

Лекция 1. Биотехнология производства продуктов питания и напитков

1. Биотехнология производства кисломолочных продуктов и сыра
2. Биотехнологические процессы в производстве мясных продуктов
3. Ферментация овощей (консервирование)
4. Применение биотехнологии в производстве чая

В современной пищевой биотехнологии можно выделить два направления: применение веществ и соединений, полученных биотехнологическим способом (например, органических кислот, аминокислот, витаминов, ферментов), и интенсификация биотехнологических процессов в производстве пищевых продуктов.

В настоящее время в пищевой промышленности широко используется продукция, полученная биотехнологическим способом. Расширяется область применения пищевых добавок, в том числе полученных с помощью микробных клеток: органических кислот, ферментных препаратов, подсластителей, ароматизаторов, загустителей и т.д. На продовольственном рынке растет ассортимент функциональных пищевых продуктов. Для их производства применяют витамины, аминокислоты и другие соединения, полученные биотехнологическим способом.

1. Биотехнология производства кисломолочных продуктов и сыра

Применение заквасок в производстве кисломолочных продуктов

Закваска – основной источник внесения желаемой микрофлоры в молоко при производстве кисломолочных продуктов. Закваска является чистой посевной культурой микроорганизмов. При внесении закваски молоко обогащается микрофлорой, производящей сквашивание молока и способствующей накоплению вкусовых и ароматических веществ.

Для сквашивания молока и сливок издавна применяли простоквашу или сливки высокого качества. В качестве естественных заквасок использовали пахту, сквашенные сливки или кислое молоко. Они не гарантировали получение продукта высокого качества, так как содержали различные микроорганизмы и часто загрязнялись посторонней микрофлорой, вызывающей порчу продукта. Бактериальные закваски в промышленном масштабе впервые стали применять в маслоделии в конце прошлого столетия.

В молочной промышленности используются закваски, полученные из чистых культур микроорганизмов, которые готовят в специальных лабораториях. Состав микрофлоры подбирают таким образом, чтобы обеспечить для каждого вида продукта свойственный ему запах, вкус, консистенцию.

В молочной промышленности применяют в основном жидкие закваски и закваски, высушенные способом сублимационной сушки; сухие, жидкие и подвергнутые глубокому замораживанию бактериальные концентраты, бактериальные препараты. Срок хранения сухих заквасок, бактериальных

препаратов и концентратов составляет 3-4 месяца, жидких заквасок – 10 суток (в условиях холодильника).

Классификация кисломолочных продуктов в зависимости от используемой закваски

В зависимости от состава микрофлоры заквасок и способа приготовления кисломолочные продукты делят на следующие группы:

- Вырабатываемые с использованием многокомпонентных заквасок (кефир, кумыс). Микрофлора этой группы продуктов состоит из молочнокислых бактерий (одного или нескольких видов), дрожжей и нередко уксуснокислых бактерий. Дрожжи и уксуснокислые бактерии придают продуктам специфические вкус и аромат. При производстве кефира применяют естественную симбиотическую закваску – кефирные грибки, состоящие из молочнокислых бактерий *Lactobacillus*, дрожжей *Saccharomyces kefir* и некоторых видов стрептококков. Кумыс получают из кобыльего молока с помощью молочнокислых бактерий (*Lactobacillus casei* и др.), стрептококков и дрожжей, сбраживающих лактозу. Скваживание молока при использовании таких заквасок проводят при 20-22 °С в течение 10-12 часов.

- Вырабатываемые с использованием мезофильных молочнокислых стрептококков (творог, сметана, простокваша обыкновенная). Основными представителями микрофлоры таких продуктов являются молочнокислые стрептококки: *Streptococcus lactis*, *Streptococcus acetoinicus*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacetylactis*. Скваживание молока происходит через 6-8 часов при 30 °С.

