спиртового брожения участвуют фосфаты.

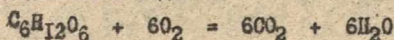
Спиртовое брожение осуществляется дрожжами. Дрожжи богаты ферментом – сахаразой, которая катализирует распад сахарозы до глюкозы и фруктозы /инверсия/, эти продукты и являются основой брожения.

Суммарно уравнение спиртового брожения может быть представлено в следующем виде:



Значительная часть энергии, освобождающейся при спиртовом брожении, запасается в виде АТФ, обеспечивающей разнообразные энергетические потребности дрожжевых клеток. Дрожжевая клетка использует лишь 7% энергии глюкозы. Это показывает малую эффективность анаэробных процессов по сравнению с процессами, идущими в присутствии кислорода.

При наличии кислорода спиртовое брожение угнетается или прекращается и дрожжи получают энергию для жизнедеятельности в процессе дыхания. При дыхании распад моносахаридов заканчивается образованием углекислоты и воды:



Во многих случаях первые этапы расщепления сахаров, вплоть до образования пировиноградной кислоты, – общие для брожения и дыхания. Схема брожения глюкозы представлена на рис. 2.

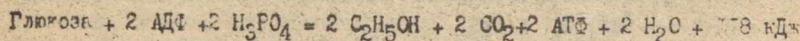
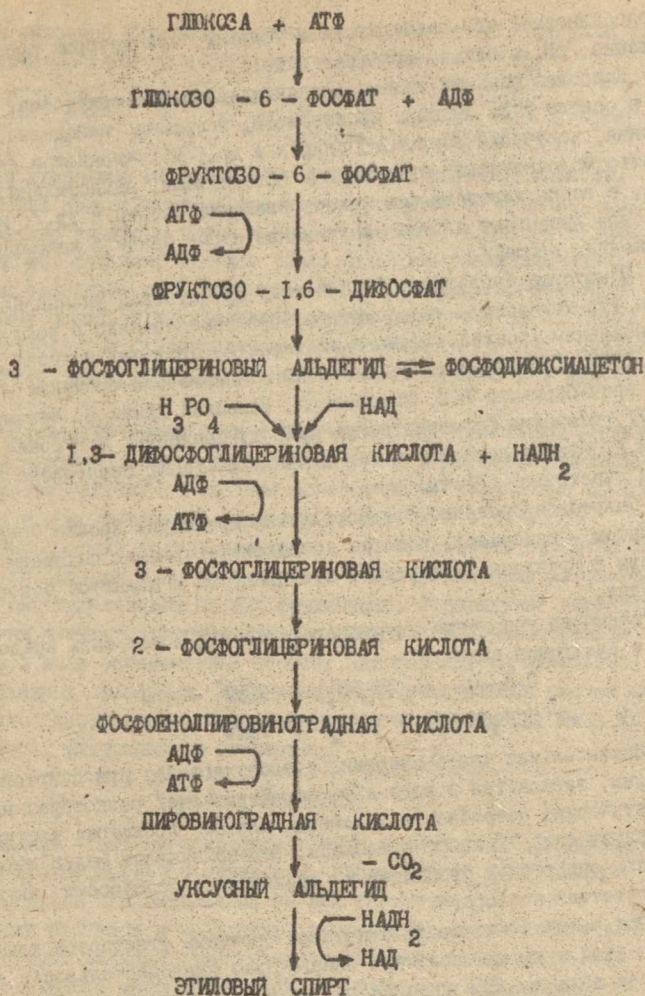


Рис. 2. Схема брожения глюкозы

При нормальном спиртовом брожении все реакции спиртового брожения, несмотря на их многочисленность, взаимосвязаны и последовательно протекают друг за другом. При блокировании любой реакции /см. рис. 2/ процесс брожения изменится и будет накапливаться не спирт, а какой-то промежуточный продукт.

Механизм спиртового брожения достаточно сложен. Его ключевыми моментами является образование пировиноградной кислоты. Конечными продуктами анаэробного брожения могут быть получены, кроме этилового спирта, молочная кислота, масляная, пропионовая, уксусная и другие кислоты. Это определяется тем, что дрожжевые клетки изменяют свой обмен в зависимости от реакции среды и присутствующих веществ. Все типы брожений идут независимо, вплоть до образования пировиноградной кислоты. Затем, в зависимости от условий и субстрата брожения, механизм брожения может меняться. В зависимости от типа фермента пировиноградная кислота может восстанавливаться в молочную кислоту, как это имеет место при молочнокислом брожении, или под влиянием фермента дрожжевых клеток /декарбоксилазы/ она может подвергаться декарбоксилированию с образованием уксусного альдегида и далее восстанавливаться в спирт.

Регулируя условия брожения, технолог может получать субстрат брожения /например, тесто, кисло-молочные продукты и пр./ с заранее заданными свойствами.

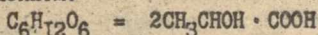
Дрожжевые клетки не способны выделять в окружающую среду ферменты, катализирующие гидролиз полисахаридов. Их необходимо предварительно осахарить, т.е. расщепить до более простых сахаров, доступных дрожжевым клеткам. Для этой цели в производственных условиях, в частности при пивоварении, используют субстрат из проросших зерен ячменя /солод/, в которых содержится фермент амилаза. Амилаза гидролизует крахмал до мальтозы. Мальтоза - дисахарид, состоящий из двух молекул глюкоз, легко расщепляется дрожжами, продуцирующими фермент - мальтазу; далее глюкоза подвергается спиртовому брожению.

На спиртовом брожении основаны приготовление теста в хлебопекарной промышленности, виноделие и пивоварение. Но часто, при хранении, спиртовое брожение является причиной порчи пищевых продуктов, например, соков, компотов, варенья, джемов и других изделий, содержащих менее 65% углеводов. Эти продукты приобретают спиртовой привкус, изменяется их консистенция, соки и компоты мутнеют.

Молочнокислое брожение. Еще в 1894 году немецкий ученый Г. Лейкман установил, что возбудителем процесса створаживания являются особые микроорганизмы - стрептококки и молочнокислые палочки.

Молочнокислое брожение близко к реакциям спиртового брожения, за исключением декарбонизирования пировиноградной кислоты.

Молочнокислые бактерии выделяют фермент - лактазу, которая превращает молочный сахар в более простые соединения - гексозы /глюкозу и галактозу/. Далее, тоже через ферментативные превращения, из гексозы получается пировиноградная, а затем молочная кислота. Таким образом гомоферментативные бактерии расщепляют моносахариды с образованием молочной кислоты в соответствии с суммарным уравнением:



Этот тип брожения используется для получения молочной кислоты, при изготовлении различных кисло-молочных продуктов. Молочнокислое брожение сопутствует спиртовому при получении дрожжевого теста, лежит в основе получения творога и сыров.

Молочная кислота способствует свертыванию казеина; химозин и пепсин этот процесс ускоряют, а ионы кальция, которые есть в молоке, образуя меду частичками казеина что-то вроде мостиков, прочно скрепляют их - так получается плотный творожистый сгусток.

Сыр отличается от большинства прочих продуктов тем, что в нем почти не остается белков в нетронутном виде. Под действием сычужного фермента и ферментов молочнокислых бактерий они расщепляются до пептидов и свободных аминокислот. От их соотношения во многом зависит вкус сыра.

Созревание сыра - это цепь сложнейших процессов. Молочнокислые бактерии превращают лактозу в молочную кислоту. Такие продукты долго хранятся: повышенная кислотность охраняет их от гнилостных бактерий. Кроме молочной кислоты могут образоваться и иные вещества, например, альдегиды и кетоны, придающие сыру специфичность вкуса.

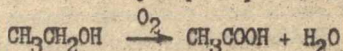
Некоторые бактерии, вводимые с закваской, сбрасывают лимонную кислоту и ее соли, которые всегда есть в молоке. При этом

образуется углекислый газ. Это одна из причин образования пустот в сыре. А если лимонную кислоту сбродила посторонняя микрофлора, то сыр получается "слепым" и вдобавок кислым, потому что в отсутствие лимонной кислоты резко усиливается образование молочной.

Гетероферментативное брожение ведет к образованию молочной кислоты, уксусной кислоты, этилового спирта и CO_2 , а также образуется небольшое количество ароматических веществ - диацетила, эфиров и т.д. Гетероферментативное молочнокислое брожение происходит при консервировании различных плодов и овощей путем квашения.

