

Пищевая микробиология 7
ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ

Гнилостные процессы

В метаболизме микроорганизмов азотсодержащие вещества подвергаются разнообразным превращениям. По случайно поверхностному сходству разные виды порчи пищевых продуктов нередко называют гниением. Однако гниение – это процесс глубокого разложения белковых веществ микроорганизмами.

Способность разлагать в той или иной степени белковые вещества свойственна многим микроорганизмам.

Некоторые из них разлагают непосредственно белки, другие могут воздействовать только на более или менее простые продукты распада белковой молекулы, например на пептиды, аминокислоты и др.

Продукты разложения белков микробы используют для синтеза веществ своего организма, а также в качестве энергетического материала.

Химизм разложения белковых веществ. Гниение – сложный, многоступенчатый биохимический процесс, характер и конечный результат которого зависят от состава разлагаемых белков, условий процесса и видов вызывающих его микроорганизмов.

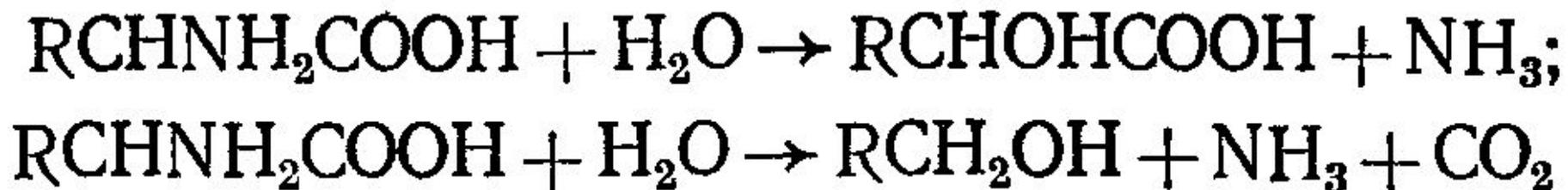
Белковые вещества не могут непосредственно поступать в клетки микроорганизмов, поэтому использовать белки могут только те микроорганизмы, которые обладают протеолитическими ферментами – экзопротеазами, выделяемыми клетками в окружающую среду.

Процесс распада белков начинается с их гидролиза.

Первичными продуктами гидролиза являются пептоны и пептиды. Они расщепляются до аминокислот, которые являются конечными продуктами гидролиза.

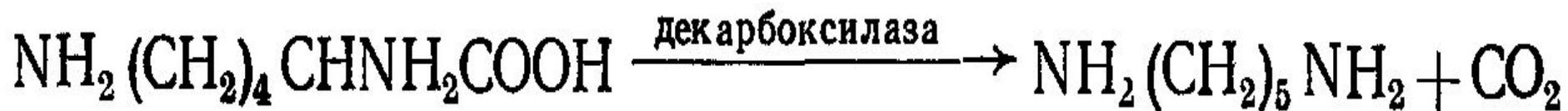
Образующиеся в процессе распада белков различные аминокислоты используются микроорганизмами или подвергаются ими дальнейшим изменениям, например дезаминированию, в результате чего образуются аммиак и разнообразные органические соединения. Процесс дезаминирования может происходить различными путями. Различают дезаминирование гидролитическое, окислительное и восстановительное.

Гидролитическое дезаминирование сопровождается образованием оксикислот и аммиака. Если при этом происходит и декарбоксилирование аминокислоты, то образуются спирт, аммиак и углекислый газ:



Из приведенных уравнений видно, что среди продуктов разложения аминокислот в зависимости от строения их радикала (R) обнаруживаются различные органические кислоты и спирты. Так, при разложении аминокислот жирного ряда могут накапливаться муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и другие кислоты, пропиловый, бутиловый, амиловый и другие спирты. При разложении аминокислот ароматического ряда промежуточными продуктами являются характерные продукты гниения: фенол, крезол, скатол, индол – вещества, обладающие очень неприятным запахом. При распаде аминокислот, содержащих серу, получается сероводород или его производные – меркаптаны (например, метилмеркаптан CH_3SH). Меркаптаны обладают запахом тухлых яиц, который ощущается даже при ничтожно малых концентрациях.