- Изготавливаемые с применением термофильных молочнокислых бактерий (ряженка, варенец, йогурт, простокваша Южная, Мечниковская). Для приготовления этих кисломолочных продуктов используют смесь молочнокислых бактерий (10:1) *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* (болгарская палочка). Забвживание молока этими бактериями проводят при 40-42 °С в течение трех часов.

- Вырабатываемые с применением термофильных и мезофильных молочнокислых бактерий (любительская сметана, сметана с пониженным содержанием жира, напитки «Любительский» «Юбилейный», «Русский»). Основными представителями микрофлоры таких продуктов являются мезофильные и термофильные молочнокислые стрептококки. Температура скваживания молока при использовании смешанных заквасок - 33-38 °С.

- Приготавливаемые с использованием ацидофильных бактерий и бифидобактерий: ацидофильное молоко, ацидофилин, бифидопродукты – продукты лечебно-профилактического питания. В состав микрофлоры этих продуктов входят: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus* с добавлением кефирной закваски; *Bifidobacterium bifidum* и др.

Процессы, протекающие при ферментации молока

Технологический процесс изготовления кисломолочных продуктов сводится в общих чертах к тому, чтобы, во-первых, в исходном сыром молоке

подавить или уничтожить постороннюю микрофлору, а во-вторых, после пастеризации и охлаждения молока предоставить нужным микроорганизмам наиболее благоприятные условия для развития и, благодаря этому, получить готовый продукт с характерными для него свойствами.

В пищевой промышленности ферментацию применяют для получения большого ассортимента кисломолочных продуктов. Главным процессом является молочнокислое брожение, вызываемое стрептококками и молочнокислыми бактериями, при котором лактоза (молочный сахар) превращается в молочную кислоту. Путем использования иных реакций, которые сопутствуют главному процессу или идут при последующей обработке, получают такие продукты переработки молока, как пахта, сметана, йогурт и сыр. Свойства конечного продукта зависят при этом от характера и интенсивности реакции ферментации. Те реакции, которые сопутствуют основному процессу образования молочной кислоты, обычно и определяют особые свойства продуктов. Так, именно вторичные реакции ферментации, идущие при созревании сыров, определяют вкус отдельных их сортов. В некоторых таких реакциях принимают участие пептиды, аминокислоты и жирные кислоты, присутствующие в продуктах.

В молоке при ферментации могут протекать шесть основных реакций; в результате образуется молочная, пропионовая или лимонная кислота, спирт, масляная кислота или же происходит колиформное газообразование. Главная из этих реакций – молочнокислое брожение. На нем основаны все способы сквашивания молока. Лактоза молока гидролизуеться при этом с образованием галактозы и глюкозы. Обычно галактоза превращается в глюкозу еще до сквашивания. Имеющиеся в молоке бактерии преобразуют глюкозу в молочную кислоту. Образование сгустка казеина происходит в изoeлектрической точке этого белка ($pH = 4,6$) под действием молочной кислоты. Этот процесс лежит в основе сыроварения.

При производстве швейцарского сыра ключевую роль играет маслянокислое брожение с образованием углекислого газа. Именно оно обуславливает своеобразный вкус (букет) этих сыров и образование глазков. Характерный вкус пахты, сметаны и сливочного сыра формируется в результате лимоннокислого брожения. Он складывается из составляющих вкусов диацетила, пропионовой и уксусной кислот и других, близких к ним, соединений.

Молочные продукты, полученные на основе спиртового брожения, мало известны в Европе и Америке. Такой тип брожения нашел применение при переработке молока в России, но при производстве других продуктов он считается нежелательным. Обычно рост вызывающих его дрожжей стараются подавить. Нежелательны также маслянокислое брожение и колиформное газообразование.

Молоко было, одним из первых продуктов, претерпевших микробиологическую переработку естественным образом. Это происходит за счет того, что в молоке легко размножаются бактерии и оно скисает. В этом процессе один из основных этапов - превращение молочного сахара - лактозы

в молочную кислоту. На протяжении тысячелетий усовершенствовался процесс спонтанного скисания молока, результатом чего явилась разработка технологии получения сыра и других продуктов молочнокислого брожения.