Уксуснокислородное брожение. Уксусная кислота является одним из самых многочисленных продуктов обмена веществ в клетках и тканях, образующихся при аэробном распаде углеводов, жиров /глицерина и жирных кислот/ и ряда аминокислот. В организме уксусная кислота не накапливается и быстро "сгорает" в нем. Однако она может накапливаться при различных технологических операциях переработки пищевого сырья.

Некоторые виды бактерий окисляют этиловый спирт в уксусную кислоту в соответствии с суммарной реакцией:



Промежуточный продукт при окислении спирта - уксусный альдегид.

Уксуснокислородное брожение вызывает порчу продуктов, содержащих небольшое количество спирта, - столовых вин, пива, кваса. При этом они приобретают запах и привкус уксусной кислоты и ее эфиров, мутнеют и ослизняются. На уксуснокислородном брожении основано получение пищевого уксуса из разбавленных вин и спирта.

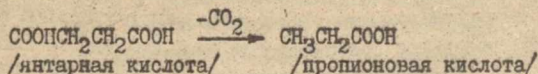
Пропионовокислородное брожение. Некоторые виды бактерий вызывают при брожении образование пропионовой кислоты, уксусной кислоты и CO_2 . Химизм пропионовокислородного брожения сильно изменяется в зависимости от условий.

Это, по-видимому, объясняется способностью пропионовых бактерий перестраивать обмен веществ, например, в зависимости от аэрации. При доступе кислорода они ведут окислительный процесс, а в его отсутствии расщепляют глюкозу путем брожения.

Пропионовокислородное брожение - это превращение углеводов, винной или молочной кислот в пропионовую и уксусную кислоту с выделением углекислого газа и воды. Оно может вызывать порчу виноградных вин, в результате чего они теряют приятный вкус и аромат.

мутнеют и изменяют цвет.

Пропионовые бактерии способны фиксировать CO_2 , при этом из пировиноградной кислоты и CO_2 образуется павелевоуксусная кислота, превращающаяся в янтарную кислоту, из которой декарбоксилированием образуется пропионовая кислота:



Микропропионовые бактерии в результате своей деятельности выделяют пропионовую кислоту, которая обладает сильным антимикробным действием, особенно в отношении плесневых грибов. Благодаря такому действию пропионовая кислота представляет большой практический интерес как консервант-фунгицид. Например, бумажная упаковка, пропитанная пропионовой кислотой, удлиняет срок хранения сливочного масла, черного хлеба, многих других продуктов.

При получении высококачественных сыров принимают участие и пропионовокислые бактерии, без участия которых производство таких сыров невозможно. Это они выделяют пахучие вещества /ацетон, диацетил, диметилсульфид, пролин/, определяющие аромат сыра. Они же превращают молочный жир в легкоусвояемые жирные кислоты. А образующийся при этом углекислый газ, собираясь в пузырьки, создает дополнительный "рисунок" сыра.

Пропионовокислые бактерии термоустойчивы и "работают" в анаэробных условиях, хотя участвуют в комплексе биохимических процессов фосфорилирования, флавинового дыхания и в других способах нейтрализации сверхактивного влияния кислорода.

Как известно, главную опасность для всякого организма представляют супероксидные и гидроксильные радикалы, перекиси, синглетный кислород. Они нарушают целостность мембраны клеток, выводят из строя их биологические важные компоненты. Пропионовокислые бактерии обладают функцией антиокислительной защиты за счет термостабильных ферментов железосодержащего белка - супероксиддисмутазы. Они предотвращают окисление липидов и других ценных составных частей пищевых продуктов.

Главным источником энергии для пропионовокислых бактерий служит не кислородное дыхание, а брожение, в котором участвует 19 ферментов и несколько коферментов. Конечные продукты такого брожения - пропионовая, уксусная кислоты и углекислый газ.

Субстратом для брожения может служить не только глюкоза, но и молочная кислота и ее соли - лактаты, содержащиеся в том числе

и в сыре. Лактаты же образуются из молочного сахара — лактозы благодаря жизнедеятельности молочнокислых бактерий.

Чтобы обеспечить эффективность микробиологических процессов, определяющих высокие вкусовые качества изготавливаемых сыров, сыр-делу в процессе их изготовления вносят специально отобранные штаммы молочнокислых и совместимых с ними пропионовокислых бактерий. Практически вносят многоштаммовую закваску, как более эффективную.

В числе полезных веществ, вырабатываемых пропионовокислыми бактериями в организме, является витамин B_{12} , при отсутствии которого у человека развиваются тяжелые заболевания крови и нарушения обмена веществ.

Лимоннокислое брожение. Существуют брожения, которые сопровождаются и восстановительными процессами. Примером такого "окислительного" брожения служит лимоннокислое брожение. Многие плесневые грибы сбраживают сахара с образованием лимонной кислоты /до 90%/. Значительная часть лимонной кислоты, используемой в пищевой промышленности, производится микробиологическим путем — глубинным и поверхностным культивированием плесневых грибов.

4.2. Биологический способ разрыхления теста

В пищевых производствах для обеспечения ферментативных процессов часто применяются различные микроорганизмы, в том числе бактерии и грибы. Главный представитель последних — дрожжи — это одноклеточные микроорганизмы, которые размножаются почкованием, а при неблагоприятных условиях — спорообразованием.

Установлено, что на жизнедеятельность дрожжей большое влияние оказывают температура, pH среды и ее состав. При этом оптимальная температура их функционирования — $25-30^{\circ}\text{C}$.

Большинство штаммов дрожжей хорошо размножаются в пределах pH 3,7-3,3; существуют их разновидности, развивающиеся при pH 4,0-2,9, а также при pH 2,7-2,5.

Дрожжевые клетки при понижении pH уменьшаются в размерах, округляются, и в них увеличивается содержание жира. Изменяется также структура дрожжевого осадка — из дрожжевого он становится песковидным, легко взмучивается, прилипает к стенкам сосуда. Низкая кислотность среды обитания микроорганизмов прекращает в ряде случаев их функционирование. Так, например, снижение pH на 0,1 от нижнего оптимального значения приводит, как правило, к депрессивным изменениям плазмы и отмиранию их клеток.

Для приготовления теста широкое распространение получили жидкие закваски — полуфабрикаты, при введении которых накапливаются возбудители спиртового брожения — дрожжи и кислотообразующие бактерии. На каждую дрожжевую клетку при этом приходится 50–60 молочнокислых бактерий. Закваски, обеспечивающие процессы брожения, способствуют накоплению в полуфабрикатах и тесте вкусовых и ароматических веществ.

При брожении теста происходят и другие сложные процессы: развитие кислотообразующих бактерий и накопление органических кислот: молочной, уксусной, янтарной, муравьиной, лимонной, иногда масляной и др. Главную роль при этом играет молочная кислота, на долю которой, например, в пшеничном тесте приходится до 70% от общего содержания кислот; значительное место в балансе кислот занимает уксусная кислота, остальные кислоты составляют примерно десятую часть от их общего количества. В полуфабрикате из ржаной муки доли молочной и уксусной кислот примерно равны, роль других кислот в этом случае менее существенна.

Накопление органических кислот в процессе брожения теста имеет большое практическое значение. Вкус и аромат хлеба в значительной степени зависят от наличия в используемом тесте кислот, реагирующих со спиртами с образованием летучих эфиров. Молочная кислота, кроме того, играет роль санитарного кордона, предотвращающего развитие в тесте других микроорганизмов, в том числе патогенных. Она придает хлебу приятный вкус, а уксусная кислота, наоборот, сообщает ему резкий кислый вкус.

Кислоты, образующиеся при созревании теста, выполняют также и важную технологическую функцию: ускоряют гидратацию и пептизацию белковых веществ, регулируют действие ферментов, способствуют набуханию клейковины.

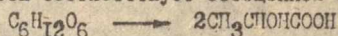
При созревании теста осуществляются глубокие химические процессы. Сначала под влиянием ферментов часть крахмала, содержащегося в муке, превращается в сахар — глюкозу, которую затем перерабатывают дрожжевые грибки и разлагают ее на спирт и углекислый газ. Образовавшийся газ разрыхляет и поднимает тесто. Этим и объясняется знакомая нам всем пористая структура хлебного мякиша.

