

УДК 579.67

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОРЧИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И СЫРЬЯ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

О. В. Прунтова¹, Н. Б. Шадрова²

¹ Главный эксперт ИАЦ, доктор биологических наук, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, e-mail: pruntova@arriah.ru

² Заведующий лабораторией, кандидат биологических наук, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, e-mail: shadrova@arriah.ru

РЕЗЮМЕ

В статье представлен аналитический обзор литературы по вопросам влияния различных факторов на процессы микробиологической порчи пищевых продуктов и сырья, методам управления процессами микробиологической порчи и определения сроков годности и хранения пищевых продуктов.

Ключевые слова: микробиологические факторы, пищевые продукты, микробиологическая порча, срок хранения, срок годности.

UDC 579.67

MODERN METHODS FOR DETERMINATION OF MICROBIOLOGICAL SPOILAGE OF FOOD PRODUCTS AND RAW FOOD MATERIALS (ANALYTICAL REVIEW)

O. V. Pruntova¹, N. B. Shadrova²

¹ IAC Chief Expert, Doctor of Sciences (Biology), FGBI "ARRIAH", Vladimir, e-mail: pruntova@arriah.ru

² Head of Laboratory, Candidate of Science (Biology), FGBI "ARRIAH", Vladimir, e-mail: shadrova@arriah.ru

SUMMARY

Analytical review of literature on various factors influencing microbiological spoilage of food products and raw food materials, methods for microbiological spoilage process management and for determination of food product expiry dates and shelf-lives is presented in the paper.

Key words: microbiological factors, food products, microbiological spoilage, shelf-life, expiry date.

ВВЕДЕНИЕ

Порча пищевых продуктов – сложный комплексный процесс, приводящий к неприемлемости или нежелательности употребления данного продукта в пищу и имеющий различные проявления (изменение вкуса, запаха, пищевой ценности или внешнего вида продукта). Процессы, которые приводят к порче пищевых продуктов (ПП), подразделяют на три типа: физические, химические и микробиологические.

Микробиологические процессы разложения органических веществ, протекающие в природе, называют биодegradацией (биотрансформацией, ферментацией), и эти процессы являются неотъемлемой частью естественного круговорота веществ. Но в случаях разложения микроорганизмами продуктов, важных для жизнедеятельности и здоровья человека, эти процессы называют микробиологической порчей (рис.).

Общий экономический ущерб из-за порчи ПП точно не известен, но, по некоторым оценкам, из-за деятельности микроорганизмов теряется четверть всей мировой пищевой продукции. Потери начинаются еще на стадии сельскохозяйственного производства и для некоторых видов продукции составляют до 50% (овощи, фрукты). Микробиологическая порча является главной проблемой таких продуктов, как мясо, мясопродукты, молоко и молочные продукты, свежие фрукты и овощи, хлебобулочные изделия, соки и др. [14]. В связи с этим к микробиологическому контролю ПП предъявляют особые требования. В то же время рост большинства микроорганизмов можно предотвратить или замедлить посредством контроля таких факторов, как их исходная концентрация, температура хранения, активность воды и pH, применение консервантов и использование соответствующей упаковки продукта [1]. То есть, зная закономерности развития и поведения микроорганизмов, процессами микробиологической порчи можно управлять.

В настоящее время целостные (самостоятельные) системы управления процессами порчи еще не разработаны, но появляются сообщения о совмещении контроля микробиологической порчи с уже существующими системами обеспечения качества и технологическими процессами, внедренными в производство ПП [1].

Целью данной работы был анализ отечественной и зарубежной литературы по вопросам разработки и использования методов обнаружения, количественного определения и идентификации микроорганизмов, вызывающих порчу ПП; управления процессами порчи и определения срока годности и хранения пищевых продуктов.

Растущее разнообразие компонентов в ПП, появление новых технологий их изготовления способствуют увеличению многообразия микроорганизмов, вызывающих порчу, и повышают вероятность возникновения этого процесса. Примером могут служить психротрофные клостридии (*Clostridium*), которые стали выделять из ПП в вакуумной упаковке и в упаковке с модифицированной (регулируемой) газовой средой [14].