Производство сыра

Для производства сыра в молоко вносят культуру бактерий, род и вид которых зависит от типа производимого сыра.

Размножение молочнокислых бактерий при скисании молока - это важный технологический процесс, так как они подавляют размножение других бактерий и тем самым обуславливают требуемые вкусовые качества и аромат сыра. Молочнокислые бактерии положительно влияют на желудочно-кишечную микрофлору. После внесения бактерий молоко инкубируют при определенной температуре и в результате оно скисает. Для углубления этого процесса — гидролиза белка, искусственно вносят протеолитический фермент, называемый сычужным ферментом или ренином. Ренин образуется в сычуге - в четвертом отделении желудка ягненка или теленка, вскормленных молоком.

Производство сычужного фермента в мировом масштабе составляет 25 млн. л. Несмотря на это, сычужный фермент является дефицитным и лимитирующим компонентом в технологии производства сыра.

В результате многочисленных поисков получен протеолитический фермент микробного происхождения с аналогичной сычужному ферменту субстратной специфичностью. Этот фермент частично восполнил дефицит сычужного фермента. Другая значительная биотехнологическая новизна заключается в клонировании гена ренина в одну из культур мицелиальных грибов. Это позволило получить абсолютный аналог сычужного фермента.

Для промышленных целей сычужный фермент получают из животных организмов (ягнят, телят, поросят) и из культур грибов.

Сразу же после внесения в молоко фермента, выделенного из животных или микроорганизмов, происходит ограниченный протеолиз казеина. Коагулированный казеин образует гелеподобную массу и соединяется с жиром, после чего сыворотку фильтруют, отжимают остаточную воду и высушивают завертыванием в ткань. Следующим этапом технологии является созревание сыра. Производство сыра из молока — дегидратационный процесс, при котором происходит концентрирование казеина и жира в 6-12 раз. В процессе созревания некоторых сыров практикуется искусственное размножение микроорганизмов (бактерии и грибы) для придания сыру специфического вкуса и аромата.

Вкус, аромат и качество разных сортов сыра определяют следующие факторы: разновидность молока (козье, коровье, овечье), температура приготовления сыра, наличие вторичной микрофлоры.

Если первичная микрофлора - молочнокислые бактерии осуществляют формирование сыра как продукта, то вторичная микрофлора (бактерии, грибы) придают аромат и свойства, определяющие специфический вкус сыра.

2. Биотехнологические процессы в производстве мясных продуктов

Использование микроорганизмов при производстве мясопродуктов

Технология производства многих современных мясопродуктов обязательно включает в себя молочнокислое брожение. В сырокопченых колбасах и в рассолах для окороков, грудинки, корейки молочнокислые бактерии подавляют рост гнилостных микроорганизмов и участвуют в формировании вкуса и аромата готового продукта. В мясопродукты, требующие бактериальной ферментации, обычно добавляют закваску, содержащую специально отобранные штаммы стрептококков, лактобацилл и педиококков. В этом случае на упаковке должно быть указано, что в состав продукта входят бактериальные культуры.

Применение ферментных препаратов

С целью размягчения мяса, облегчения его обработки широко применяются ферментные препараты протеолитического действия. Использование ферментных препаратов в промышленных масштабах связано с технологическими задачами равномерного распределения ферментов при внесении их в мясо. Применяются следующие способы обработки мяса протеолитическими ферментами:

- прижизненное введение препарата путем инъекций;
- внутримышечное шприцевание мясной туши;
- обработка поверхности мяса путем разбрызгивания раствора фермента или нанесения порошкообразных препаратов на поверхность мяса;
- погружение мяса в раствор ферментов после механического рыхления;
- восстановление дегидратированного сублимацией мяса в растворе ферментов.

Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки.

