

## Лекция. Микробный аэрозоль и его влияние на человека. 25 марта

- 1. Микробный аэрозоль, его фазы.**
- 2. Опасность микробного аэрозоля для человека (фактор передачи ряда инфекционных заболеваний, причина развития аллергических реакций и микробных интоксикаций).**
- 3. Микробный аэрозоль как причина нарушения технологического процесса.**

Микрофлора атмосферного воздуха представлена в основном сапрофитными кокками, споровыми бактериями, грибами и плесенями. В воздухе закрытых помещений накапливаются микроорганизмы, выделяемые людьми через дыхательные пути (стрептококки, стафилококки и др.). Чем больше скученность людей в помещении, тем выше его общая обсемененность микроорганизмами и особенно стрептококками. В воздухе нежилых помещений стрептококки отсутствуют.

Загрязненность воздуха микроорганизмами имеет большое эпидемиологическое значение, так как через воздух (аэрогенно) могут передаваться от больного к здоровому человеку возбудители многих инфекционных заболеваний - натуральной и ветряной оспы, чумы, сибирской язвы, туляремии, туберкулеза, коклюша, дифтерии, кори, скарлатины, эпидемического паротита, гриппа, пневмонии, менингита и др.

Основы учения об инфекциях, передаваемых воздушным путем, были заложены русским гигиенистом П. Н. Лащенковым, который заведовал кафедрой гигиены Томского Императорского университета с 1905 по 1925 г. В 1897 г. он экспериментально доказал, что передача инфекции через воздух может произойти двумя путями:

- 1) капельным - при вдыхании мельчайших капелек слюны, мокроты, слизи, выделяемых больными или бациллоносителями, во время разговора, при кашле, чихании;
- 2) пылевым - через взвешенную в воздухе пыль, содержащую патогенные микроорганизмы.

Некоторые микроорганизмы, поступающие с воздухом в дыхательные пути, обладают способностью сенсibilизировать организм человека, причем даже погибшие микроорганизмы представляют опасность как аллергены. Описаны случаи развития аллергических реакций при поступлении в дыхательные пути бактерий-сапрофитов, в частности *Vac. Prodegiosum*, грибов *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* и др. Такие микроорганизмы, как сарцина и псевдодифтерийная палочка, также являются аллергенами.

### **1. Микробный аэрозоль, его фазы и их эпидемиологическое значение.**

Микроорганизмы находятся в воздухе в виде микробного аэрозоля. **Аэрозоль** - это система, состоящая из жидких или твердых частиц

(дисперсной фазы), взвешенных в газообразной (дисперсионной) среде. В микробном аэрозоле дисперсной фазой являются капельки жидкости или твердые частицы, содержащие микроорганизмы, а дисперсионной средой - воздух.

В частности, микробный аэрозоль образуется при дыхании человека, особенно при форсированном выдохе - кашле, чихании, пении, громком разговоре. Установлено, что во время чихания образуется до 40 тысяч мелких капелек, содержащих микроорганизмы.

Различают три фазы микробного аэрозоля:

- 1) крупноядерную жидкую фазу с диаметром капель более 100 мкм;
- 2) мелкоядерную жидкую фазу с диаметром капель менее 100 мкм;
- 3) фазу бактериальной пыли с размером частиц в пределах от 1 до 100 мкм.

Капли крупноядерной фазы под действием силы тяжести быстро оседают, поэтому дальность их распространения невелика, а длительность пребывания в воздухе измеряется секундами.

Капли мелкоядерной фазы длительно удерживаются в воздухе помещений и легко перемещаются с вертикальными и горизонтальными потоками воздуха; они высыхают прежде, чем успеют осесть. Остатки этих капель, так называемые капельные ядрышки, внутри которых могут находиться патогенные микроорганизмы, длительное время витают в воздухе.