Образующиеся при гидролизе белка диаминокислоты могут подвергаться декарбоксилированию без отщепления аммиака, в результате чего получают диамины и углекислый газ. Например, лизин превращается



Кадаверин, путресцин и другие амины, образующиеся при гниении, часто объединяют под общим названием птомаины (трупные яды), некоторые из них обладают ядовитыми свойствами.

Дальнейшее превращение азотистых и безазотистых органических соединений, получающихся при распаде различных аминокислот, зависит от окружающих условий и состава микрофлоры. Аэробные микроорганизмы подвергают эти соединения окислению, так что они могут быть полностью минерализованы. В таком случае конечными продуктами гниения являются аммиак, углекислый газ, вода, сероводород, соли фосфорной кислоты. В анаэробных условиях не происходит полного окисления промежуточных продуктов распада аминокислот. В связи с этим кроме аммиака и углекислого газа накапливаются различные органические кислоты, спирты, амины и другие органические соединения, в числе которых могут быть вещества, обладающие ядовитыми свойствами, и вещества, придающие гниющему материалу отвратительный запах.

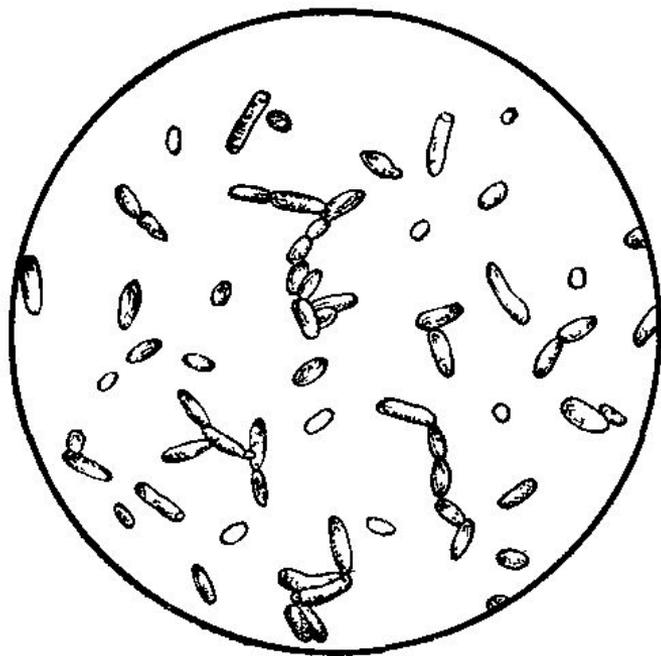
Возбудители гниения. Среди множества микроорганизмов, способных в той или иной мере разлагать белки, особое значение имеют микроорганизмы, которые вызывают глубокий распад белков – собственно гниение. Такие микроорганизмы принято называть гнилостными. Из них наибольшее значение имеют бактерии. Гнилостные бактерии могут быть спорообразующими и бесспорными, аэробными и анаэробными. Многие из них мезофилы, но есть холодоустойчивые и термостойкие. Большинство чувствительно к кислотности среды.

Наиболее распространенными и активными возбудителями гнилостных процессов являются следующие.

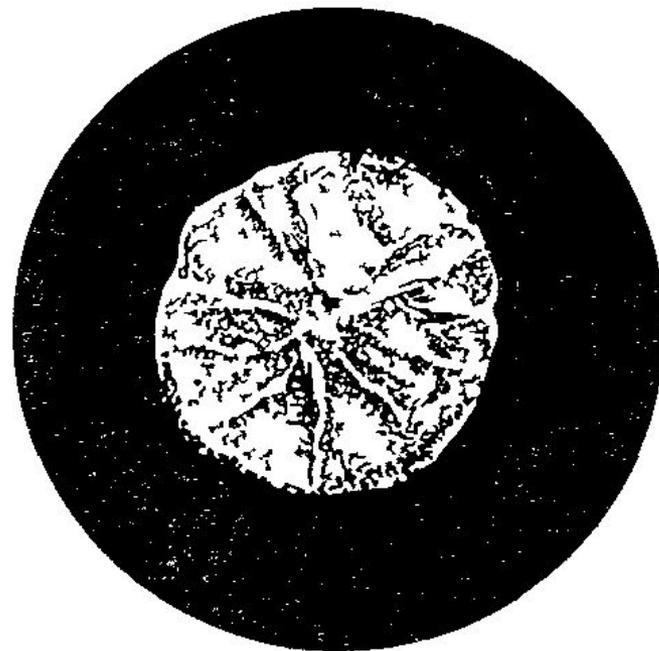
Сенная и картофельная палочки¹ – аэробные, подвижные, грамположительные, спорообразующие бактерии