1. Введение раствора ферментного препарата через кровеносную систему путем инъекций в организм животного при жизни. Прижизненное введение препарата обеспечивает его равномерное распределение и хороший размягчающий эффект, сокращает время созревания, увеличивает количество мяса, пригодного для жарения. Вместе с тем, следует отметить, что при введении достаточно высоких доз препарата возникает анафилактический шок и нарушение нормальных функций организма.

2. Обработка поверхности мяса путем разбрызгивания раствора фермента или нанесения порошкообразных препаратов на поверхность мяса. Способ имеет ограниченное применение ввиду неравномерного преобразования белковых структур: мясо на поверхности размягчается слишком сильно, а внутри – недостаточно.

3. Внутримышечное шприцевание мясной туши. Наибольший эффект получен при введении препаратов ферментов в мышечную ткань многократными уколами. При этом эффективность способа значительно повышается при введении ферментов под давлением вместе со стерильным вакуумом или азотом. Газы, разрыхляя структуру мышечной ткани,

способствуют лучшему распределению фермента между клетками. Используется еще один способ – безыгольный - введение препаратов в мясо под сверхвысоким давлением ($200 \cdot 10^5$ Па).

4. Погружение мяса в раствор ферментов после механического рыхления. Простое погружение мяса в ферментный раствор малоэффективно, поскольку в данном случае наибольшим изменениям подвергается лишь поверхность мяса (наступает полный лизис структур мышечной ткани), в то время как в глубоких слоях изменения минимальны. Сочетание предварительного механического рыхления с последующим погружением мяса в раствор ферментов, а также «массирование» мяса в ферментном растворе дают хорошее качество мяса и малые потери влаги при его обработке.

5. Хорошие результаты дает восстановление дегидратированного (обезвоженного) сублимацией мяса в водном растворе размягчающего препарата. При этом создаются условия для контакта фермента не только с поверхностью мяса, но и с внутренними структурами путем проникновения раствора в хорошо развитую систему пор и капилляров. В процессе регидратации мяса обеспечивается равномерный по всему объему контакт фермента с основными белковыми структурами. В результате этого достигается максимальное размягчение мяса при минимальном расходе фермента. Положительное действие на мягчение мяса оказывает поваренная соль.

Для обработки мышечной ткани применяют ферментные препараты животного, растительного и микробного происхождения. Из ферментов животного происхождения высокой коллагеназной и эластазной активностью обладает фермент панкреатин, получаемый из поджелудочной железы свиньи. Иногда его применяют в смеси с ферментами трипсином, химотрипсином, пепсином. Однако ферменты животного происхождения имеют весьма ограниченные сырьевые источники.

Среди группы ферментов растительного происхождения для обработки мышечной ткани используют папаин, фицин, бромелаин и другие. Например, папаин применяют как размягчитель жесткого мяса. Он используется при созревании мяса, изготовлении полуфабрикатов, получении гидролизатов. Следует отметить, что эти протеазы также не могут полностью удовлетворить запросы промышленности ввиду дефицита сырья для их получения, малого выхода при переработке растений, а, следовательно, высокой стоимости.

Протеиназы микробного происхождения имеют ряд преимуществ по сравнению с другими источниками: неограниченность сырьевой базы, относительно простая технология получения, невысокая стоимость и др. Кроме того, микробные протеиназы, как правило, способны к более глубокой деструкции белков, в том числе многих фибриллярных, а также обладают широким спектром действия на различные субстраты.

Искусственно внесенные в сырье препараты протеаз обеспечивают эффект преобразования белковых структур, аналогичный автолитическому. Однако процессы созревания мяса под их влиянием протекают в 3-5 раз интенсивнее и заканчиваются в более короткий срок. При этом интенсивность и глубина

превращений белковых структур зависит от дозировки препаратов, физико-химических условий, продолжительности обработки. Ферментная обработка сырья придает мясу нежную консистенцию, нужные вкус и аромат.