Спиртовое брожение с глубокой древности использовалось для разрыхления теста, хотя связь его с развитием дрожжей была установлена лишь в первой половине XIX века. Суммарное уравнение реакции спиртового брожения была установлена еще А. Лавуазье:



Полная схема основных биохимических процессов при приготовлении дрожжевого теста приведена на рис. 3. Выделяющийся в результате спиртового брожения углекислый газ и является разрыхлителем теста. Естественно, что на брожение расходуются вещества, содержащиеся в муке. Эти потери составляют от 1,5 до 4% сухих веществ муки. Потери сухих веществ муки определяется в первую очередь содержанием дрожжей в тесте и способом тестоведения /опарный или безопарный способ/.

Спиртовому брожению сопутствует молочнокисловое брожение, вызываемое гомоферментными молочнокислыми бактериями, находящимися на поверхности дрожжевых клеток. Этот симбиоз не случаен. Дело в том, что молочнокисловое брожение идет по той же схеме до стадии образования пировиноградной кислоты, а затем она за счет атома водорода, получаемого от НАД /НАД — никотинамидадениндинуклеотид/, восстанавливается до молочной кислоты. Схему брожения при этом можно выразить, как представлено на рис. 2 /стр.40/, а образование пировиноградной кислоты соответствует обобщенной схеме:



При молочнокислом брожении /наиболее выраженном при производстве ржаного хлеба/ сахар превращается в молочную кислоту без образования газа. Кислота и сообщает ржаному хлебу свойственную ему приятную "кислинку".

Под действием дрожжей в первую очередь гидролизуются сахара, если она входит в рецептуру теста. Мальтоза же, образующаяся из крахмала муки под действием амилапектических ферментов /амилаз/, обрабатывается в последнюю очередь. Лактоза не обрабатывается дрожжами совсем.

Известно, что большие количества сахаров и жиров затрудняют развитие дрожжей. Поэтому для приготовления сдобного теста применяют опарный способ: брожение проводят в две стадии. Вначале готовят более жидкую опару, дают ей выродить и только после этого добавляют остальную муку, сахар; оставляют тесто для повторного брожения, а жир добавляют при замесе теста после брожения.

Во время замеса и последующего брожения в тесте проходят разнообразные коллоидно-химические и биохимические процессы. Белковые вещества и крахмал набухают и частично подвигаются ферментативному гидролизу; в результате набухания белков в тесте образуется клейковина.

Для получения изделий хорошего качества необходимо, чтобы тесто удерживало возможно больше образовавшегося в нем углекис-

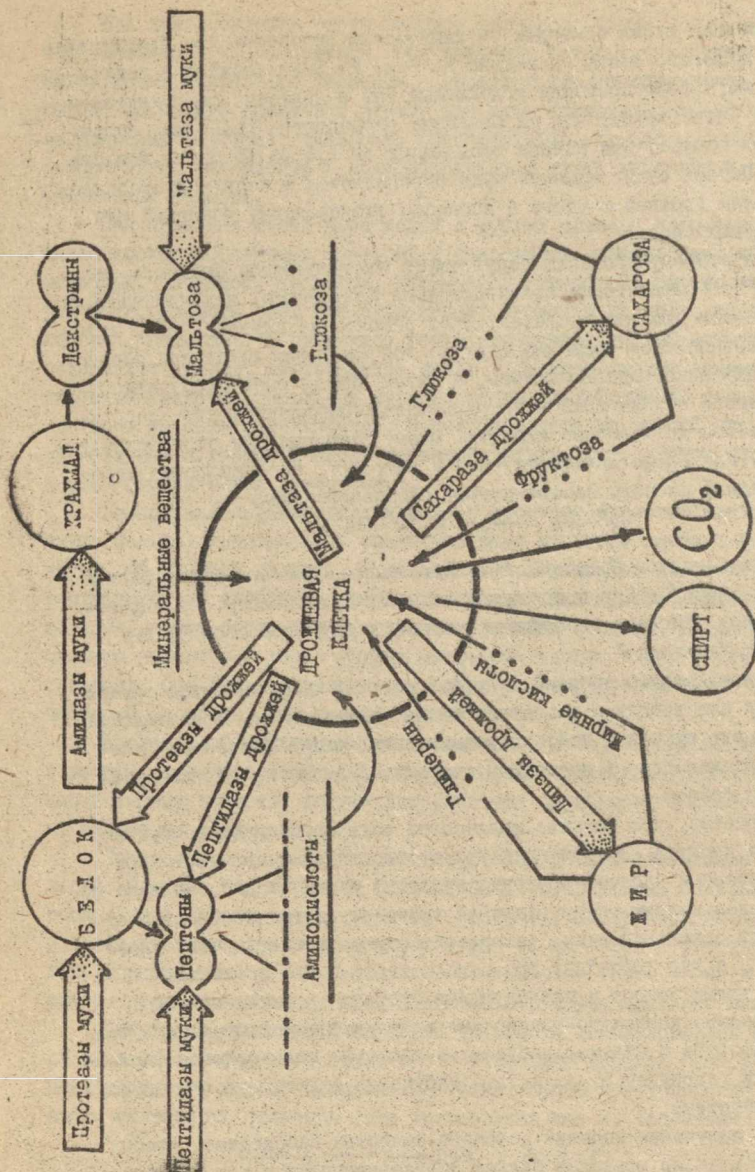


Рис. 3. Схема основных биохимических процессов при приготовлении дрожжевого теста

лого газа. Газоудерживающая способность теста зависит прежде всего от "силы" муки, т.е. от ее свойств, обуславливаемых главным образом количеством содержащихся в ней белков и качеством образующей или клейковины. "Сила" муки тем больше, чем богаче мука белками и чем выше качество клейковины. "Сильная" мука поглощает при замесе много воды и дает тесто с хорошей газоудерживающей способностью. Физические свойства теста из "сильной" муки медленно достигают оптимума в процессе замеса и брожения и очень медленно ухудшаются при дальнейшей обработке. Такое тесто не расплывается и сохраняет приданную ему форму, что имеет большое значение для изделий, выпекаемых без форм.

В отличие от "сильной" "слабая" мука способна поглощать значительно меньше воды. Тесто из нее имеет плохую газоудерживающую способность. Физические свойства его быстро достигают своего оптимума, но также быстро и ухудшаются. К концу брожения тесто из "слабой" муки делается липким и недостаточно эластичным. Сформованные из него изделия расплываются.

Качество клейковины ухудшается при повышенном содержании в тесте жира и сахара. Сахар уменьшает количество воды, связываемой коллоидами теста, и соответственно увеличивает количество свободной воды - поэтому тесто разжижается. При добавлении жира /выше 15% к весу муки/ клейковина становится менее эластичной и легко рвется.

Во время брожения тесто периодически обминают, чтобы удалить из него основную массу углекислого газа и часть спирта, которые угнетают жизнедеятельность дрожжей. Обминка теста сопровождается значительным уменьшением его объема. Применение обминок обеспечивает завершение коллоидных и биохимических процессов в той степени, в какой это необходимо для получения хороших качеств готового изделия /вкуса, аромата, структуры/.

При обминке частично разрушается возникающая структура. Поэтому тесто из сильной муки можно обминать 2-3 раза, а из слабой - менее энергично и не более 1-2 раз.

Для нормального процесса брожения создают оптимальную температуру. Брожение можно регулировать, изменяя температурные условия: понижение температуры замедляет брожение, а ее повышение - ускоряет его /в пределах 25-35°C/. Брожение теста из "сильной" муки вполне допустимо вести при температуре 30-32°C. Для теста из "слабой" муки необходима более низкая температура.

Хлебопекарные дрожжи. Дрожжи - это микроскопические грибки.

Микроорганизмов, относящихся к классу дрожжей, очень много. Все они разделяются на три семейства, которые в свою очередь делятся на роды, а роды — на виды. Например, в определителе Лоддера описан 41 вид дрожжей только одного рода. Виды подразделяют на расы — разновидности микроорганизмов, сохраняющие основные признаки, но отличающиеся второстепенными свойствами. В хлебопечении используют расы вида *cerevisiae*, рода *Saccharomyces*.

Как и все грибы, дрожжи — безхлорофильные растения. По своему строению они мало чем отличаются от других одноклеточных микроорганизмов: клеточная оболочка, ядро, хромосомы, митохондрии, вакуоли и другие органеллы. Размножаться они могут почкованием и с помощью спор.