Рис. 32. *Bac. subtilis*:

а – палочки и овальные споры; б – колония



а



б

Споры их отличаются высокой термоустойчивостью. Температурный оптимум развития этих бактерий 35–45 °С, максимум роста – при температуре около 50–55 °С; при температуре ниже 5 °С они не размножаются. Помимо разложения белков, такие бактерии способны разлагать пектиновые вещества, полисахариды растительных тканей, сбраживать углеводы. Сенная и картофельная палочки широко распространены в природе и являются возбудителями порчи многих пищевых продуктов. Они вырабатывают антибиотические вещества, подавляющие рост многих болезнетворных и сапрофитных бактерий. Бактерии рода *Pseudomonas* – аэробные подвижные палочки, с полярным жгутиком, не образующие спор, грамотрицательные (рис. 33,а). Многие виды холодоустойчивы, минимальная температура их роста от –2 до –5 °С, оптимум – около 20 °С. Многие псевдомонасы помимо протеолитической обладают липолитической активностью; они способны сбраживать углеводы с образованием кислот,

В соответствии с Международным кодексом номенклатуры бактерий сенная и картофельная палочки рассматриваются как синонимы одного вида—*Bacillus subtilis*.

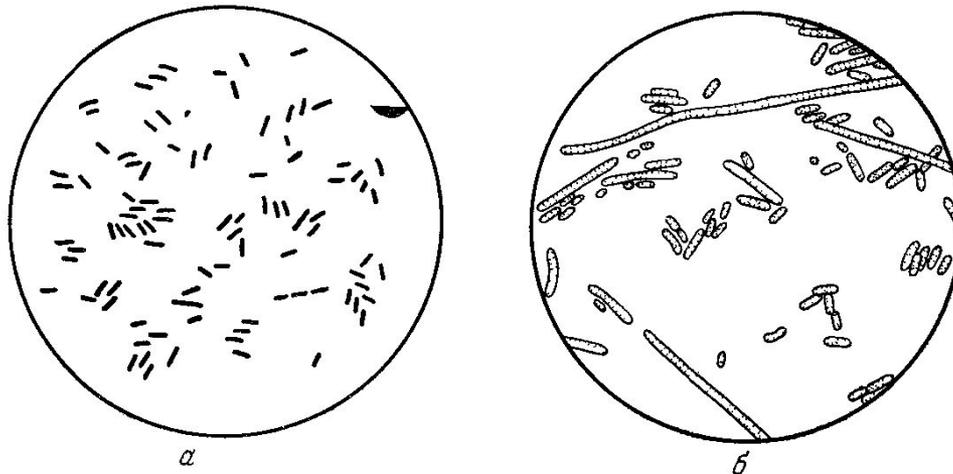
и биохимическая активность этих бактерий значительно тормозятся при рН ниже 5,5 и 5–6%-ной концентрации NaCl в среде. Псевдомонасы широко распространены в природе, являются антагонистами ряда бактерий и плесеней, так как образуют антибиотические вещества. Некоторые виды *Pseudomonas* являются возбудителями болезней (бактериозов) культурных растений, плодов и овощей.

Рис. 33. а – Pseudomonas; б – Proteus vulgaris

Протей – факультативный анаэроб; сбраживает углеводы с образованием кислот и газов. Он хорошо развивается как при температуре 25 °С, так и при 37 °С, прекращая размножаться лишь при температуре около 5 °С, однако может сохраняться и в замороженных продуктах.