3. Ферментация овощей

В одном из древнейших методов консервирования овощей, основанном на действии ферментов, используется рассол, в котором присутствуют молочнокислые бактерии. Роль консервантов здесь выполняют поваренная соль и молочная кислота. Во многих странах этот метод применяют в производственных масштабах. В частности, капуста, огурцы, другие овощи и маслины консервируются в рассоле с помощью брожения.

В рассоле овощи подвергаются последовательному воздействию разных микроорганизмов. На начальном этапе благодаря наличию кислорода в ферментационной среде развивается аэробная микрофлора. Несмотря на это, довольно быстро развиваются молочнокислые бактерии и дрожжи, в результате образуются молочная и уксусная кислоты. На последней стадии брожения создаются более благоприятные условия для преимущественного развития дрожжей. Брожение заканчивается при исчерпании сбраживаемых углеводов. Для регулирования процесса брожения вместо спонтанно размножающейся микрофлоры стали использовать чистые культуры — бактерии молочнокислого брожения. Точное соблюдение температуры (7,5 °C) и концентрации соли (2,25%) дает возможность получить соленые (отброженные) овощи высокого качества.

В результате брожения овощи обогащаются метаболитами, которые придают им соответствующий вкус и аромат. В то же время при брожении пища обогащается белковыми соединениями.

4. Применение биотехнологии в производстве чая

В странах Восточной Азии, Африки и Латинской Америки безалкогольные ферментированные напитки готовят из чайных и кофейных растений. В восточных странах с незапамятных времен чай использовали в качестве бодрящего напитка, однако технология производства чая была разработана лишь в XX в. Разнообразие чайного продукта зависит от вида растений и технологии переработки листа. Известны три технологии приготовления чая - черного, зеленого и находящегося между ними по степени окисленности дубильных веществ желтый чай. Готовый чай по степени ферментации делится на следующие категории:

- неферментированный чай, в котором степень окисления дубильных веществ (катехинов) не превышает 12%;
- слабоферментированный чай, степень окисления дубильных веществ - до 12-30%;
- ферментированный чай, степень окисления дубильных веществ - в пределах 35-40%.

Каждая категория готовой продукции по степени окисления, в свою очередь, делится на более мелкие группы. Неферментированный - это зеленый чай. Для инактивации окислительных ферментов сырье фиксируют водяным паром и горячим влажным воздухом. В результате на следующих стадиях

переработки в чайном листе не происходят процессы ферментативного окисления.

Чай второй категории - слабоферментированный, подвергается частичной ферментации; к нему относятся: желтый, оолонг (красный) и черный чай.

Если во время производства зеленого чая основной задачей является сохранение катехинов в нативном состоянии, то во время производства ферментированного черного чая стараются максимально окислить комплекс катехинов в чайном листе. Черный чай, приготовленный по указанной технологии, характеризуется интенсивным настоем и специфическим ароматом.

Для получения черного чая свежесобранные листья подвергают следующим технологическим операциям: завяливанию, скручиванию, ферментации и сушке. Завяливание является важным технологическим этапом, при котором происходят основные биохимические изменения в чайном листе, определяющие вкус и образование ароматических соединений во время процесса скручивания и ферментации. Во время скручивания чайного листа повреждается структура и нарушается целостность клетки, в результате обеспечивается контакт окислительных ферментов и их субстратов. В чайном листе ферментация осуществляется за счет эндогенных ферментов. Этим производство чая отличается от многих других процессов пищевой промышленности, где ферменты добавляют искусственно. В технологическом цикле производства чая ферментация является центральным процессом, от которого в значительной степени зависит качество готовой продукции.

Вопросы:

1. Какова роль биотехнологии в производстве продуктов питания?
2. Какие закваски используют при производстве кисломолочных продуктов?
3. Каким образом используют ферменты при производстве мясных продуктов?
4. Какие биотехнологические процессы протекают при консервировании овощей?
5. Какие виды чая бывают, чем они отличаются?