

Пищевая микробиология 5

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА МИКРООРГАНИЗМЫ

Мудрецова - Весс

Зависимость развития микроорганизмов от условий среды можно определять путем измерения прироста живой массы – биомассы – в культуре за определенный промежуток времени.

Прирост биомассы плесневых грибов чаще определяют взвешиванием. отмытой от субстрата и отжатой сырой грибницы или грибницы, высушенной до постоянной массы. Интенсивность развития гриба оценивают и по увеличению размера его колонии, растущей на плотной питательной среде.

Прирост биомассы бактерий и дрожжей определяется обычно путем подсчета клеток (в см^3 или в г субстрата), образующихся в результате размножения микроорганизмов за определенное

По мере приспособления бактерии начинают размножаться со всевозрастающей скоростью. Затем в течение определенного периода размножение идет с максимальной и характерной для каждого вида и данной среды постоянной скоростью. Этот период (рис. 22, участок кривой б) называется логарифмической или экспоненциальной фазой роста.

Большинство клеток молодые, активные; в среде накапливается большое количество продуктов их жизнедеятельности. Показателем скорости размножения бактерий в этой стадии развития принята продолжительность генерации (g), т. е. время, за которое число клеток удваивается. Время генерации является величиной, характерной для данного вида и конкретных условий. Оно выражено уравнением:

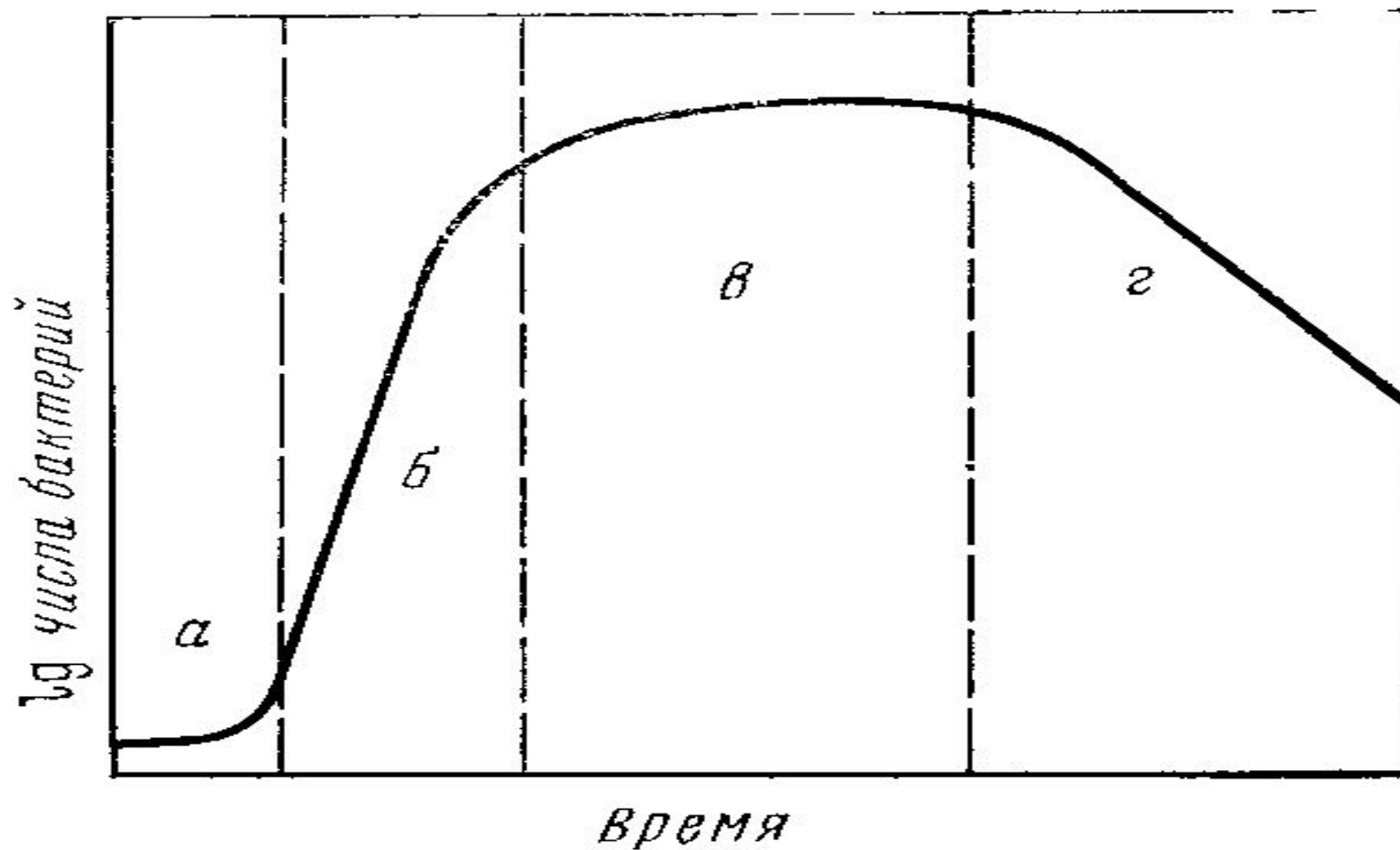
$$g = \frac{t \lg 2}{\lg b - \lg B},$$

где B – начальное количество бактерий в единице объема (массы) субстрата; b – число бактерий через время t .

К концу логарифмической фазы число клеток достигает максимума и наступает максимальная стационарная фаза развития (рис. 22, участок кривой в), когда в течение некоторого времени число живых клеток остается более или менее постоянным. Число образующихся новых клеток соответствует примерно числу отмерших.

Наконец наступает фаза отмирания (рис. 22, участок кривой г), когда все большее число клеток теряет жизнеспособность и погибает. Это наступает вследствие истощения питательной среды и накопления в ней продуктов метаболизма бактерий.

Рис. 22. Кривая роста бактериальной культуры:



Для развития микроорганизмов имеет значение не абсолютная величина, а доступность содержащейся в субстрате воды, которую в настоящее время принято выражать термином «водная активность», или a_w .