Капли микробного аэрозоля независимо от их размера в дальнейшем оседают на окружающих предметах, подсыхают и превращаются в так называемую бактериальную пыль, которая легко увлекается потоками воздуха, особенно при движении людей в помещениях, при уборке, перестилании постелей и др. При влажной уборке число бактерий в воздухе повышается на 50-75 %, при сухой - на 400-500 %. Образование бактериальной пыли может происходить после высыхания мокроты, слюны, слизи, гнойного отделяемого, испражнений и других выделений больных. Наличие в помещении пыли, доступной для непосредственного обсеменения ее капельками бактериального аэрозоля, способствует образованию подвижной бактериальной пыли. Эпидемиологическое значение фазы бактериальной пыли связано с теми видами микроорганизмов, которые не теряют жизнеспособности при высыхании. Устойчивость патогенных микроорганизмов к высушиванию различна.

Известно, что в крупноядерной фазе аэрозоля могут сохраняться даже такие малоустойчивые к внешним воздействиям микроорганизмы, как вирусы гриппа, кори, ветряной оспы, так как внутри капли имеется достаточное количество влаги, необходимой для сохранения жизнеспособности бактерий; в мелкоядерной фазе выживают палочки дифтерии, стрептококки, менингококки и др. В фазе бактериальной пыли могут выживать лишь особо устойчивые виды микроорганизмов -

микобактерии туберкулеза, спорообразующие бактерии, некоторые виды грибов.

Микробная контаминация воздуха происходит путем образования микробного аэрозоля, который представляет собой мельчайшие частицы биологического субстрата или пыли, несущие на себе бактериальные клетки или вирусы. В помещении с неоднаправленным потоком воздуха во взвешенном состоянии могут находиться аэрозольные частицы размером до 10 мкм. Частицы большего размера быстро оседают на горизонтальной поверхности.

Воздушные потоки в помещении являются существенным фактором, влияющим на распространение микроорганизмов. Горизонтальные потоки воздуха способствуют распространению микробов в пределах помещения, а при наличии общего коридора - в пределах этажа. Вертикальные потоки, обусловленные конвекцией и механической вентиляцией (например, в лестнично-лифтовых пространствах), переносят микробов на верхние этажи.

## **2. Опасность микробного аэрозоля для человека (фактор передачи ряда инфекционных заболеваний, причина развития аллергических реакций и микробных интоксикаций).**

Взвеси бактерий, плесеней и вирусов - микробиологические или бактериальные аэрозоли обычно заражают организм через органы дыхания, и это один из основных путей передачи инфекционных болезней туберкулеза легких, гриппа, острых респираторных заболеваний и т. д.

Бактериальная пыль может формироваться из первых двух фаз микробного аэрозоля после их высыхания и повторного попадания в воздух. В разряд частиц с диаметром от 0,001 мкм до 1 мкм подпадают вирусы и некоторые бактерии. Аэрозоли могут быть вредными и для человека не только из-за микробов, находящихся на частицах пыли или капельках жидкости, но и сами по себе вследствие проникновения в альвеолы дыхательной системы с последующим расстройством ее функций. В альвеолы проникают частицы размером менее 3 мкм при скорости потока вдыхаемого воздуха уже около 1 см/с.

Уже давно считалось, что болезни могут передаваться по воздуху, но только с появлением современной микробиологии стало ясным значение бактериальных аэрозолей. Проведенные в последние годы эпидемиологические исследования заболеваний органов дыхания - туберкулеза легких, гриппа и обычной простуды, доказали, что эти болезни распространяются микроорганизмами, находящимися в воздухе. Поэтому для предупреждения этих болезней все в большей степени стали применяться методы стерилизации воздуха ультрафиолетовым светом, а также химическими веществами. Различные бактерии, вирусы и плесени обычно передаются по воздуху. Типичная бактериальная клетка имеет диаметр 1 - 2 мк. Все вирусы - меньше 1 мк, а некоторые имеют величину порядка 0.01 мк.