При производстве пива, спирта и хлеба используют дрожжи одного рода и даже одного вида, но только разных рас. В анаэробных условиях, без доступа воздуха, они обрабатывают сахара с образованием спирта и углекислоты.

Важным свойством дрожжей является стойкость при хранении и сушке и быстрота, с которой дрожжи накапливают биомассу. Обнаружено, что примесь иных дрожжей — даже того же вида — ослабляет эти полезные свойства. "Дальние родственники" приносят еще больший вред, а некоторые споровые бактерии выделяют губительные для дрожжей нитриты. Таким образом, чистота расы дрожжей имеет огромное значение.

Чистые микробные культуры, как правило, получают в научно-исследовательских институтах. Для их получения берут одну лишь дрожжевую клетку /одну клетку — чтобы исключить посторонние микроорганизмы, которые могут угнетать рост дрожжей и влиять на их качество/; эту клетку высевает в колбу с питательной средой /агар на солодовом сусле/ и создают ей все условия для размножения. Чистая культура дрожжей является основой для получения на заводах большой массы чистых маточных дрожжей.

При получении дрожжей на заводах часть засевных дрожжей закачивают в ферментёр. Сюда же по специальной программе подают свеклосахарную мелассу, сульфат аммония, диаммоний фосфат и соли калия. Азот, фосфор и калий нужны дрожжам, как и всем растениям, для нормального роста. Чтобы дрожжи не обрабатывали сахара в спирт, а сами росли, их интенсивно продувают воздухом, поддерживают оптимальные pH среды /3,5-5,0/ и температуру /30-32°C/.

Через 12 часов, когда дрожжи разовьются, их перекачивают в еще вдвое больший аппарат, где через 13 часов процесс выращивания и заканчивается.

По окончании брожения дрожевую суспензию с помощью сепаратора разделяют на дрожевое молоко и послесепарационную бражку. Бражку сливают, а дрожевое молоко подарт на вакуум-фильтры. Здесь дрожжи отфильтровывают и упаковывают. При хранении в холодильнике они сохраняют свои свойства около двух недель. При снижении влажности в сушилке до 8-10% они могут храниться в герметической упаковке более года.

Роль дрожжей не сводится только к разрыхлению теста: дрожжевое брожение формирует вкус и аромат настоящего хлеба.

Естественно, что дрожжи, как составная часть изготовленного хлеба, играют и питательную функцию. Около 50% сухих дрожжей приходится на белок — полноценный продукт, содержащий лизин, лейцин, триптофан и другие незаменимые аминокислоты. Калорийность 100 г сухих дрожжей достигает 450 калорий /для сравнения: калорийность 100 г сырой говядины — 122/. Наконец, по содержанию витаминов группы В у дрожжей мало соперников.

Питательную ценность дрожжей иллюстрирует материал, помещенный в табл. I.

Таблица I

Пищевая ценность некоторых продуктов

Продукт	Белки, %	Жиры, %	Угле- воды, %	Калорийность, ккал в 100 г
Язык говяжий	15,2	15,8	—	209
Белуга свежая	16,1	6,3	—	124
Грибы белые сушеные	22,0	2,6	29,3	234
Яичный порошок	49,9	34,2	—	523
Дрожжи хлебопекарные сухие	50,0	3-4	35-40	450

В сухих хлебопекарных дрожжах около 50% белка, 35-40% углеводов, 3-4% жиров.

У дрожжей очень сложная энзимная система. Дрожжи содержат большое количество ферментов. Всеми своими свойствами они обязаны ферментам: инвертазе, мальтазе, фосфатазе, карбоксилазе, протеазе, зимазному комплексу /ферментам брожения/ и другим.

Огромную роль в биохимических превращениях в дрожжах играют витамины. Многие из них составляют необходимую часть ферментной системы: обширный комплекс витаминов группы В, провитамина Д — эргостерина. Дрожжи богаты и аминокислотами, среди которых содер-

жаты все незаменимые.

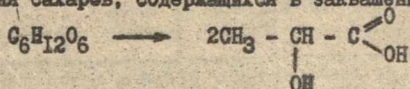
Углеводный состав: целлюлоза, гемицеллюлоза, дрожжевая ка-медь /маннан/, гликозан, трегалоза и немного хитина. Содержание гликогена в дрожжевых клетках в зависимости от их физиологическо-го состояния и в период бурного брожения может достигать 30% су-хого веса.

В дрожжах, как и в любом другом живом организме, есть жиры. Они состоят из смеси истинных жиров /глицериды пальмитиновой и стеариновой кислот/, фосфолипидов /лецитин, кефалин/ и эргостери-на.

Хорошая усвояемость белка /около 84%/, содержание незаменимых аминокислот и витаминов делает дрожжи заманчивым кормовым продук-том. Используются они и как пищевой продукт и лечебное средство. Однако использование дрожжей в питании ограничивается высоким со-держанием нуклеиновых кислот.

4.3. Квашение

На способности сахаросодержащих продуктов заквашиваться ос-новано консервирование многих плодов и овощей. В основу всех спо-собов консервирования положены приемы, которые должны привести к уничтожению микроорганизмов, вызывающих порчу пищевых продуктов, к прекращению или подавлению их деятельности. Например, многие овощи - капуста, помидоры, огурцы, баклажаны, болгарский перец, свекла - консервируются путем квашения, яблоки и другие фрукты могут замачиваться. Квашение основано на действии молочной кис-лоты в присутствии хлорида натрия. Поваренная соль значительно снижает развитие нежелательных бактерий и способствует развитию молочнокислых бактерий, которые образуют молочную кислоту в ре-зультате ображивания сахаров, содержащихся в заквашенных овощах:



Молочнокислая флора играет большую роль в переработке пло-дов и овощей. Она помогает получать превосходные продукты, ко-торые сохраняют полезные компоненты исходного сырья. С этой точ-ки зрения мочение принципиально не отличается от квашения или соления. В основе всех названных видов консервирования лежит мо-лочнокислое брожение.

Молочнокислые микроорганизмы попадают в продукт самозасевом /с поверхности плодов, овощей, из воздуха/. Для ускорения процес-

оа ферментации и улучшения качества квашеной и моченой продукции применяют и чистые культуры молочнокислых бактерий, выращиваемых в микробиологических лабораториях.

Успех технологического процесса при мочении определяется прежде всего созданными условиями. Учитывают при этом некоторые обстоятельства. Во-первых, молочнокислые бактерии являются анаэробами /для их жизни кислород не обязателен/, поэтому для мочений используют плотно закрывающую тару, или придавливают содержимое гнетом - моченый продукт при этом находится под слоем жидкости и не контактирует с кислородом воздуха. В этих условиях уксуснокислые бактерии и большинство плесеней, которые способны конкурировать с молочнокислой флорой и испортить продукт, не могут развиваться.

Важно выдерживать и температурные условия. Оптимальный режим для работы молочнокислых бактерий 36-42⁰С. В этом же режиме хорошо "работают" и маслянокислые бактерии, дающие побочные продукты и придающие продукту неприятный прогорклый вкус. Поэтому брожение осуществляют в компромиссном режиме 15-20⁰С.

Третье условие - у сырья должна быть достаточно высокая кислотность и хороший запас сахаров. Кислотность задерживает развитие посторонней микрофлоры и в присутствии сахаров направляет брожение в нужное русло: образуется прежде всего молочная кислота, частично этиловый спирт и углекислота, придающая продукту особую овежесть. Например, в высококачественных промышленных образцах моченых яблок - 0,5-1% молочной кислоты, 1,5-1,8% спирта, рН колеблется в пределах 3,8-3,25. Они имеют характерный кисло-сладкий вкус и специфическую остроту.

В квашеной капусте и соленых огурцах потери углеводов очень значительны: запас гексоз снижается в 4-5 раз, а в яблоках обычно не превышает 20%. Таким образом, мочение способствует хорошей сохранности продукта.

Успех дела решает и техника мочения. Обычно берут яблоки не с ветки, а полежавшие 2-3 недели: в этих условиях крахмал постоянно сахаривается. Рассол готовят следующего состава: на 10 л воды - 300 г сахара, 150 г соли и 100 г ржаного солода. Сахар сразу активизирует микрофлору, соль - извлекает из клеток сок. В солоде содержится фермент амилаза, перерабатывающая крахмал яблок в удобное для микроорганизмов состояние. В начальный период мочения /примерно неделя/ необходимо доливать рассол /чтобы избежать контакта с кислородом/, пока не образуется достаточное количест-

во молочной кислоты, являющейся препятствием для развития постоянной микрофлоры. Затем моченые продукты дображивают в прохладном месте /не выше 50°C/. В этих условиях и создается присущая только моченостям органолептика. У типичной рецептуры есть, конечно, и немного вариантов, предусматривающих добавку вместо сахара — мед, вместо солода — муки, добавляют пряности. Вместе с "дикой" микрофлорой может быть добавлена простокваша, квас и т.п.