Водная активность показывает отношение давления водяных паров раствора (субстрата) P и чистого растворителя (воды) P_0 при одной и той же температуре: $a_w = P/P_0$. Водная активность выражается величинами от 0 до 1 и характеризует относительную влажность субстрата.

Рост микроорганизмов наблюдается при значениях a_w от близких к 1,0 и примерно до 0,65–0,61. Оптимальное значение a_w – 0,99–0,98; примерно в этих пределах находится a_w скоропортящихся пищевых продуктов (мяса, рыбы, плодов).

Большинство бактерий не развивается при a_w субстрата ниже 0,94–0,90.

Таким образом, водная активность пищевых продуктов оказывает существенное влияние на их устойчивость в хранении. Продукты, у которых a_w менее 0,7, могут длительно сохраняться без микробной порчи. Перспективно с точки зрения увеличения срока хранения скоропортящихся продуктов искусственное снижение в них водной активности, т. е. создание продуктов с «промежуточной влажностью». Снижение a_w может быть достигнуто добавлением в продукт способных связывать воду веществ, которые в малых количествах не оказывают побочного влияния на качество продукта.

Эксперименты показали, что обработка поверхности охлажденной говядины 1 %-ным раствором NaCl или его смесью с 1 %-ным раствором глицерина снижает a_w говядины с 0,997 до 0,918, т. е. до уровня a_w , значительно тормозящего развитие бактерий, являющихся основными возбудителями порчи охлажденного мяса. Срок хранения говядины при 2 °С увеличивался при этом на несколько дней.

Для сохранения сухих продуктов без порчи большое значение имеют относительная влажность и температура воздуха при хранении.

Продукты в связи с их гигроскопичностью могут отдавать или поглощать влагу. Между влажностью воздуха и влажностью продукта устанавливается определенное подвижное равновесие. При одной и той же относительной влажности воздуха различные продукты могут иметь разную равновесную влажность, т. е. влажность, установившуюся при данной относительной влажности воздуха. Так, сушеные овощи, которые хранились при относительной влажности воздуха 75 % и на которых при этом наблюдалось развитие плесеней (по данным С. А. Колесник), имели влажность: картофель—10%, свекла – 14, лук – 21, морковь – 26 %. Влагосодержание в продуктах, равновесное 70%-ной относительной влажности воздуха, является нижним критическим пределом, до которого возможен рост

Концентрация растворенных веществ в среде

В природе микроорганизмы встречаются в субстратах с разнообразным содержанием растворенных веществ, а следовательно, и с различным осмотическим давлением.

Соответственно среде обитания внутриклеточное осмотическое давление у разных микроорганизмов колеблется в широких пределах. У одних, например у многих возбудителей порчи пищевых продуктов, оно составляет 5–15 атм, у других – значительно больше. Величина осмотического давления клеточного сока некоторых плесеней из рода *Aspergillus* достигает 200 атм, у почвенных бактерий – 50–80 атм. Даже у представителей одного вида, живущих в разных условиях, внутриклеточное осмотическое давление может значительно колебаться.

Нормальное развитие микроорганизма происходит лишь при определенной концентрации растворенных в субстрате веществ. Обычно внутриклеточное

Многие микроорганизмы весьма чувствительны даже к небольшому повышению концентрации среды. Если она и не превышает внутриклеточного осмотического давления, то неблагоприятным может оказаться снижение водной активности среды. В то же время при попадании микроорганизма в субстрат с ничтожно малым содержанием веществ (например, в дистиллированную воду) цитоплазма быстро переполняется водой, происходит разрыв клеточной стенки (плазмолиз) и клетка погибает.

Повышение концентрации среды выше определенного предела вызовет обезвоживание (плазмолиз) клеток, при этом поступление в них питательных веществ приостановится. В таком состоянии одни микроорганизмы могут длительно сохраняться, не теряя жизнеспособности, другие же быстро погибают. Высокие концентрации NaCl не только вызывают плазмолиз клеток, но и отрицательно влияют на их биохимическую деятельность (подавляются процесс дыхания, протеолитическая активность и др.), а также нарушают функции и структуру мембран.

Большинство бактерий не очень чувствительны к концентрации поваренной соли в пределах 0,5–2%, но 3 %-ное содержание ее в среде неблагоприятно для многих микроорганизмов. Размножение многих гнилостных бактерий подавляется при концентрации поваренной соли около 3–4%, а при 7–10% оно прекращается. (Палочковидные гнилостные бактерии менее стойки, чем кокки." Развитие некоторых возбудителей пищевых отравлений (ботулинуса, сальмонелл) приостанавливается при 6–10% соли, однако даже при 20 % многие из них долго сохраняются жизнеспособными, находясь в инактивированном состоянии.

Наряду с микробами, которые чувствительны к изменению осмотического давления в среде, имеются приспособляющиеся виды.

Некоторые плесени, дрожжи, а также бактерии, живущие обычно в условиях невысокого осмотического давления, растут и на продуктах с относительно высоким содержанием соли или сахара; их называют осмоотолерантными.

Существуют и такие микроорганизмы, которые нормально развиваются только в субстратах с высоким осмотическим давлением; их называют осмофильными.

Концентрация соли, необходимая для подавления развития микроорганизмов, меняется в зависимости от других условий среды, в частности от ее реакции (рН). Развитие дрожжей в соленых продуктах подавляется в кислой среде при содержании 14 % соли, в нейтральной – только при 20 %. Для повышения стойкости против микробной порчи при хранении и переработке различных продуктов широко используют поваренную соль и сахар. Консервирующее действие определяется в основном изменением осмотического давления и a_w продукта. Однако многие находящиеся в продуктах микроорганизмы, в том числе возбудители ряда пищевых заболеваний, не погибают, а приостанавливается лишь их активная жизнедеятельность. Поэтому к перерабатываемому сырью должны предъявляться строгие санитарно-гигиенические требования.