Размер спор различных видов плесени лежит в пределах 3 - 5 мк. Одна из важнейших причин распространения некоторых инфекционных заболеваний – выбрасывание капелек содержащей микроорганизмы мокроты из дыхательной системы. При чихании, кашле и даже разговоре воздух выбрасывается с большой скоростью многочисленные капельки слюны и других выделений диаметром 1 – 100 мк. Более крупные капли, не успевая высохнуть, оседают на ближайшие предметы или на землю, но после высыхания могут вновь подняться в воздух из-за ветра или механического воздействия. Более мелкие капельки испаряются, еще не достигнув земли, и содержащиеся в них микроорганизмы оказываются взвешенными в воздухе. Такие «капельные ядра» могут оставаться во взвешенном состоянии в течение долгого времени и переноситься ветром на значительные расстояния. Таким образом, распространение инфекции по воздуху в зависимости от размеров частиц может происходить двумя путями - в виде собственно капелек и в виде сухих взвешенных в воздухе капельных ядер.

Близко к капельной инфекции прямое попадание в воздух микроорганизмов из выделений высохших на носовых платках или на постельном белье. Одеяла и постельное белье могут быть серьезным источником инфекции, а в пробах воздуха, отобранных в палатах больниц, содержалось огромное число бактерий, выделяющихся из одеял и т.п. во время уборки. Это же можно наблюдать и в домашних условиях, когда один из членов семьи страдает инфекционными заболеваниями органов дыхания - туберкулезом или гриппом.

Другим обычным источником образования вызывающих инфекцию аэрозолей могут быть брызги, образующиеся при промывке унитазов. Используя современные аэриобиологические методы Дарлоу и Бейл показали, что таким путем могут возникать аэрозоли с высокой концентрацией, а размер образующихся частиц таков, что при вдыхании фекальные бактерии могут попадать в глубину дыхательной системы.

Микробный аэрозоль может быть причиной развития различных аллергических реакций. **Аллергия** (allergia; греч. allos другой + ergon действие) - повышенная чувствительность организма к воздействию некоторых факторов окружающей среды (химических веществ, микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, пищевых продуктов и др.), называемых **аллергенами**. Приводит к развитию аллергических болезней, среди которых особенно часто встречаются бронхиальная астма, поллинозы, крапивница, контактные дерматиты. Термин «аллергия» был предложен в 1906 г. австрийским педиатром Пирке для обозначены необычной, измененной реакции некоторых детей на введение им с лечебной целью противодифтерийной сыворотки. Аллергенами могут быть различные соединения. Одни из них попадают в организм извне (экзогенные аллергены), другие образуются в самом организме (эндогенные аллергены, или аутоаллергены). Экзогенные аллергены бывают неинфекционного (бытовая пыль, шерсть животных, лекарственные средства и другие

химические вещества, пыльца растений, животные и растительные пищевые продукты) и инфекционного (бактерии, вирусы, грибки и продукты их жизнедеятельности) происхождения. Выделяют биологические, лекарственные, бытовые, пыльцевые, пищевые и промышленные аллергены. К биологическим аллергенам относятся бактерии, вирусы, грибки, гельминты, сыворотки, вакцины и аллергены насекомых. Развитие многих инфекционных болезней (бруцеллеза, лепры, туберкулеза и др.) сопровождается аллергией: такую аллергию называют инфекционной. Заболевания, вызванные бактериями, грибками или вирусами, в патогенезе которых большую роль играет аллергия, именуют инфекционно-аллергическими. Источником аллергенов являются также очаги хронической инфекции в организме - кариозные зубы, тонзиллит, воспаление придаточных (околоносовых) пазух носа и др. Среди бытовых аллергенов основную роль играет домашняя пыль - пылевые частицы с ковров, одежды, постельного белья, частички домашних насекомых, грибки (в сырых помещениях), бактерии. Бытовые аллергены чаще всего вызывают аллергические заболевания дыхательных путей (бронхиальную астму, аллергический ринит).

Аллергическая реакция немедленного типа, возникающая при парентеральном поступлении аллергена, обозначается термином «анафилаксия». Аллергические реакции немедленного типа лежат в основе анафилактического шока, поллинозов, крапивницы, атопической бронхиальной астмы, Квинке отека, атопического дерматита, аллергического ринита.