Моченые продукты содержат и многие биологически активные вещества, т.к. молочнокислая флора продуцирует витамин группы В. Ассортимент этой продукции достаточно широк — яблоки, груши, брусника, клюква. Так же широк спектр их употребления — и как десерт, и как приправа к мясным и рыбным блюдам, и как составная часть салатов и винегретов.

4.4. Ферментативное размягчение мяса

К биохимическим приемам обработки можно отнести и ферментативное мягчение мяса. Для размягчения мяса используют ферментные препараты растительного, животного и микробного происхождения. Принцип их действия — протеолитическое расщепление соединительнотканевых белков и белков мышечного волокна. Ферменты вводятся в мясо методом шприцевания или погружения в раствор. Препараты могут получаться в виде порошка или паст.

Использование ферментов для размягчения мяса известно с глубокой древности. Интересен один древний кулинарный способ мягчения мяса — куски мяса за определенное время перед употреблением перекладываются раздавленными плодами дерева папайи — содержащийся в плодах растительный протеолитический фермент способен размягчать мышечную ткань и мясо приобретает нежную консистенцию.

Как известно, механическая прочность мышечной ткани, в основном, определяется свойствами белков соединительной ткани, а устойчивость ее определяет сроки кулинарной обработки. Особенно это относится к говядине. В табл. 2 /по Р. Лори/ характеризуется активностью некоторых ферментов по отношению к основным компонентам животной ткани, из которой следует возможность использования многих протеолитических ферментов для размягчения мяса: для этого мясные полуфабрикаты погружают в раствор ферментов, либо посыпают их ферментативными препаратами и выдерживают некоторое время.

Эффективность протеолитических ферментов
на белки мяса /по Р. Лори/

Ферментные препараты	Активность		
	Актомиозин	Коллаген	Эластин
<u>Бактериальные</u>			
Протеаза I5	+++	-	-
Розин	++	-	-
Грибковая амилаза	+++	следы	-
Гидролаза	+++	следы	-
<u>Растительные:</u>			
Фицин /из инжира/	+++	+++	+++
Папаин /из папайи/	++	+	++
Бромелаин /из ананаса/	следы	+++	+

Из табл. 2 видно, что бактериальные и грибковые протеолитические ферменты оказывают воздействие только на белки мышечных волокон. Протеолитические ферменты растительного происхождения воздействуют в основном на волокна соединительной ткани. В первом случае разрушение мышечного волокна приводит к потере мышечной ткани поперечной исчерченности, во втором случае /под действием растительных ферментов/ и поперечная и продольная исчерченность становится слабо различимой.

Обработка мяса ферментными препаратами приводит к разрыву пептидных связей лейцина, дикарбоновых и других аминокислот. При длительном воздействии препаратов происходит разрыв волокон, а затем и их полная деструкция.

Производство ферментных препаратов микробного происхождения особенно развито за рубежом — в США, Японии и ФРГ. Одна из американских компаний предложила оригинальный способ ферментации мяса. В кровеносную систему животного незадолго перед убоем вводят ферментный раствор, в котором присутствует папаин. Сердце, нагнетая кровь по капиллярам, поставляет папаин ко всем без исключения мышцам. И даже самые жесткие из них размягчаются. Варьируя дозы раствора и сроки его введения /от двух до тридцати минут до убоя/, можно регулировать мягкость мяса. Внешний вид и питательность не меняются, вкус становится лучше и на приготовление уходит меньше времени.

Исследовательские работы по ферментации мяса широко прово-

дятся и в нашей стране. Предложены для использования на предприятиях общественного питания препараты из проросших семян сои, из поджелудочной железы и эффективные препараты микробного происхождения.

Ферментация сырья с большим содержанием соединительной ткани /мясная обрезь, нежилованная говядина второго сорта, конина и т.д./ протеазами животного происхождения, в частности, пепсином, способствует улучшению технологических свойств этого сырья и исключает необходимость проведения трудоемкой операции его жиловки. Использование ферментов позволило также осуществить выпуск полуфабрикатов из ферментированного говяжьего мяса.

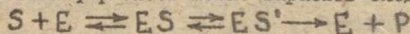
5. Химическая природа и свойства ферментов

Механизм действия ферментов заключается в понижении энергии активации молекул реагирующих веществ. При химических реакциях не все молекулы реакционноспособны. Скорость реакций зависит от числа столкновений активных молекул, обладающих определенным запасом энергии. В реакцию вступают только те молекулы, которые обладают достаточной энергией, чтобы преодолеть силы отталкивания между реагирующими молекулами, т.е. преодолеть энергетический барьер.

Если запас энергии недостаточен, чтобы преодолеть энергетический барьер, то необходим внешний фактор, сообщаящий им дополнительную энергию активации. Эту роль и выполняют ферменты.

Их действие заключается в том, что они вступают в реакцию с реагирующим веществом, образуют промежуточный продукт и, проходя несколько этапов, приводят к тому, что исходные вещества реагируют друг с другом, а сам фермент выделяется в первоначальном виде. Эти промежуточные стадии требуют гораздо меньшей энергии активации, чем реакция между двумя исходными веществами /рис. 4/.

Схему действия ферментов можно выразить следующим образом:



Вначале одно из реагирующих веществ /S/ вступает в реакцию с ферментом /E/, образуя соединение "субстрат-фермент" /ES/.

Этот комплекс распадается и образует нестабильный промежуточный продукт /ES'/, в котором реагирующее вещество /S/ становится более доступным для соответствующей исходной реакции. Этот комплекс в итоге дает конечные продукты: новое вещество P и освобождающийся фермент E.

В качестве ферментов выступают, как правило, белки, имеющие

в своем составе активные группы, которые и вступают во взаимодействие с субстратом.

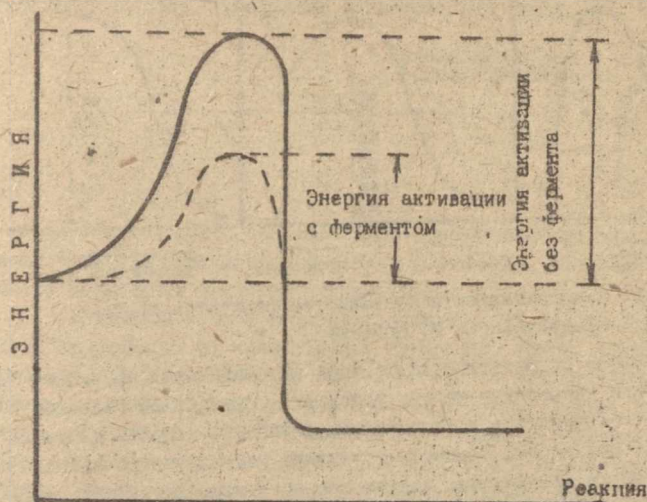


Рис. 4. Снижение энергетического барьера ферментами

Чтобы иметь возможность управлять биохимическими процессами, необходимо учитывать основные свойства ферментов:

- их специфичность - каждый фермент катализирует либо только одну реакцию /абсолютная специфичность/, либо несколько, но совершенно определенных;

- активность ферментов зависит от температуры - при нагревании выше $50-60^{\circ}\text{C}$ активность многих ферментов снижается, выше 80°C все они полностью инактивируются; для каждого фермента существует оптимальная температура его активности /обычно в интервале $40-50^{\circ}\text{C}$ /;

- каждый фермент проявляет свою активность только в узком интервале pH;

- активность ферментов проявляется лишь при наличии влаги.

Для большинства ферментов пищевых продуктов температурный оптимум лежит вблизи 40°C , активность их проявляется при влажности более 15% и pH, близких к нейтральной среде /рис.5/.

ВЛИНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ

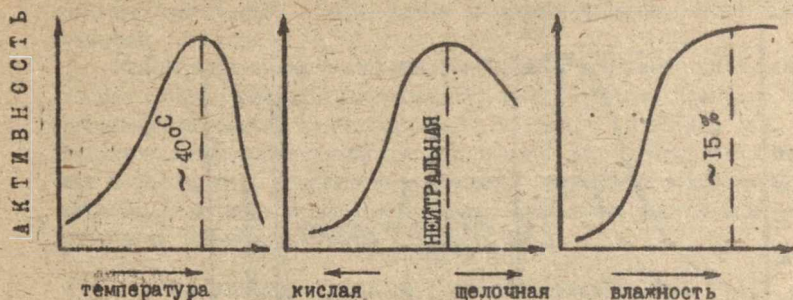


Рис.5. Зоны активности большинства ферментов пищевых продуктов (по М. Цобелю)

В отличие от большинства обычных катализаторов, ферменты "работают" в так называемых мягких условиях - при низкой (близкой к комнатной) температуре и атмосферном давлении, в почти нейтральных водных растворах. Ферменты проявляют исключительно высокую каталитическую активность, подчас превосходящую активность катализаторов небиологического происхождения в 10^{10} - 10^{15} раз. Высокая каталитическая активность ферментов связана с их большой синтетической возможностью. Разнообразен и спектр веществ, которые микроорганизмы могут утилизировать, используя их для своего роста.

Особенно важно, что ферменты обладают непревзойденной избирательностью, специфичностью действия - катализируемые ими реакции не сопровождаются образованием побочных продуктов. Некоторые ферменты обладают практически абсолютной специфичностью, катализируя превращение только одного вещества. Другие ферменты могут обладать групповой специфичностью.

Применение ферментов уникально в том смысле, что они затрагивают в сложных молекулах только одни химические связи (или лишь некоторые из них).

Например, молекула бензилпенициллина содержит две связи $OS-N$, одна из которых расположена в белковой цепи, а другая входит в состав четырехчленного цикла. Воздействовать на одну из

этих связей чисто химическим путем, не затронув другую, практически невозможно; а вот фермент пенициллинамидаза способен отщеплять боковую цепь, совершенно не затрагивая цикла /см. ниже/.



Многие молекулы обладают стереоспецифичностью: делают выбор между молекулами изомеров. Это свойство используется для получения чистых зеркальных изомеров аминокислот.

Характерной чертой ферментативных реакций является зависимость их скорости от концентрации водородных ионов, обычно выражающаяся кривой с одним или реже несколькими максимумами /рис. 5/. Причиной такой зависимости является амфотерная природа ферментов - наличие в молекуле белка кислотных и основных функциональных групп, участвующих в каталитическом действии и способных к диссоциации. Влияние pH может быть связано с воздействием на вторичную и третичную структуру фермента, определяющую уникальное строение активных центров ферментов.

Обычно температурная зависимость скорости ферментативных реакций описывается кривой с максимумом /рис. 5/. Возрастание скорости реакции с повышением температуры качественно отражает обычную для всех химических реакций закономерность. Уменьшение же скорости реакции при определенной для каждого фермента температуре происходит вследствие тепловой денатурации белковой молекулы, сопровождающейся нарушением ее структуры.

Каталитическое действие фермента осуществляется благодаря кратковременному взаимодействию небольшого участка на его поверхности, его активного центра, с определенными зонами субстрата. Образуется промежуточный фермент - субстратный комплекс - очень лабильное соединение, которое затем распадается на продукт реакции и свободный фермент, готовых вступить в следующее взаимодействие.

Активный центр фермента состоит из двух участков - связывающего и каталитического. Каталитический обеспечивает непосредственное превращение атакующей связи в молекуле субстрата и содержит группы, принимающие участие в разрыве или образовании хими-

ческой связи. Роль связывающего участка — обеспечить связывание ферментом молекулы субстрата и правильно ориентировать ее по отношению к функциональным группам каталитического участка. Строго определенное расположение остатков аминокислот, формирующих активный центр, и определяет специфичность действия фермента.

Таким образом, активный центр фермента, расположенный в поверхностном слое белковой глобулы, можно представить как геометрически соответствующим строению молекулы субстрата /комплементарность/. Однако здесь проявляется не только геометрическое соответствие. На внутренней поверхности активного центра фермента определенным образом расположены специфические группировки атомов, входящие в состав белковых молекул, иногда ионы металлов /чаще всего переходных/, а также молекулы органических веществ небелковой природы, так называемые коферменты /например, производные витаминов/. В результате молекула субстрата — вещества, подлежащего превращению в продукт, попав в активный центр фермента, подвергается сразу со всех сторон согласованной химической атаке, разрушается и вновь соединяется в новой комбинации. Скорость "работы" фермента — самая разнообразная: синтезируются или преобразовываются новые молекулы от сотен тысяч до десятков в секунду.

Отмечаемая нами ранее зависимость ферментативного катализа от температуры свидетельствует о том, что механизм действия ферментов нельзя объяснить только участием в реакции ограниченного числа функциональных групп и приходится признать необходимым какое-то участие в катализе элементов высших структур белка /третичной, иногда четверичной/ за пределами активного центра.

Активность ферментов объясняется как существенным снижением энергии активации, так и значительным благоприятным изменением энтропии системы в ходе реакции.

Общими чертами механизма участия активных центров в каталитическом действии ферментов являются: 1) высокая комплементарность /соответствие в пространственном и электронно-химическом смысле/ структуры активного центра структуре субстратов. Строго ориентированное взаимное расположение нескольких /обычно более трех/ участников реакции предполагает замену маловероятных реакций высоких порядков мономолекулярными с существенным выигрышем в скорости за счет энтропийного фактора; 2) возможность одновременной атаки на молекулу субстрата нуклеофильных и электрофильных группировок активного центра; 3) образование временных ковалентных

связей субстратов с активным центром.

Среди соединений, способных изменять ферментативную активность, находятся так называемые ингибиторы - они способны взаимодействовать с функциональными группами белковой молекулы. Ингибиторы дают возможность управлять каталитической активностью фермента - усиливать или, напротив, снижать ее, а порой даже и совсем подавлять.

При получении ферментов встречаются трудности, связанные с их инактивацией еще до начала реакции. Эта трудность может быть преодолена получением их в нерастворимой форме. Одним из путей их получения стал метод иммобилизации, т.е. связывания растворимого фермента с любым материалом, не растворившимся в воде. Исследования показали, что иммобилизованные ферменты сохраняют свою основную функцию.

Комплекс фермент - носитель образуется за счет ковалентной или электростатической связи между функциональными группами и носителем. При образовании ковалентной связи фермент может присоединиться к носителю непосредственно. В таком случае амплитуда его "дрейфа" в окружающем растворе определяется длиной связи. Из-за связывания с носителем аминокислоты активного центра могут, однако, лишиться подвижности, необходимой им для принятия пространственной конформации, диктуемой условиями фермент-субстратного взаимодействия. Поэтому стараются как бы отодвинуть фермент, дав ему большую свободу движения, но сохранив связь с носителем.

Развитию гетерогенного биокатализа способствовали методы органического синтеза. В качестве носителя используют, например, этилметакрилат, метилакриламид, поперечносшитые полимеры, а также желатин, альгинат кальция или, наконец, крахмал. Для иммобилизации фермента используется инкапсулирование - создание микрокапсул с находящимися внутри их ферментами. Оболочку капсул образует полимер.

Еще один метод иммобилизации ферментов - физическая адсорбция. Для матрицы обычно подбирается пористый материал. Белок адсорбируется и проникает в глубь структуры материала. В качестве носители, например, используется целлюлоза, оксид алюминия, активированный уголь, природные полимеры коллаген или хитин.

Таким образом, химики научились иммобилизовать /как бы обездвигивать/ ферменты, что осуществляется, как мы видели, путем присоединения их к водонерастворимым частицам, механического включения в гранулы из полимерных гелей, в капсулы и полые воло-

на и т.д.

В результате были созданы гетерогенные ферментные препараты, обладающие рядом существенных преимуществ по сравнению с природными предшественниками: открылась возможность регулировать процесс /например, останавливать процесс, удаляя фермент из реакционной среды/; удалось решить проблему их стабильности - закрепить их структуру /во избежание потери активности центра фермента за счет потери естественной конфигурации под действием температуры, сильного отклонения pH и т.д./.

Эти приемы позволяют замедлить инактивацию ферментов в сотни, тысячи и даже миллионы раз.