Порча соленых товаров (рыбы, бекона и др.) под влиянием галофильных и солеустойчивых микроорганизмов – явление нередкое. Примером может служить покраснение крепкосоленой рыбы – дефект, называемый фуксином, который вызывается беспоровой бактерией *Halobacterium salinarium*, обладающей красным пигментом. Эта галофильная бактерия заносится в продукт с солью. Соленые товары следует хранить при низких температурах, чтобы задержать развитие на них микроорганизмов.

Известны различные виды порчи (плесневение, забраживание) меда, варенья, джема, фруктовых сиропов и других сахаросодержащих продуктов за счет осмофильных плесеней и дрожжей. Порчу многих из этих продуктов, прошедших тепловую обработку, вызывают осмофильные теплоустойчивые (выдерживающие пастеризацию продуктов) дрожжи; порча может явиться и результатом вторичного инфицирования продуктов микробами извне. Чтобы это предотвратить, следует проводить розлив продукта в горячем виде в стерильную тару, герметично закрывать и хранить при пониженной температуре.

ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Температура среды – один из основных факторов, определяющих возможность и интенсивность развития микроорганизмов.

Каждый микроорганизм может развиваться лишь в определенных пределах температуры; для одних эти пределы узкие, для других – относительно широкие и исчисляются десятками градусов.

Для каждого организма различают три кардинальные точки: минимум – температура, ниже которой не происходит рост микроорганизмов, максимум – температура, выше которой рост не происходит; оптимум – наилучшая температура для роста

МИКРООРГАНИЗМОВ

По отношению к температуре микроорганизмы подразделяют на три группы: психрофилы, мезофилы и термофилы.

Психрофилы, или холодолюбивые микроорганизмы, хорошо растут при относительно низких температурах. Для них характерны: минимум в пределах от -10 до 0 °С, оптимум $10-15$ °С и максимум около 30 °С. К ним относят, например, организмы, обитающие в почве полярных стран, в северных морях, океанах, на охлажденных и замороженных продуктах.

Термофилы, или теплолюбивые микроорганизмы, лучше развиваются при относительно высоких температурах. Температурный минимум для них не ниже 30 °С, оптимум $55-65$ °С, максимум около $70-80$ °С, а для некоторых и более.

Мезофилы – микроорганизмы, для которых температурный минимум около 5–10 °С, оптимум 25–35 °С, максимум в пределах 45–50 °С. Одни мезофилы являются термоустойчивыми, т. е. способны развиваться при относительно высоких температурах (50–60 °С), а другие – холодоустойчивыми, или психротрофными, так как могут развиваться при температурах, близких к 0 °С и даже немного ниже.

Большинство наиболее распространенных в природе бактерий, грибов и дрожжей, в том числе многие возбудители заболеваний и отравлений человека, относят к мезофильным организмам.

Оптимальные и предельные температуры для микроорганизмов обычно соответствуют оптимальным и предельным температурам активности их ферментов. Установлено, что у холодоустойчивых микроорганизмов ферменты, в частности ферменты энергетического обмена, термочувствительны. У этих микроорганизмов обнаружены ферменты с температурным оптимумом около 10 °С. Ферменты термофилов термостабильны, наиболее активны при 50–60 °С, некоторые длительно не инактивируются при 80–90 °С. По сравнению с мезофилами у термофилов более термостабильны белки клеток, а в цитоплазматической мембране

Отношение микроорганизмов к высоким температурам.

Повышение температуры среды по сравнению с оптимальной сказывается на микроорганизмах более неблагоприятно, чем понижение ее. Отношение микроорганизмов к температурам, превышающим максимальную для их развития, характеризует их термоустойчивость. У разных микроорганизмов она очень различна. Гибель наступает не мгновенно, а во времени. Температуры, немного превышающие максимальную, вызывают явление «теплового шока». При недлительном пребывании в таком состоянии клетки могут реактивироваться, при длительном – наступает их отмирание. Большинство беспоровых бактерий отмирают при нагревании во влажном состоянии до 60–70 °С в течение 15–30 мин, а при нагревании до 80–100 °С – от нескольких секунд до 1–2 мин. Дрожжи и плесени погибают также довольно быстро при температуре 50–60 °С. Исключение составляют некоторые осмофильные дрожжи,

Споры большинства дрожжей и плесеней по сравнению со спорами бактерий менее устойчивы к нагреванию и погибают довольно быстро при 65–80 °С, а споры некоторых плесеней выдерживают нагревание до 100 °С. Однако не все клетки или споры даже одного вида микроорганизмов отмирают одновременно, среди них встречаются более и менее устойчивые.

Термоустойчивость одних и тех же микроорганизмов может, кроме того, изменяться в зависимости от свойств среды (рН, концентрации и др.), в которой производится нагревание.

Отмирание микроорганизмов при нагревании во влажной среде наступает вследствие происходящих необратимых изменений в клетке. Главными из них являются денатурация белков и нуклеиновых кислот клетки, а также инактивация ферментов; возможно повреждение цитоплазматической мембраны.

В пищевой промышленности широко применяют два способа воздействия высоких температур на микроорганизмы: пастеризацию и стерилизацию. Пастеризация – это нагревание продукта чаще при температуре 63–80 °С в течение 20–40 мин. Иногда пастеризацию производят кратковременным (в течение нескольких секунд) нагреванием до 90–100 °С. При пастеризации погибают не все микроорганизмы. Некоторые термоустойчивые бактерии, а также споры многих бактерий остаются живыми. В связи с этим пастеризованные продукты следует немедленно охлаждать до температуры не выше 10 °С и хранить на холоде, чтобы задержать прорастание спор и развитие сохранившихся клеток. Пастеризуют молоко, вино, пиво, икру, фруктовые соки и некоторые другие продукты.

Стерилизация – это нагревание при температурах, которые в течение определенного времени вызывают гибель всех вегетативных клеток микроорганизмов и их спор. Стерилизации подвергают различные баночные консервы (см. с. 239), многие предметы и материалы, используемые в медицинской и микробиологической практике. Процесс проводится при температурах 112–125 °С в течение 20–60 мин в специальных приборах – автоклавах (перегретым паром под давлением) или при 160–180° С в течение 1–2 ч в сушильных шкафах (сухим горячим воздухом).