Второй тип аллергических реакций - цитотоксический, при котором аллергенами становятся клетки ткани. Обычно это происходит в результате повреждающего действия лекарственных препаратов, ферментов бактерий и вирусов при инфекционных процессах, а также лизосомальных ферментов фагоцитов. Третий тип аллергических реакций - повреждение тканей иммунными комплексами (реакция типа Артюса, иммунокомплексный тип). Аллерген в этих случаях присутствует в растворимой форме (бактериальные, вирусные, грибковые антигены, лекарственные препараты, пищевые вещества). Образующиеся антитела относятся главным образом к классам IgG и IgM. Четвертый тип аллергических реакций - аллергическая реакция замедленного типа (гиперчувствительность замедленного типа, клеточная гиперчувствительность). При этом типе реакций роль антител выполняют сенсibilизированные лимфоциты, имеющие на своих мембранах структуры, аналогичные антителам. Реакция замедленного типа в сенсibilизированном организме проявляется через 24-48 ч после контакта с аллергеном. В основе реакций замедленного типа лежит образование так называемых сенсibilизированных Т-лимфоцитов (Т-киллеров). При хронических инфекциях, таких как туберкулез, бруцеллез, токсоплазмоз, вирусный гепатит, возбудитель размножается внутриклеточно, и возникает необходимость уничтожения инфицированных клеток, что и осуществляют Т-киллеры - субпопуляция Т-лимфоцитов, способная узнавать

инфицированные клетки. Аллергические реакции замедленного типа на условно-патогенные микроорганизмы (стафилококки, стрептококки, грибки) лежат в основе таких аллергических заболеваний, как инфекционно-аллергические бронхиальная астма и риниты, аллергические конъюнктивиты и др. Включение того или иного иммунного механизма определяется свойствами антигена и реактивностью организма. Среди свойств антигена наибольшее значение имеют его химическая природа, физическое состояние и количество. Антигены, находящиеся в окружающей среде в небольших количествах (пыльца растений, домашняя пыль, перхоть и шерсть животных), чаще дают атопические аллергические реакции. Корпускулярные, нерастворимые антигены (бактерии, споры грибков) обычно приводят к возникновению аллергических реакций замедленного типа. Растворимые аллергены (антитоксические сыворотки, гамма-глобулины, продукты лизиса бактерий), особенно в больших количествах, обычно вызывают аллергические реакции третьего (иммунокомплексного) типа. Появление на клетках чужеродных антигенов обуславливает развитие аллергических реакций цитотоксического типа.

Аллергия (allergia; греч. allos другой, иной + ergon действие) состояние измененной реактивности организма в виде повышения его чувствительности к повторным воздействиям каких-либо веществ или к компонентам собственных тканей; в основе аллергии лежит иммунный ответ, протекающий с повреждением тканей.

Различают следующие виды аллергии, вызываемые микробным аэрозолям:

Аллергия бактериальная (a. bacterialis) - аллергия к какому-либо виду (или видам) бактерий или продуктам их жизнедеятельности.

Аллергия вирусная (a. viralis) - аллергия к компонентам вирусных частиц или продуктам взаимодействия последних с клеткой.

Аллергия грибковая (a. mycotica) - аллергия к каким-либо паразитическим грибкам или продуктам их жизнедеятельности.

Аллергия инфекционная (a. infectiosa) - аллергия к возбудителям инфекционных болезней (бактериям, вирусам, паразитическим грибкам) или продуктам их жизнедеятельности.

Аллергия микробная (a. microbica) - аллергия к каким-либо микроорганизмам или продуктам их жизнедеятельности.

Аллергия туберкулиновая (a. tuberculinica) - аллергия к микобактериям туберкулеза или продуктам их жизнедеятельности.

Микроорганизмы также могут спровоцировать пищевые отравления различной степени тяжести, вызванные микробными интоксикациями. Пищевые отравления - это острые инфекционные заболевания, возникающие в результате употребления пищи, массивно обсемененной определенными микроорганизмами или содержащей токсичные для организма вещества микробной или немикробной природы. Наиболее опасны пищевые токсикоинфекции и интоксикации микробной природы.

Пищевые токсикоинфекции вызываются живыми микроорганизмами, попадающими в организм человека с пищевыми продуктами в результате их заражения (от животных и рыб) или в процессе хранения и приготовления.