Характерной особенностью протея является его очень энергетичная подвижность. Это свойство лежит в основе метода выявления протея на пищевых продуктах и отделения его от сопутствующих бактерий.

Некоторые виды протея выделяют токсические для человека вещества



Clostridium putrificum (рис. 34,а) – анаэробная подвижная, спорообразующая палочка. Относительно крупные споры ее располагаются ближе к концу клетки, которая при этом приобретает сходство с барабанной палочкой. Споры довольно термоустойчивы. Углеводы эта бактерия не сбраживает. Белки разлагают с образованием большого количества газов (NH_3 , H_2S). Оптимальная температура развития 37–43 °С, минимальная 5 °С.

Clostridium sporogertes (рис. 34,б) – анаэробная подвижная спороносная палочка. Споры термоустойчивы, в клетке они расположены ближе к ее концу. Характерным является очень быстрое (в течение первых суток роста) образование спор. Эта бактерия сбраживает углеводы с образованием кислот и газа, обладает липолитической способностью. При разложении белков обильно выделяется сероводород. Оптимальная температура развития 35–40 °С, минимальная – около 5 °С.

Оба вида клостридий известны как возбудители порчи

Рис. 34.

а – *Clostridium putrificum*; б – *Clostridium sporogenes*



Практическое значение процессов гниения. Гнилостные микроорганизмы наносят нередко большой ущерб народному хозяйству, вызывая порчу ценнейших и богатых белками продуктов питания, например мяса и мясопродуктов, рыбы и рыбопродуктов, яиц, молока и др. Но эти микроорганизмы играют большую положительную роль в круговороте веществ в природе, минерализуя белковые вещества, попадающие в почву, воду.

Денитрификация

Процесс восстановления нитратов до молекулярного азота называется денитрификацией, а бактерии, осуществляющие его, – денитрифицирующими бактериями.

Денитрифицирующие бактерии – факультативные анаэробы. В аэробных условиях в процессе их дыхания конечным акцептором водорода является кислород. В анаэробных условиях в качестве акцептора водорода используются нитраты (некоторые используют нитриты), которые и восстанавливаются до молекулярного азота. Многие микроорганизмы восстанавливают нитраты только до нитритов.

Денитрифицирующие бактерии широко распространены в природе. Они живут в почве, природных водах.

Деятельность денитрифицирующих бактерий в почве отрицательна, особенно при анаэробных условиях, так как азот нитратов, усваиваемый растениями, переходит в неиспользуемый ими свободный азот.

Фиксация молекулярного азота

Некоторые бактерии способны фиксировать свободный атмосферный азот, т. е. переводить его в связанное состояние. Они восстанавливают азот до аммиака; часть его используется самими микроорганизмами, а часть выделяется в окружающую среду.

Одни азотфиксирующие (азотусваивающие) бактерии живут свободно в почве и в воде; другие – в симбиотическом сожительстве с растениями, преимущественно бобовыми. Бактерии поселяются в бородавчатых вздутиях – клубеньках корней этих растений. Отсюда произошло и название этих бактерий – клубеньковые. Необходимую для фиксации азота энергию они получают в процессе окисления безазотистых органических соединений.

Среди свободно живущих азотфиксирующих бактерий наибольшее значение имеют следующие:

аэробные бактерии рода азотобактер (*Azotobacter*) – слегка приплюснутые кокки, часто объединенные попарно, имеющие слизистую капсулу;

анаэробные бактерии, открытые С. Н. Виноградским, *Clostridiumpaste-urianum* – подвижные спорообразующие палочки, способные сбраживать углеводы по типу маслянокислого брожения, которое и служит этим бактериям источником энергии для связывания молекулярного азота.

Азотфиксирующие бактерии имеют большое значение. В результате их деятельности почва обогащается доступной для растений формой азотистого питания.

В практике сельского хозяйства в качестве бактериального удобрения используют препараты азотфиксирующих бактерий – азотобактерин (из культур азотобактера) и нитрагин (из культур клубеньковых бактерий).