Отношение микроорганизмов к низким температурам. Выше указывалось, что холодоустойчивость различных микроорганизмов колеблется в широких пределах. При температуре среды ниже оптимальной уменьшаются скорость размножения микроорганизмов и интенсивность их жизненных процессов. При температурах, близких к минимальным, значение приобретает снижение даже на 1–2 °С. В табл. 7 и 8 показано влияние низких температур на скорость развития некоторых бактерий и плесеней (по Ф. М. Чистякову, Г. Л. Носковой, З. З. Бочаровой) – возбудителей порчи продуктов.

Большинство микроорганизмов не способно развиваться при температуре ниже нуля. Так, многие гнилостные бактерии и бактерии, вызывающие пищевые отравления, являются мезофилами и не размножаются обычно при температуре ниже 4–5 °С; температурный минимум многих грибов также лежит в пределах от 3 до 5 °С.

Некоторые микроорганизмы еще более чувствительны к

Наиболее неблагоприятное действие оказывают температуры, при которых наступает замерзание среды. При неполном замерзании (помимо указанных выше причин) вымирание микроорганизмов может быть вызвано неблагоприятным действием низкой водной активности a_w и повышенного осмотического давления среды, повреждением клеток кристаллами льда, повышением концентрации солей в клетке за счет ее обезвоживания, при этом нарушается структура цитоплазмы (изменяются ее вязкость, дисперсность белково-липидных частиц и др.), нарушается избирательная проницаемость клеточных мембран вследствие изменения физико-химических свойств их ли-пидов. Со временем все это приводит к необратимым явлениям в клетке и ее гибели.

Низкие температуры широко применяют для сохранения скоропортящихся продуктов. Применяют два способа холодильного хранения: в охлажденном состоянии – при температуре от 10 до -2 °C и в замороженном виде – при

При хранении охлажденных продуктов лучше, чем при замораживании, сохраняются их натуральные свойства, однако рост на них многих микроорганизмов не исключается, а лишь замедляется. Поэтому сроки хранения охлажденных продуктов непродолжительны и зависят от температуры хранения и исходной степени обсеменения продукта психротроф-ными микроорганизмами. Чем они больше, тем меньше срок хранения.

Для удлинения сроков хранения продуктов применяют дополнительные меры воздействия на микроорганизмы, например облучение ультрафиолетовыми и гамма-излучениями, озонирование, повышение содержания в атмосфере CO_2 , создание анаэробных условий, препятствующих развитию холодоустойчивых аэробов – возбудителей порчи продуктов и др.

При хранении продуктов в охлажденном состоянии большое значение имеет относительная влажность воздуха в помещении. При ее повышении микроорганизмы развиваются быстрее. На стенах, потолках и других поверхностях холодильных камер постоянно находится то или иное количество разнообразных микроорганизмов. Попадают они в холодильник вместе с продуктами, тарой, заносятся с поступающим охлажденным воздухом, а также людьми. Обитая в холодильнике длительное время, микробы приспосабливаются к данным условиям существования и приобретают способность развиваться при более низких температурах. Поэтому холодильные камеры необходимо содержать в чистоте, регулярно дезинфицировать и поддерживать в них требуемый температурно-влажностный режим.

При замораживании продукта отмирает значительная часть находящихся в нем микроорганизмов

Замораживание не оказывает стерилизующего действия. В замороженных продуктах всегда имеются живые жизнеспособные микроорганизмы и тем больше, чем больше их содержалось на продукте перед его замораживанием.

Во время размораживания продуктов, особенно при вытекании из них сока, микроорганизмы вновь размножаются и вызывают порчу. Поэтому оттаивать замороженные пищевые продукты следует непосредственно перед употреблением.

Лучистая энергия

Воздействие на микроорганизмы различных форм лучистой энергии проявляется по-разному. В основе действия лежат те или иные химические или физические изменения, происходящие в клетках микроорганизмов и в окружающей среде. Воздействие лучистой энергии подчиняется общим законам фотохимии – изменения могут быть вызваны только поглощенными лучами. Следовательно, для эффективности облучения большое значение имеет проникающая способность лучей.

Свет. В природе микроорганизмы постоянно подвергаются воздействию солнечной радиации. Свет необходим для жизни только фотосинтезирующих микробов, использующих световую энергию в процессе ассимиляции углекислого газа. Микроорганизмы, не способные к фотосинтезу, хорошо растут в темноте. Прямые солнечные лучи губительны для микроорганизмов; даже рассеянный свет подавляет в той или иной мере их рост. Однако развитие многих плесневых грибов в темноте протекает ненормально: при постоянном отсутствии света хорошо развивается только мицелий, а спорообразование тормозится. Патогенные бактерии (за редким исключением) менее устойчивы к свету, чем сапрофитные.

Наибольшим бактерицидным действием обладают лучи с длиной волны 250–260 нм.

Эффективность воздействия УФ-лучей на микроорганизмы зависит от дозы облучения, т. е. от количества поглощенной энергии. Кроме того, имеет значение характер облучаемого субстрата: его рН, степень обсеменения микробами, а также температура.

Очень малые дозы облучения действуют даже стимулирующе на отдельные функции микроорганизмов.

Более высокие, но не приводящие к гибели дозы вызывают торможение отдельных процессов обмена, изменяют свойства микроорганизмов, вплоть до наследственных изменений. Это используется на практике для получения вариантов микроорганизмов с высокой способностью продуцировать антибиотики, ферменты и другие биологически активные вещества. Дальнейшее увеличение дозы приводит к гибели. При ■ дозе ниже смертельной возможно восстановление

Ультрафиолетовыми лучами дезинфицируют воздух холодильных камер, лечебных и производственных помещений. Обработка УФ-лучами в течение 6 ч уничтожает до 80 % бактерий и плесеней, находящихся в воздухе. Такие лучи могут быть использованы для предотвращения инфекции извне при розливе, фасовке и упаковке пищевых продуктов, лечебных препаратов, а также для обеззараживания тары, упаковочных материалов, оборудования, посуды (в предприятиях общественного питания).