Микроорганизмы, вызывающие порчу ПП, относятся к разным таксономическим группам (бактерии, грибы, вирусы и простейшие) и неодинаково воздействуют на пищевое сырье и продукцию (табл.). Бактерии наиболее быстро развиваются и вызывают заметные виды порчи продуктов, в то время как рост грибов (плесени и дрожжей) происходит медленнее, а возможность отсутствия внешних признаков порчи и образования

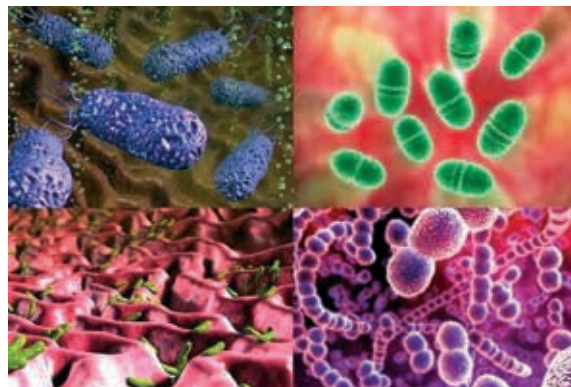


Рис. Микроорганизмы, вызывающие порчу
http://fr.test1.baker-group.net/media/k2/items/cache/9602b4c4ff2cc7611ca32756dd55bedf_L.jpg

микотоксинов делает их потенциально более опасными [17].

1. Факторы, влияющие на микробиологическую порчу пищевых продуктов. Причины или факторы микробиологической порчи ПП условно разделяют на: внутренние, внешние, технологические и неявные.

Внутренними факторами считают свойства ПП (структурные, физико-химические и др.), к которым относятся активность воды (A_w), значение pH, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), содержание питательных и антимикробных веществ.

Внешние факторы – это условия хранения (температура, влажность, состав газовой среды).

Технологические – это способы обработки пищевого сырья или готового продукта.

«Неявные» причины или факторы рассматривают как симбиотические, синергические и антагонистические взаимодействия микроорганизмов [1].

Микроорганизмы попадают в ПП на любой стадии технологического производства (цепи): на ферме, в ходе переработки сырья, фасовки, упаковки, сбыта и т. д. После попадания в ПП развитие микроорганизмов зависит от их вида, от самого продукта и условий окружающей среды. Большое значение имеет применение противомикробных препаратов в технологии производства. Каждый из перечисленных выше факторов определяет, какие микроорганизмы из попавших в продукт будут способны к размножению [1, 17].

В последние годы появились сообщения о том, что **активность воды** (A_w) в большей степени влияет на рост микроорганизмов, чем общее влагосодержание, и рассматривается как наиболее важный фактор, управляющий развитием микрофлоры. Термин «активность воды» был введен в 1950-х годах для учета соотношения свободной и связанной влаги в пищевом продукте. По значению показателя A_w можно охарактеризовать устойчивость ПП при хранении. Сохранность ПП зависит от того, в какой мере вода ассоциирована с неводными компонентами [2, 16]. Кроме того, по величине активности воды ПП подразделяют на: продукты с высокой влажностью, $A_w = 1 \div 0,9$; продукты со средней влажностью, $A_w = 0,9 \div 0,6$; продукты с низкой влажностью, $A_w = 0,6 \div 0$.

Некоторые авторы важным фактором роста микроорганизмов считают также стеклование воды [16, 22] и предлагают рассматривать этот фактор совместно с активностью воды. Ни один из видов микроорганиз-

Таблица

Микроорганизмы, вызывающие порчу пищевых продуктов, пищевые отравления и/или токсикоинфекции, и условия их роста [3, 17, 19, 21]