5.1. Возможности ферментов и биотехнологии

Современная классификация ферментов основана на типах реакций, которые они катализируют. В соответствии с этим ферменты разделяются на шесть классов:

- 1) Оксидоредуктазы, катализирующие реакции окисления и восстановления;
- 2) Трансферазы, осуществляющие перенос отдельных химических групп с одной молекулы на другую;
- 3) Гидролазы, расщепляющие с присоединением воды внутримолекулярные связи в белках, углеводах, жирах и т.п.;
- 4) Лиазы, катализирующие присоединение химических групп по двойным связям и обратные реакции;
- 5) Изомеразы, катализирующие изомеризацию молекул;
- 6) Лигазы, или синтетазы, катализирующие присоединение двух молекул друг к другу.

В реальных условиях из большого разнообразия ферментов создаются определенные системы, настроенные на отдельные циклы обменных процессов. Можно выделить следующие системы ферментов: окислительную гликолиз, окисление жирных кислот, цикла трикарбоновых кислот, ферменты дыхательной системы, преобразования и синтеза аминокислот, синтеза белков, синтеза липидов, образования мочевины, синтеза пуринов и пиридинов, наконец, синтеза ДНК и РНК. Все эти системы функционируют в нашем организме и приурочены к определенным клеточным структурам, где и осуществляют отдельные обменные процессы. Некоторые из этих систем функционируют и вне нашего организма, являясь основой биохимических превращений пищевого сырья.

В живых организмах и в различных природных источниках функ-

цилируют и выделено около 3000 биокатализаторов. Стало возможным и промышленное производство ферментов путем извлечения их из различных тканей растений и животных и получением микробиологическим путем. Методами селекции, мутагенеза и генной инженерии удалось получить штаммы различных видов бактерий и грибов, производящие те или иные ферменты. Сейчас они производятся сотнями тысяч тонн.

Такие ферменты уже давно используются в пищевой промышленности, главным образом для гидролиза полисахаридов и белков /амилаза, глюкоамилаза, папаин, глюкоизомеразы/. Их стоимость сравнительно невысока. Цена же некоторых других биокатализаторов достигает внушительных размеров.

В настоящее время в нашей стране создана отрасль биотехнологии. Применение ферментов позволяет в большинстве случаев интенсифицировать технологические процессы, повышать качество готового продукта, улучшать его товарный вид, снижать себестоимость производства, расширять сырьевые ресурсы.

Биотехнология - одна из современных отраслей промышленности, основанная на использовании ферментов. Для нас интересны возможности биотехнологии с точки зрения получения веществ, которые могут быть использованы в качестве добавок. В практике достигнуты в этом направлении значительные успехи.

Ферментные препараты широко используются в различных отраслях пищевой промышленности: для улучшения качества хлеба /грибная протеаза, α -амилаза/, для получения концентрированных сиропов из глюкозы /глюкоизомеразы/, для гидролиза жира яичного белка /липаза/, получения высокодекстрированных сиропов /глюкоамилаза, пуллулаза/, при производстве пива, вина, спирта, соков, мучных кондитерских изделий /протеазы, карбогидразы/, в сыродельной промышленности, для гидролиза желатина, получения казеиновых гидролизатов /кислые протеазы/, производства плодовых и овощных пюре /биомассаза/, для гидролиза пектина, целлюлозы и гемипеллоиды /биопектиназа/, в мясной промышленности /глюконо-дельта-лактаты/ и др.

Процессы биотехнологии используются в производстве подслащающих веществ из кукурузы, заменителей масла какао, наполнителей из клеток и тканей растений, витамина Е из водорослей, синтезирующей токоферолы. В молочной промышленности эти процессы используются для улучшения качества молока путем удаления из него лактозы.

С помощью биотехнологии открываются перспективы для получения новых пищевых материалов. Использование новых штаммов микроорганизмов позволяет высокоэффективно производить пищевые красители, усилители вкуса и аромата, ускорять процессы брожения. Отмечаются возможности модификации белков и углеводов с целью придания им новых функциональных свойств.

В последние годы объем потребления ферментов значительно возрос. Интерес к биокатализаторам проявляют виноделы, что позволяет положительно влиять на качество вин. Процессы тендеризации мяса и рыбы также осуществляются благодаря действию ферментов. Значительное увеличение потребления их в 1990 г. /двукратное/ обусловлено прежде всего интересом к получению белковых гидролизатов и созданию на их основе новых видов пищевых продуктов.

Наиболее перспективно производство ферментов микробного происхождения, т.к. источник микробиологического сырья огромен и набор ферментов в этом сырье очень широк. Продуцентами ферментов могут быть бактерии, грибы, дрожжи, актиномицеты.

С помощью ферментов в больших количествах ведется промышленная выработка аминокислот и белковых препаратов. При этом используют так называемые ферментные препараты /они содержат балластные вещества и другие ферменты/. Для производственных целей ферментные препараты не подвергаются тщательной очистке. Источником получения ферментных препаратов служат органы и ткани животных, богатые ферментами. Из растительного сырья для промышленных целей чаще всего выделяют протеолитические ферменты.

Ферменты этой группы играют особенно важную роль в пищеварении и в процессах пищевой технологии. Они катализируют гидролиз белков и пептидов. Ими, например, осуществляется деполимеризация молекул белка по мере его движения по пищеварительному тракту. /пепсин, хлмтрипсин, аминопептидаза, карбоксипептидаза и др./. Протеолитические ферменты участвуют в процессах, происходящих при переработке мяса, в хлебопечении. С их помощью проводят умягчение мяса, их применяют при получении сыров. Действие протеаз очень избирательно. Поэтому для полного гидролиза белковой молекулы необходим целый набор ферментов.

К группе гидролаз относится фермент — карбогидраза, катализирующая гидролиз полисахаридов; мальтаза расщепляет α -глицозидную связь в дисахаридах /мальтозе/; инвертаза расщепляет α -глицозидную связь в дисахаридах /сахарах/.

зу на глюкозу и фруктозу. Амилазы – группа ферментов, гидролизующих крахмал с образованием декстринов и мальтозы.

Гидролиз пектиновых веществ протекает с участием пектолитических ферментов, что используется для осветления плодово-ягодных соков. Ферменты, осуществляющие гидролиз полисахаридов /особенно амилазы/, играют важную роль в хлебопечении, технологии сахаристых веществ, бродильных производств, получении спирта.

Из ферментов, катализирующих реакции гидролитического расщепления углеводов, наиболее широко применяют амилазы, объект действия которых – крахмал. Крахмал играет существенную роль в питании людей: на его долю приходится более половины всех углеводов, потребляемых человеком. С точки зрения химической структуры – это высокомолекулярный полисахарид, построенный из мономерных звеньев только одного типа – глюкозы. Фермент α -амилаза и глюкоамилаза гидролизуют крахмал с образованием, главным образом, молекул глюкозы.

Изомеразы – осуществляют внутримолекулярные перестройки, перенося функциональные группы внутри молекулы с образованием конформационных изомеров. К этому классу принадлежит фермент, имеющий большое промышленное значение, – глюкозоизомераза. Она катализирует обратимую реакцию превращения глюкозы в ее изомерную форму – фруктозу. Поскольку последняя слаще глюкозы примерно в 2,5 раза при той же калорийности, применение глюкозо-фруктозных сиропов в пищевой промышленности более выгодно, чем традиционного сахара.

Аминолитические ферментные препараты применяют в хлебопекарной промышленности для улучшения качества и аромата хлеба. При этом время созревания теста снижается на 30%, а расход сахара на производство булочных изделий уменьшается вдвое. В пивоваренной, спиртовой и крахмало-паточной промышленности применение ферментных препаратов используется для осахаривания крахмала.

Оксидоредуктазы катализируют окисление или восстановление различных химических веществ. Такими процессами являются окисление уксусного альдегида в этиловый спирт, который играет большую роль в процессе спиртового брожения. Ферменты этой группы окисляют кислородом воздуха ненасыщенные жирные кислоты и их сложные эфиры. Их действие является одной из причин прогоркания муки и крупы. Они участвуют в разрушении каротиноидов при сушке и хранении продуктов растительного сырья. Фермент монофенолмонооксигеназа окисляет аминокислоту тирозин с образованием меланинов, имеющих темный цвет. Действием этого фермента объясняется темный цвет ржаного хлеба, потемнение макарон при сушке.