В последнее время бактерицидные свойства УФ-лучей успешно применяют для дезинфекции питьевой воды. Стерилизация пищевых продуктов с помощью УФ-лучей затрудняется их низкой проникающей способностью, в связи с чем действие этих лучей проявляется только на поверхности или в очень тонком слое. Тем не менее известно, что облучение охлажденных мяса, мясопродуктов удлиняет срок их хранения **в 2–3 раза.**

Эффект действия ионизирующих излучений на микроорганизмы зависит от поглощенной дозы облучения. Очень малые дозы активизируют некоторые жизненные процессы микроорганизмов, воздействуя на их ферментные системы; они вызывают наследственные изменения свойств микробов, приводящие к появлению мутаций. С повышением дозы облучения обмен веществ нарушается значительно, наблюдаются различные патологические изменения в клетках (лучевая болезнь), которые могут привести к их отмиранию. При дозе ниже смертельной может восстановиться нормальная жизнедеятельность облученных клеток.

Различные структуры и функции клетки обладают неодинаковой чувствительностью. Чувствительны к действию ионизирующих излучений многие ферментные системы, мембранные структуры, ядерный аппарат, особенно ДНК, что отражается при облучении на функции размножения.

В связи с высокой радиоустойчивостью бактериальных спор для стерилизации пищевых продуктов требуются большие дозы – около 4–5 Мрад. Однако такие дозы вызывают нежелательные изменения свойств многих продуктов: цвета, запаха, вкуса, растительные продукты размягчаются. Поэтому разработаны дозировки γ -излучений для частичного уничтожения микроорганизмов в продуктах. Такую обработку нестерилизующими дозами называют асептической. Облучение дозами в пределах от 0,2 до 0,6 Мрад, не ухудшая качества продуктов, в сотни раз снижает их обсемененность микроорганизмами и значительно удлиняет срок хранения, особенно при сочетании с холодом (см. гл. 7, «Микробиология мяса и рыбы»).

На эффективность облучения большое влияние оказывает первоначальная обсемененность продукта микроорганизмами. Чем она больше, тем ниже действие принятой дозы ионизирующей радиации.

В радиурезированных продуктах, как показали гигиенические исследования и эксперименты на животных, их токсическое дей-

Гибель микроорганизмов в электромагнитном поле высокой интенсивности наступает в результате теплового эффекта, но полностью механизм действия СВЧ-энергии на микроорганизмы не раскрыт. Некоторые исследователи считают, что существует специфическое воздействие электромагнитных волн. Установлено, что СВЧ-поля малой интенсивности, не вызывающей нагревания среды, оказывают влияние на некоторые физиологические и биохимические свойства микробных клеток. Приводятся данные по гибели некоторых бактерий и дрожжей в СВЧ-поле при 35–40 °С (А. И. Педенко и др.).

Благодаря специфическим особенностям этого способа нагревания перспективно применение его для пастеризации и стерилизации пищевых продуктов, в частности для плодово-ягодных консервов (компотов, джемов, фруктовых соков и пр.). По сравнению с обычной паровой стерилизацией в автоклавах плоды и ягоды благодаря значительному сокращению срока нагревания (1–3 мин) до температуры 90–100 °С гораздо лучше сохраняют свои

По сравнению с традиционным способом тепловой обработки время нагревания СВЧ-энергией до одной и той же температуры сокращается во много раз, в связи с чем полнее сохраняются вкусовые и питательные свойства продукта, а эффект воздействия на его микрофлору практически одинаков. Остаточной микрофлоры не более, чем в продукте, обработанном при той же температуре традиционным способом: в составе ее преобладают спороносные бактерии и микрококки. Для каждого вида продукта требуются оптимальные режимы СВЧ-нагрева, так как микрофлора по составу может быть значительно различной, а чувствительность разных

УЗ-волны могут распространяться в твердых, жидких и газообразных средах. Они обладают большой механической энергией и вызывают ряд физических, химических и биологических явлений. С помощью УЗ можно вызвать распад высокомолекулярных соединений, коагуляцию белков, инактивацию ферментов и токсинов, разрушать полностью или частично многоклеточные и одноклеточные организмы, в том числе микроорганизмы. Эффективность действия зависит от природы организмов, интенсивности УЗ-энергии¹ и частоты колебаний.

Губительно действует на микроорганизмы УЗ только определенной мощности, ниже которой даже длительное их действие не приводит к летальному (смертельному) эффекту. Происходят лишь те или иные морфологические и физиологические изменения свойств микроорганизмов. УЗ малой мощности ускоряют некоторые физиологические процессы, повышают ферментативную активность, вызывают механическое разделение скоплений клеток; сарцины и стрептококки распадаются при этом на отдельные жизнеспособные клетки. Бактерицидное действие ультразвука начинает проявляться при интенсивности 1,0–0,5 Вт/см² и частоте колебаний порядка десятков килогерц.

Природа бактерицидного действия ультразвука в полной мере еще не раскрыта. Основной причиной является, по-видимому, кавитационный¹ эффект. При распространении в жидкости УЗ-волн происходит быстро чередующееся разрежение и сжатие частиц жидкости. При разрежении в среде образуются мельчайшие полые пространства – «пузырьки», заполняющиеся парами окружающей жидкости и газами. При сжатии, в момент захлопывания кавитационных «пузырьков», возникает мощная гидравлическая ударная волна, вызывающая разрушительное действие.

Гибель микроорганизмов зависит, очевидно, не только от механического, но и от электрохимического действия УЗ-энергии. В водной среде происходит ионизация молекул воды и активация растворенного в ней кислорода. При этом образуются вещества, обладающие большой реакционной способностью, которые и обуславливают ряд химических процессов, неблагоприятно действующих на живые

ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Химический состав среды является одним из главных факторов развития микроорганизмов, так как должен удовлетворять потребность микробов в питательных и энергетических веществах. Кроме того, он определяет реакцию (pH) среды и ее окислительно-восстановительные условия. Среди химических веществ могут находиться такие, которые способны задерживать развитие микроорганизмов или даже вызывать их гибель.