На наших кухнях сохраняется влажная среда, с множеством остатков органических веществ на столах, досках для разделки продуктов, в раковине и холодильнике. Это является благоприятным условием для размножения патогенной микрофлоры, невидимой глазу, которая легко переселяется на посуду и продукты, заражая их. Часто возбудителей инфекции к хранимым продуктам приносят мыши, крысы или мухи.

В процессе своей жизнедеятельности патогенные микроорганизмы выделяют много токсинов, которые и отравляют организм человека, попав в него с зараженной пищей.

Пищевые отравления чаще всего возникают как ботулизм, сальмонеллёз, стафилококковые инфекции, псевдотуберкулёз, иерсиниоз.

Во избежание пищевых отравлений, нужно выполнять простые правила гигиены питания, хранения и приготовления пищи.

### **3. Микробный аэрозоль как причина нарушения технологического процесса.**

Посторонние микроорганизмы, проникая в производственный процесс и развиваясь там, вызывают различные нарушения этого процесса, являются причиной потерь и снижают качество готовой продукции.

#### **Источники инфекции.**

Первичными источниками инфекции являются сырье, ферментные препараты, вода, используемая в производстве, воздух производственных помещений, вторичными - аппаратура, емкости, трубопроводы.

Рассмотрим возможности проникновения вредных микроорганизмов в технологический процесс на конкретном примере крахмало-паточного производства.

#### **Сырье.**

Клубни картофеля могут портиться как в процессе вегетации (роста), так и в процессе хранения. В первом случае возбудителями порчи являются грибы-паразиты: фитофтора, рак, сухая гниль; во втором: сапрофиты, плесневые грибы родов Аспергиллус, Пенициллиум, Ризопус, Мукор и др. Замечено, что на клубнях, пораженных грибами-паразитами, при хранении легче развивается под воздействием разнообразных бактерий мокрая гниль. Это заболевание - результат жизнедеятельности целого комплекса почвенных бактерий: спорообразующих из группы Бациллус субтилис, иногда маслянокислых, и необразующих спор гетероферментативных молочнокислых бактерий и бактерий группы кишечной палочки. Такой картофель плохо перерабатывается, выход крахмала снижается, а сырой крахмал плохо хранится, так как быстро обсеменяется бактериями и закисает. Зерно кукурузы часто поражается в процессе роста пузырчатой головней или фузариумом, а при хранении - различными сапрофитными плесневыми

грибами. На поверхности зерна обнаруживается обычно много различных бактерий, большая часть которых находится в неактивном состоянии. Однако в процессе получения крахмала они могут активизироваться и начать размножаться (это в основном спорообразующие бактерии, а среди них иногда маслянокислые бактерии).

**Ферментные препараты**, применяемые для гидролиза крахмала, могут содержать разнообразные микроорганизмы - споры и конидии плесневых грибов, дрожжи и дрожжеподобные грибы, спорообразующие бактерии и др.

#### **Вода.**

Вода, идущая для замочки зерна, промывки крахмала и кристаллической глюкозы, может быть источником инфекции. Из промывной воды, особенно при замкнутом процессе производства, могут проникнуть в полуфабрикаты спорообразующие бактерии - гнилостные и маслянокислые, как мезофилы, так и термофилы, разновидности кишечной палочки и др.

#### **Воздух.**

Воздух производственных помещений содержит обычно много крахмальной и глюкозной пыли, а также разнообразные микроорганизмы. Это - дрожжеподобные грибы, споры и конидии плесеней, споры бактерий и др. Так, из литературы известно, что воздух может явиться серьезным источником загрязнения технологического процесса и готовой продукции. Анализ воздуха в кристаллизационном и сушильном отделениях выявлял в  $1\text{ м}^3$  2-5 тыс. микроорганизмов, а иногда и больше. Это - споры и конидии плесневых грибов, дрожжеподобные грибы, осмофильные дрожжи и споровые бактерии.