С помощью биотехнологических методов в настоящее время получают десятками или сотнями тысяч тонн различные аминокислоты. Лизин и метионин особенно дефицитны, т.к. большинство зерновых культур содержат их в ограниченном количестве. Аминокислоты, как известно, представлены в виде двух изомеров - L- и D-формами. При химическом синтезе получаются сразу два изомера. Организм усваивает только L-форму аминокислоты. Разделить их с помощью известных методов крайне трудно. На помощь приходит фермент аминокислаза: она "работает" только с кислотами L-формы, образуя нерастворимые соединения. Таким образом, в результате биокатализа создается возможность для их разделения - D-аминокислоты подвергаются действию фермента и превращаются в L-формы. При этой технологии получают аминокислоты с оптической чистотой 98-100 %.

Среди реализованных процессов можно указать на получение

L-яблочной кислоты гидратацией fumarовой кислоты с помощью фермента фумаразы /рис. 6а/ и получение L-аспарагиновой кислоты из фумарата аммония под действием фермента аспарагиназы /рис. 6б/:

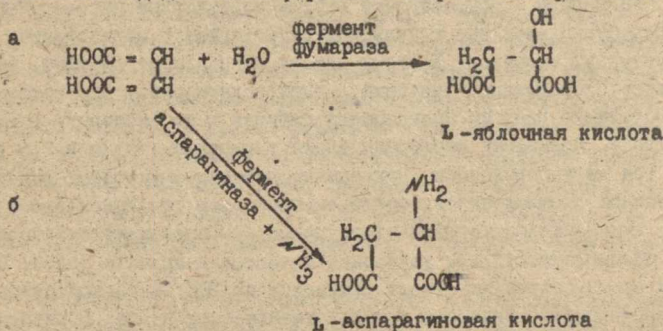


Рис.6. Биокаталитическое превращение fumarовой кислоты в L-яблочную /а/ и L-аспарагиновую /б/ кислоты

Синтезируется в настоящее время и ещё одна ценная кислота - L-триптофан из индола и пирувата аммония /рис. 7/.

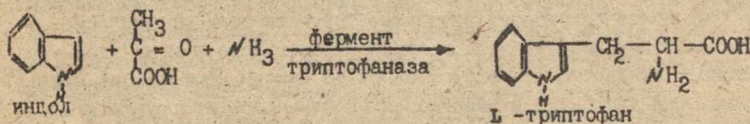


Рис.7. Ферментативный синтез L-триптофана

В настоящее время известны реакции ферментативного превращения практически всех основных классов. Особенно успешно биокаталитические приемы применяются в таких процессах, как получение оптически активных аминокислот и других органических кислот; синтеза пептидов, олиго- и полинуклеотидов, нуклеозидтрифосфатов, пептидов; получения фосфолипидов и переработка липидного сырья и т.д.

Многие процессы осуществляются комплексно, в сочетании различных методов. Так, производство фруктозы /пищевой продукт/ из глюкозы /полученной из крахмала/ основано на ее окислении в присутствии фермента - пиранозо-2-оксидазы до глюкозона, который затем с помощью водорода на палладиевом катализаторе превращают во фруктозу /рис. 8/:

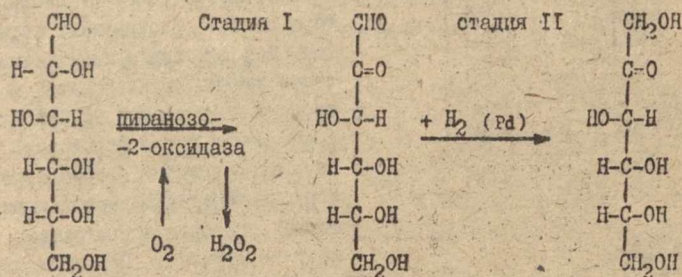


Рис. 8. Производство фруктозы из глюкозы

Здесь тесно переплетены между собой два синтетических метода: ферментативный /стадия I/ и химический /стадия II/. Именно сочетание разных методов обеспечивает высокую экономичность производства.

Эффективность и экономичность биотехнологии в настоящее время существенно возросла благодаря решению ряда технологических вопросов. В результате связывания фермента с носителем стало возможным создание биореакторов - это устройства для проведения биохимических реакций с использованием биокатализаторов. Конструкции их разнообразны. Принципиальная схема действия биореактора представлена на рис. 9. Использование полупроницаемой мембраны в матрицы, действующей по принципу поверхностного фильтра, создают идеальные условия для комплексного использования биокатализа и селективного разделения трансформации субстратов. Фермент иммобилизован на полимерной матрице или мембране.

С помощью биореакторов осуществлена реакция изомеризации глю-

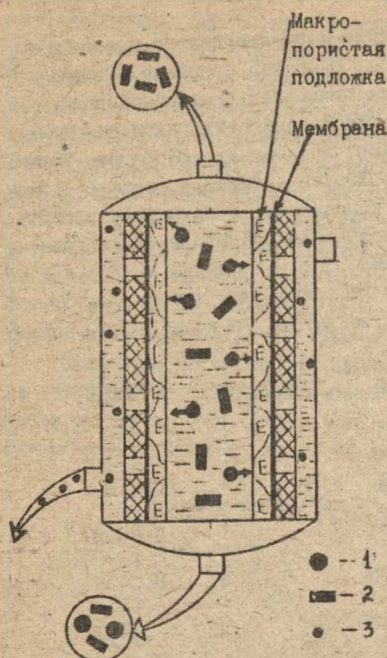


Рис. 9. Принцип действия мембранного реактора:

Е - иммобилизованный фермент, 1 - субстрат, 2 - сопутствующие вещества, 3 - целевой продукт

больше этанола из одной и той же порции целлюлозы.

Целлюлоза, как известно, трудно поддается действию ферментов. Этот углевод не могут гидролизовать ферменты, расщепляющие крахмал, что обусловлено особенностью химической структуры целлюлозы - связи между отдельными молекулами глюкозы в целлюлозе имеют иную пространственную конфигурацию. Другие компоненты растительной клетки, такие, как лигнин и гемицеллюлоза, еще больше затрудняют ферментативный гидролиз целлюлозы.

Тем не менее целлюлоза может быть превращена в результате биокатализа в сахаристое вещество. К ферментам, гидролизующим

козы во фруктозу. Несколько лет назад США производили, например, 4 млн т глюкозо-фруктозного сиропа в год. Он и сегодня продолжает вытеснять сахар из напитков и пищевых продуктов.

Используя биореакторы, стало возможным получение сиропа с содержанием фруктозы до 90%. Основные этапы этой технологии включают осахаривание крахмала α -амилазой и гликоамилазой. В этом процессе работают биореакторы на базе растворимых ферментов. Под действием биокатализаторов крахмал превращается в продукт, содержащий 90-96% глюкозы. Затем после фильтрации раствор пропускают в биореакторе через иммобилизованную глюкоизомеразу, которая и превращает глюкозу во фруктозу. При этом оказалось возможным совмещение реакций гидролиза и изомеризации в одной операции, что повысило выход продукции.

Применение биореакторов позволяет на основе иммобилизованных клеток получить в 20 раз

целлюлозу, относят эндо- и экзо- $\text{I},4\text{-}\beta$ -глюканазу, экзо- $\text{I},4\text{-}\beta$ -глюкозидазу, последнее звено которой - глюкоза. В промышленности при производстве спирта объединяют стадии превращения целлюлозы и глюкозы. В этом случае ферменты, гидролизующие целлюлозу и гемицеллюлозу, иммобилизуются на носителе. В биореакторе можно использовать фермент, обладающий способностью сбраживать моно- и олигосахариды. В этом случае продукты гидролиза целлюлозы немедленно перерабатываются микроорганизмом, продуцирующим этанол. Но этанол - яд для микроорганизма, способный ингибировать ферменты. Это устраняют, прокатывая образовавшийся этанол и суспензию клеток через мембрану биореактора. Таким образом этанол отделяется и не влияет на жизнеспособность ферментов.

Ферментная технология - еще очень молодое направление биотехнологии, но в этой области уже наметились немалые успехи. Нет никаких сомнений, что в самом ближайшем будущем здесь удастся добиться весьма важных достижений.

Иммобилизованные ферменты - основа одного из главных направлений современной биотехнологии. Сегодня с их помощью уже производятся в больших масштабах многие важные продукты. В первую очередь это разнообразные биологически активные вещества.

Биотехнология утверждается все более прочно в нашей жизни, становится источником энергетических ресурсов, в том числе и пищевого сырья.