Жизнедеятельность каждого вида микроорганизмов возможна при прочих благоприятных условиях, лишь в более или менее определенных границах рН среды, выше и ниже которых она угнетается. Для большинства плесневых грибов и дрожжей наиболее благоприятна слабокислая среда с рН 5–6. Большинство бактерий лучше растет в зоне рН 6,8–7,3, т. е. в нейтральной или слабощелочной среде. За небольшим исключением, они не развиваются при рН ниже 4,0 и выше 9,0, но многие длительно сохраняются живыми. Плесени могут развиваться в более широком диапазоне – при рН от 1,2 до 11,0. Споры грибов прорастают в более узком интервале рН по сравнению с развитием мицелия. Для отдельных представителей

Губительное действие на микроорганизмы некоторых органических кислот (например, уксусной, бензойной, масляной) может быть обусловлено не только неблагоприятной концентрацией водородных ионов, но и токсичностью недиссоциированных молекул кислот. Установлено, например, что уксусная кислота в количестве 0,5–2 % оказывает бактерицидное действие.

Молочнокислый стрептококк прекращает размножаться в субстрате, содержащем молочную кислоту, при рН 4,7–4,4, а в присутствии уксусной – при рН 5,1–4,8.

Неодинаковое отношение микроорганизмов к реакции среды является одной из причин наблюдаемой в природных условиях смены одних форм микроорганизмов другими. Зная отношение различных микроорганизмов к реакции среды и регулируя рН, можно подавлять или стимулировать их развитие, что имеет большое практическое значение.

Так, неблагоприятное действие кислой среды на гнилостные бактерии положено в основу хранения некоторых пищевых продуктов в маринованном и квашеном виде. В первом случае к продукту добавляют небольшое количество уксусной кислоты, во втором – дают возможность развиваться молочнокислым

99

бактериям, которые образуют кислоту, и этим препятствуют развитию гнилостных бактерий. Однако квашеные продукты и маринады не отличаются большой стойкостью при хранении, так как органические кислоты (молочная, уксусная) могут быть использованы многими плесенями и дрожжами. В результате этого кислотность среды быстро падает и снова создаются условия, благоприятные для развития гнилостных бактерий. Чтобы задержать рост микробов – потребителей кислот, маринованные и квашеные продукты следует пастеризовать и хранить при пониженных температурах.

Окислительно-восстановительные условия среды

Микроорганизмы различаются, как отмечалось ранее, потребностью в условиях аэрации среды. Степень ее аэробности может быть количественно охарактеризована величиной окислительно-восстановительного потенциала (Eh), который определяется обычными потенциометрическими методами. Величину Eh, выражают в вольтах. Окислительно-восстановительные условия в среде

обозначают

которое
$$rH_2 = \frac{E_h}{0,03} + 2pH \text{ (при } 20 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

В среде, окислительные свойства которой соответствуют насыщению ее кислородом, p_{H_2} равен 41. В среде с высокими восстановительными условиями, соответствующими насыщению среды водородом, p_{H_2} равен 0. При равновесии окислительных и восстановительных процессов в среде p_{H_2} равен 28. Если p_{H_2} ниже 28, то это указывает на большую или меньшую восстановительную способность среды, а если выше 28 – на ее окислительную способность.

Облигатные анаэробы живут при p_{H_2} не выше 12–14, но размножаются они лишь при низких значениях p_{H_2} – не выше 3–5. Факультативные анаэробы развиваются при p_{H_2} среды от 0 до 20–30. Для аэробов нижний предел p_{H_2} около 12–15, а значение p_{H_2} выше 30 неблагоприятно и для них.

Окислительно-восстановительный потенциал среды влияет не только на рост и размножение аэробных и анаэробных микроорганизмов, но и на их обмен веществ.

Регулируя окислительно-восстановительные условия среды, можно затормозить или вызвать активное развитие той или иной группы микроорганизмов. Возможно, например, вызвать рост анаэробов в присутствии воздуха путем добавления редуцирующих веществ (например, аскорбиновой кислоты), снижающих окислительно-восстановительный потенциал среды.

¹Показатель p_{H_2} представляет собой отрицательный логарифм давления молекулярного водорода в среде (в атм), взятый с обратным знаком.

100

И наоборот, можно культивировать аэробов в анаэробных условиях, повысив p_{H_2} среды, вводя

Химические вещества

Многие химические вещества действуют губительно на микроорганизмы. Такие вещества называют антисептиками. Их действие на микроорганизмы зависит от концентрации и продолжительности воздействия, а также от pH среды и температуры. В очень малых дозах антисептики оказывают даже благоприятное действие, стимулируя размножение или биохимическую активность микробов. С повышением концентрации антисептиков подавляется развитие микробов, а затем они быстро отмирают.

Ионы некоторых тяжелых металлов – золота, меди, и особенно серебра, присутствуя в растворах в ничтожно малых концентрациях, не поддающихся непосредственному определению, оказывают тем не менее губительное действие на микроорганизмы. Это специфическое действие называется олигодинамическим (oligos– малый, dynamys– сила). Доказано, что в воде, находящейся в контакте с металлическим серебром, в которой не обнаруживаются обычным методом даже следы растворившегося металла, микроорганизмы, однако, погибают. Объясняется это тем, что ионы серебра адсорбируются на поверхности клетки и изменяют свойства и функции цитоплазматической мембраны. Олигодинамические свойства серебра можно использовать для дезинфекции питьевой воды. Различные препараты серебра и посеребренные материалы применяют в медицине.

Некоторые органические соединения также являются ядами для микробов, например формалин, фенолы.