#### **Аппаратура и оборудование.**

При низком санитарном уровне производства, небрежной мойке, недостаточной дезинфекции аппаратура и оборудование являются источником дополнительной инфекции. Оттуда в производство попадают уже адаптировавшиеся к условиям микроорганизмы. Особенно опасными являются те, которые хорошо развиваются на средах, содержащих крахмал и продукты его гидролиза, а также белковые вещества.

Это дрожжи и дрожжеподобные грибы, сбраживающие и утилизирующие продукты гидролиза; гнилостные спорообразующие; аэробные бактерии из группы *Бациллу* субтилис, *Бациллу* микоидес и *Бациллу* мегатериум. Эта группа разлагает белковые вещества картофеля и кукурузы, образуя аммиак, ацетон, уксусный альдегид, органические кислоты. Это в основном мезофилы, минимальная температура для развития которых  $10^\circ\text{C}$ , оптимальная  $25-36^\circ\text{C}$ . Среди анаэробных мезофилов большой вред приносят маслянокислые бактерии, попадающие в производство из сырья (картофель, кукуруза). Бактерии вызывают разложение углеводов с образованием значительных количеств масляной кислоты, спирта (бутилового и этилового), а также газов. Эти бактерии являются причиной ослизнения и закисания сырого крахмала, нарушают процесс замочки кукурузного зерна, так как происходит ослизнение и закисание замочной воды.

Кроме мезофилов технологический процесс нарушают и термофилы (температурный оптимум развития 65-70 °С), например *Бациллуc* *стеаротермофилуc*. Это активные кислотообразователи, сбраживающие мальтозу, сахарозу, глюкозу, вызывают нарушения процесса кристаллизации глюкозы.

Хорошо развиваются и вызывают различные нарушения в технологическом процессе беспоровые формы бактерий, гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии, которые часто являются причиной закисания жидкого крахмального молока.

В результате жизнедеятельности всех указанных микроорганизмов снижается выход крахмала из картофеля, а при переработке кукурузы кроме снижения выхода крахмала, снижается выход масла из зародышей, выход конечных продуктов - патоки, кристаллической глюкозы.

Согласно общепринятому представлению, лекарственные препараты не должны содержать патогенные микроорганизмы. Однако проводить микробиологический анализ, охватывающий все виды патогенных бактерий, абсолютно нереально в условиях производственной лаборатории. Микробиологический контроль ограничивается только несколькими видами микроорганизмов, в первую очередь теми, которые могут вызвать интоксикацию у больного, или свидетельствовать о неудовлетворительных санитарно-гигиенических условиях производства. Должно проводиться испытание препаратов для приема внутрь на наличие бактерий семейства кишечных, представители которых могут вызвать инфекцию или пищевое отравление. Испытание на наличие бактерий семейства кишечных в отдельных случаях, например в препаратах из животного сырья, может быть дополнено специфическим испытанием на наличие *Salmonella* и *Escherichia*, а также на наличие бактерий *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*. В препаратах для местного применения следует опасаться микроорганизмов, вызывающих местную инфекцию, в первую очередь *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*. Выявление бактерий семейства кишечных в этих лекарственных средах также необходимо для оценки санитарного состояния производства.

Лекарственные средства (таблетки, капсулы, гранулы, растворы, экстракты, сиропы, мази, суппозитории, аэрозоли и др.), не стерилизуемые в процессе производства, могут быть контаминированы микроорганизмами и поэтому должны быть испытаны на микробиологическую чистоту. Испытание на микробиологическую чистоту включает количественное определение жизнеспособных бактерий и грибов, а также выявление определенных видов микроорганизмов, наличие которых недопустимо в нестерильных лекарственных средствах. Испытание проводят в асептических условиях, применяя приведенные в Государственной фармакопее XI, вып.2, методы и питательные среды для контроля всех видов нестерильных лекарственных средств, а также сырья, используемого в их производстве.

В нестерильных лекарственных средствах не допускается наличие бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*.

В 1 г (мл) лекарственного средства для применения полости уха, носа, для интравагинального использования и местного употребления допускается наличие не более  $1 \times 10^3$  бактерий и  $1 \times 10^2$  дрожжевых и плесневых грибов (суммарно).