Наименование микроорганизма	Пороговые условия роста			Пищевые продукты
	T, °C	A _w	pH	
Микроорганизмы порчи				
Галофильные бактерии	-	0,75	4,5	Соленая рыба
Молочнокислые бактерии	4	0,94	3,5	Фрукты и овощи, пиво, молоко, мясо в вакуумной упаковке
Микрококки	4	0,9	5,0	Свежее и вяленое мясо
Acetobacter spp.	5	0,95	2,6	Фрукты, пиво, вино
Acinetobacter spp.	1	0,96	5,5	Свежее мясо, птица, молоко
Alternaria spp.	1	0,75	2,7	Фрукты и овощи, пораженные черной гнилью, крупы
Aspergillus niger	0	0,8	1,2	Фрукты и овощи, пораженные черной гнилью, продукты мясопереработки
Aspergillus spp.	0	0,64	2,0	Крупы, фрукты и овощи, орехи
Bacillus subtilis	5	0,95	4,2–5	Овощи, свежее мясо и птица, молоко, хлеб
Botrytis cinerea	-2	0,93	2,5	Фрукты и овощи, пораженные черной гнилью, продукты мясопереработки
Candida spp.	0	0,7	1,3	Мясо, птица, молочные продукты, морепродукты
Enterobacter aerogenes	2	0,95	4,4	Свежее мясо, птица
Fusarium spp.	-3	0,87	2,2	Овощи, пораженные сухой гнилью, фрукты, крупы
Mucor spp.	0	0,8	3,0	Фрукты, овощи, сыр
Penicillium spp.	-6	0,78–0,9	1,9	Мясо, фрукты, овощи, крупы
Pseudomonas spp.	<0	0,97	5,5	Овощи, пораженные гнилью, мясо, птица, яйца
Rhizopus stolonifer	5	0,93	2,5	Хлеб, овощи, пораженные мягкой гнилью, свежее мясо
Trichosporon spp.	0	0,87	2,0	Морепродукты, мясо, молочные продукты, фрукты
Bacillus cereus	10	0,92	4,9	Рыба, свежее мясо, вода
Патогенные микроорганизмы				
Campylobacter jejuni	25	0,95	4,9	Мясо, молоко
Clostridium botulinum	3,3	0,93	4,6	Консервированные продукты
Escherichia coli O157:H7	15	0,95	4,0	Овощи, мясо, птица, молоко
Listeria monocytogenes	0	0,92	4,3	Птица, молочные продукты, мясо, овощи
Salmonella spp.	7	0,94	4,0	Птица, молочные продукты, мясо
Staphylococcus aureus	6	0,86	4,0	Мясо, птица, молочные продукты
Vibrio parahaemolyticus	5	0,94	4,8	Рыба и морепродукты
Yersinia enterocolitica	-2	0,96	4,2	Свежее мясо, молоко, морепродукты

мов не может размножаться, если A_w ниже 0,6. С другой стороны, почти все виды микроорганизмов способны к размножению, если A_w выше 0,95. И поскольку A_w для большинства свежих ПП превышает 0,95, следовательно, все они чувствительны к росту микроорганизмов.

Бактерии не размножаются при A_w ниже 0,91, хотя существуют галофильные бактерии, способные размножаться при более низких значениях A_w = 70 (до 0,75).

Большинство видов дрожжей не может размножаться при A_w ниже 0,88, однако некоторые осмофильные дрожжи способны к размножению при A_w выше 0,6. Для

большинства плесеней пороговое значение A_w ниже 0,8, но некоторые ксерофильные виды плесеней способны расти при A_w выше 0,65.

Необходимо отметить, что влияние активности воды на микроорганизмы будет неодинаковым в ПП, отличающихся по составу ингредиентов [13]. Так, в некоторых исследованиях было показано, что замена глюкозы и глицерина на фруктозу и пропиленгликоль в полувлажных кормах для собак приводила к предотвращению развития плесени независимо от значения показателя A_w [16, 22].

Существенное влияние на рост микроорганизмов оказывают pH и значение окислительно-восстановительного потенциала. Большинство микроорганизмов активно размножаются при pH около 7,0. В продуктах с очень низким pH (< 3,7) – например, во многих цитрусовых плодах – способны развиваться только молочнокислые бактерии и определенные виды дрожжей и плесеней [23].

По значению окислительно-восстановительного потенциала (Eh), при котором микроорганизмы способны к размножению, определяют, являются ли они аэробными или анаэробными. Аэробным микроорганизмам необходимы положительные значения Eh, а анаэробным – отрицательные. Факультативные аэробы могут размножаться и при положительных, и при отрицательных значениях Eh [17].

Еще одним фактором, влияющим на рост микроорганизмов, является **температура**. В зависимости от температуры хранения продуктов рост микроорганизмов может быть быстрым, медленным, прекратиться или вызывать их гибель. В зависимости от температуры активного роста микроорганизмы подразделяются на три основных класса: **мезофилы** (активно размножаются при температуре от 30 до 40 °C и умеренно – в интервале температур примерно от 10 до 45 °C); **психротрофы** (активно размножаются при температуре от 20 до 30 °C и умеренно – при температуре ниже 7 °C) и **термофилы** (активно размножаются при температурах от 55 до 65 °C). При температуре около 60 °C некоторые микроорганизмы начинают погибать, и чем температура выше, тем быстрее они гибнут [17, 23].

При длительном хранении ПП существует вероятность размножения в них различных психротрофных бактерий, продуцирующих **термостабильные протеиназы** (*Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Serratia* и *Bacillus*) или **липазы** (*Pseudomonas*, *Flavobacteria* и *Alcaligenes*). В случае присутствия этих термостабильных ферментов ПП способны портиться даже после ультравысокотемпературной обработки [19, 22].