Вегетативные

клетки многих бактерий довольно быстро погибают в 2–5 % - ном растворе карболовой кислоты, в то время как споры некоторых бактерий в 5 %-ном растворе сохраняют жизнеспособность в течение двух недель и дольше. В

различной степени губительно действуют на микроорганизмы спирты, некоторые органические кислоты, например салициловая, масляная, уксусная, бензойная, сорбиновая. Неблагоприятное воздействие этих кислот связано не со снижением рН среды, а с проникновением в клетку недиссоциированных молекул этих кислот.

Бактерицидным действием обладают также эфирные масла, дубильные вещества, многие красители (генцианвиолет, бриллиантовая зелень, фуксин).

Применение антисептиков для консервирования пищевых продуктов ограничено. Доза антисептика должна быть достаточной, чтобы обеспечить надлежащее консервирующее действие, но безвредной для человека и не влиять отрицательно на продукт. В СССР к использованию допущены немногие химические консерванты в малых дозах (от сотых до одной-двух десятых процента) и только для некоторых пищевых продуктов. Для обработки свежих плодов, овощей, плодово-ягодных полуфабрикатов применяется сернистый ангидрид (SO_2), сернистая кислота и ее соли. Соли сернистой кислоты (бисульфит калия и натрия, метабисульфит калия и др.) в виде гранул, таблеток закладывают в сохраняемую массу продукта (плодов, овощей) или в упаковочный материал. Консервирующим началом является SO_2 , выделяющийся из антисептика постепенно.

Для консервирования полуфабрикатов из плодово-ягодного сырья, рыбных консервов, кетовой икры используют

В последние годы в СССР и за рубежом в качестве консерванта многих пищевых продуктов (безалкогольных и алкогольных напитков, полуфабрикатов, маринадов, кулинарных изделий) все более широко применяют сорбиновую кислоту и ее соли. Эта кислота менее токсична, чем бензойная и сернистая, но более активно воздействует на микроорганизмы. В небольших количествах она находится в ягодах рябины. В дозах, допускаемых для консервирования пищевых продуктов (0,03– 0,1 %), она безвредна для людей, не придает продукту посторонних привкусов и запахов, но длительно задерживает рост плесеней, дрожжей и некоторых бактерий (группы кишечной палочки, сальмонелл). Однако на рост многих бактерий (например, молочнокислых, уксуснокислых) сорбиновая кислота в указанных концентрациях заметного действия не оказывает. Особенно эффективно ее действие в кислой среде (рН 3–4,5), когда сорбиновая кислота находится в

Развитие многих плесеней – возбудителей порчи продуктов – значительно тормозится при концентрации углекислого газа около 20 %, а при 40–50 % они совсем не растут (В. С. Загорянский). Бактерии, как установлено Ф. М. Чистяковым, более устойчивы. Заметное угнетающее действие на многие гнилостные формы проявляется лишь при содержании углекислого газа около 40–50 %, а некоторые анаэробные спорообразующие бактерии развиваются даже при концентрации 60–80 % и более. Такое высокое содержание в атмосфере углекислого газа ухудшает качество некоторых продуктов. Наиболее целесообразно применять углекислый газ в сочетании с охлаждением продуктов. Сроки хранения мяса, птицы, колбас и других продуктов при температуре

На принципе антисептики основано копчение мясных и рыбных продуктов. При копчении продукты пропитываются летучими антисептическими веществами дыма или аналогичными антисептиками коптильной жидкости, которую применяют вместо дыма. Исследования (В. И. Курков, Ингрэм и др.) показали, что из компонентов коптильного дыма наибольшим бактерицидным и фунгицидным действием обладают формальдегид фенолы и органические кислоты. Однако на микрофлору продукта оказывают влияние и другие факторы. При холодном копчении – некоторое обезвоживание продукта (при сушке) и повышенное содержание соли, при горячем

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

В естественных условиях обитания, в том числе на пищевых продуктах, совместно развиваются различные микроорганизмы. Взаимоотношения, устанавливающиеся между ними, могут быть многообразными. В одних случаях совместная жизнь двух или нескольких видов приводит к взаимной пользе и совместно они развиваются даже лучше, чем каждый в отдельности. Такой тип взаимоотношений называется симбиозом. Между симбионтами происходит частичный обмен продуктами жизнедеятельности.

Примером симбиоза может служить совместное развитие молочнокислых бактерий и дрожжей. Молочнокислые бактерии, продуцируя молочную кислоту, создают условия, благоприятные для роста дрожжей, а продукты жизнедеятельности дрожжей (например, витамины) используются молочнокислыми бактериями. Дрожжи, кроме того, потребляют кислоту, а снижение кислотности среды благоприятствует росту молочнокислых бактерий.

Симбиотические взаимоотношения этих микроорганизмов

Между микроорганизмами очень распространены взаимоотношения, когда жизнедеятельность одних микробов способствует развитию других или когда один живет за счет продуктов жизнедеятельности другого, не причиняя ему вреда. Этот тип взаимоотношений называют метабиозом. Например, микроорганизмы, расщепляющие белки на более простые соединения, создают возможность для развития других микроорганизмов, которые сами не могут разлагать белок и усваивают только продукты его распада. Совместным действием различных микроорганизмов обусловлена последовательность превращений одних веществ в другие, что постоянно наблюдается в природе, а также в пищевых продуктах при их микробной порче. Дрожжи, например, развиваясь в сахаристых субстратах, превращают сахар в этиловый спирт. В среде, содержащей спирт, могут развиваться уксуснокислые бактерии, окисляющие спирт в уксусную кислоту, а уксусная кислота в свою очередь

Молочнокислые бактерии, например, являются антагонистами гнилостных бактерий, так как продукт энергетического обмена первых – молочная кислота – тормозит развитие вторых. Антагонистические взаимоотношения между этими группами микроорганизмов используют при переработке ряда пищевых продуктов (при квашении овощей, изготовлении кисломолочных продуктов и др.).

Идея использования антагонизма между молочнокислыми и гнилостными бактериями принадлежит И. И. Мечникову.

Антибиотики. Фитонциды

Характер действия антибиотических веществ также разнообразен. Одни из них подавляют жизнедеятельность или задерживают размножение чувствительных к ним микробов; такое действие называют бактериостатическим (в отношении бактерий) или фунгистатическим (в отношении плесневых грибов). Другие антибиотики вызывают гибель микроорганизмов, оказывая на них бактерицидное или соответственно фунгицидное действие. Некоторые антибиотики не только вызывают гибель, но и растворяют–лизируют–микробные клетки. В связи с различием химической природы и избирательностью действия антибиотиков механизм повреждения ими микробных клеток разнообразен; полностью он еще не изучен. Некоторые антибиотики нарушают генетический аппарат клетки и другие клеточные структуры, подавляют синтез белков

Используют антибиотики в сельском хозяйстве для борьбы с возбудителями заболеваний растений. Применяют их также в качестве стимуляторов роста растений и животных. Добавление небольших количеств, например, пенициллина, биомицина к пищевому рациону молодняка птиц и домашних животных способствует ускорению их роста и снижению заболеваемости. Многими исследователями показана эффективность применения антибиотиков для задержки микробной порчи скоропортящихся пищевых продуктов, особенно в сочетании с холодом.

Разрешается использование лишь некоторых антибиотиков (нистатина и биомицина) и только в ограниченных случаях (например, при транспортировании на дальние расстояния) для сырых продуктов (мясо, рыба), которые в последующем сохраняются на холоде. Допустимое содержание антибиотиков в продукте строго регламентируется, и требуется полное разрушение его в процессе обычной тепловой кулинарной обработки.

Для консервирования пищевых продуктов целесообразнее иметь специальные антибиотики, не применяемые в медицине. Таким является, например, вырабатываемый некоторыми молочнокислыми стрептококками антибиотик низин. Он является ингибитором роста стафилококков, многих стрептококков и анаэробных термостойких споровых бактерий – возбудителей порчи консервов и презервов.

Антибиотические вещества вырабатываются не только микроорганизмами, но также растениями и животными. Антибиотические вещества растительного происхождения были открыты Б. П. Токиным (1928 г.) и названы фитонцидами (от греч. «фитон» – растение). Б. П. Токин обнаружил, что летучие вещества, выделяемые некоторыми растениями, а также их тканевые соки вызывают гибель инфузорий, бактерий, дрожжей, плесеней. Фитонциды широко распространены в мире растений. Они обнаружены в разных органах большинства культурных и дикорастущих растений и играют немалую роль во взаимовлиянии их в природных условиях. Фитонциды являются одним из факторов естественной сопротивляемости растений к поражению их микробами. Действие фитонцидов на микроорганизмы избирательно: сок того или иного растения губителен для одних микробов и безвреден для других. Химическая природа фитонцидов разнообразна. Антимикробным действием обладают многие вещества, находящиеся в растениях: эфирные масла, гли-козиды, антоцианы, дубильные вещества и многие другие

Антимикробными свойствами обладают многие употребляемые в пищу овощи, пряности. Из чеснока и некоторых сортов репчатого лука выделен аллицин, из репы и редьки – рапин, из томатов – томатин. Эти вещества активны в отношении различных бактерий (рис. 27).

Лечебные свойства различных растений известны издавна. Многие так называемые лекарственные растения применяют в медицине в качестве профилактических и лечебных средств. ■ . Антимикробные вещества некоторых растений выделены в виде препаратов и используются в медицинской практике, а также в сельском хозяйстве для борьбы с болезнями растений, стимуляции их роста, повышения, урожайности.

Ведутся исследования по использованию фитонцидов (в виде препаратов или измельченной растительной массы) в практике хранения пищевых продуктов. Так, пересыпка в хранилище клубней картофеля измельченной растительной массой (полыню, коноплей, чешуями луковиц репчатого лука, хвоей пихты и др.) снижает поражение клубней фомозом и сухой гнилью

Применяемые на практике и разрабатываемые новые приемы хранения продуктов

1. Методы хранения, основанные на принципе биоза (биоз – жизнь), направлены на поддержание жизненных процессов на сниженном уровне, но с сохранением естественного иммунитета. На этом принципе основано хранение плодов и овощей в свежем виде, а также хранение живой рыбы.

2. Методы хранения, основанные на принципе а б и о з а (абиоз – отсутствие жизни), направлены на уничтожение микробов в продукте. К ним относят использование высоких температур (пастеризацию и стерилизацию), добавление антисептиков, облучение различными формами лучистой энергии, применение антибиотиков, обработку ультразвуком.

3. Методы хранения, основанные на принципе анабиоза (анабиоз – подавление жизни), направлены на приостановление жизнедеятельности микробов в продуктах. При этом создают такие условия, при которых микроорганизмы могут сохраняться живыми, но не жизнедеятельными. К ним относят использование низких температур (охлаждение и замораживание), удаление воды из продукта ниже предела, необходимого для развития микробов (сушка, вяление), добавление к продукту веществ (соли, сахара), создающих высокое осмотическое давление, повышение кислотности продукта путем добавления уксусной кислоты (маринование), создание анаэробных условий, предотвращающих развитие наиболее активных возбудителей порчи – аэробных микроорганизмов (хранение продуктов в газонепроницаемом упаковочном материале, в вакуумной упаковке, в атмосфере азота).

4. Методы хранения, основанные на принципе ценоанабиоза, направлены на использование антагонистических взаимоотношений между микроорганизмами, входящими в состав микрофлоры продукта. При этом вызывают развитие микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности хотя и изменяют свойства продукта, но не только не портят, а даже¹ улучшают его пищевые и вкусовые достоинства. В то же время продукты жизнедеятельности этих микроорганизмов подавляют развитие микробов – возбудителей порчи. На этом принципе основано квашение овощей и плодов, производство кисломолочных продуктов.

Эффективность всех мероприятий, направленных на предупреждение порчи пищевых продуктов, во многом зависит от соблюдения общих санитарно-гигиенических требований и выполнения установленного режима хранения.