Содержание питательных веществ в ПП также влияет на развитие микроорганизмов. Для размножения им необходима вода, источники углерода и азота для пополнения энергии, определенные витамины и минеральные вещества. Особенно это касается бактерий, меньше – плесеней, а дрожжи в этом отношении занимают промежуточное положение. Некоторые ингредиенты ПП могут оказывать на микроорганизмы негативное воздействие, подобное действию противомикробных веществ. Некоторые из них являются естественными компонентами ПП, другие добавляют в качестве консервантов. К таковым относятся, например, лизоцим, рибофлавины, антоцианины и тимол [1, 18].

Газовый состав окружающей среды, в которой находится ПП, может замедлить развитие микроорганизмов. При повышении концентрации двуокиси углерода (более 10%) создается тенденция к замедлению роста плесеней и других видов микроорганизмов. Для изменения воздушной среды при хранении и замедления развития микрофлоры часто используют упаковку продуктов в модифицированной или регулируемой газовой среде [7, 14].

Наиболее перспективным направлением в последние 10 лет считают исследования взаимосвязи различных механизмов порчи ПП и температуры стеклования воды (это температура образования аморфного льда от -137 °C и ниже, при таких температурах микрооргани-

змы, как правило, сохраняют свою структуру). В течение последних 20 лет теорию стеклования используют для интерпретации процессов порчи ПП. В эти же годы опубликовано значительное количество работ, посвященных вопросам стабильности ПП умеренной влажности и механизмам их порчи [16, 22].

2. Индикаторы порчи ПП – метаболиты микроорганизмов. Современные методы обнаружения и идентификации микроорганизмов, вызывающих порчу. Первые работы по изучению возможности использования метаболитов микроорганизмов для определения степени порчи ПП появились почти 50 лет назад, но до настоящего времени физико-химические изменения, происходящие при колонизации микроорганизмов на поверхности ПП, изучены недостаточно. Известно, что в процессе метаболизма микроорганизмов на поверхности ПП образуются самые разнообразные низкомолекулярные соединения (глюкоза, глюкоза-6-фосфат, молочная кислота, пируват, глюконат, пропионат, этанол, ацетат, аминокислоты, нуклеотиды, мочевины, водорастворимые белки и др.). Затем эти соединения последовательно катаболизируются микроорганизмами до таких соединений, как аммиак, амины, индол, скатол, сульфиды, которые обладают неприятным запахом [1, 17, 19].

Классическая микробиологическая оценка порчи ПП для прогнозирования сроков их хранения имеет ограниченное значение, поскольку такие ПП реализуются или потребляются задолго до того, как будут получены результаты микробиологических исследований. Поэтому большинство исследовательских работ посвящено разработке методов оценки химических изменений, вызываемых микроорганизмами, а не оценке общего количества колониеобразующих единиц (КОЕ). К современным количественным методам определения микроорганизмов в ПП относятся АТФ-биoluminesценция, эпифлуоресцентный фильтр, проточная цитометрия и вновь разрабатываемые методы на основе биочиповой технологии [8, 9, 20].

Популярным методом является **измерение полного электрического сопротивления (импеданса)**, которое применяют для оценки продовольственного сырья, пищевых продуктов и других объектов внешней среды, с использованием микробиологических экспресс-анализаторов, регистрирующих изменения электрического сопротивления питательной среды. Изменения импеданса обычно происходят в питательной среде по мере того, как ее химический состав изменяется в результате роста и метаболической активности микроорганизмов. Под действием микроорганизмов заряженные конечные продукты метаболизма выделяются в ростовую среду. В основном незаряженные или слабо заряженные субстраты превращаются в сильно заряженные конечные продукты. Например, белки метаболизируются до аминокислот, углеводы и жиры – до органических кислот. Образующиеся метаболиты имеют меньший размер и, таким образом, более подвижны. Эти электрохимические изменения в ростовой среде приводят к существенным изменениям импеданса. Экспоненциальные изменения импедансного сигнала возможно наблюдать при концентрации микроорганизмов в диапазоне 10^6 – 10^7 клеток/мл. Время, необходимое для достижения значимого изменения импеданса, называется временем определения импеданса (IDT). Это непрямой метод обнаружения микроорганизмов, а раздел

микробиологии ПП, в котором он применяется, называется импедансная микробиология [12, 20].

Широко используется **экспресс-анализ определения количества микроорганизмов методом биолюминесценции аденозинтрифосфата (АТФ-биолюминесценция)**, основанный на использовании для продуцирования света люциферазы и кофактора. Результаты такого анализа лучше согласуются с общими подсчетами КОЕ, чем количество КОЕ – с фактическим сроком хранения продуктов, поскольку этот метод не всегда позволяет оценивать количество метаболита, являющегося источником образования постороннего привкуса (например, метаболита с неприятным запахом) [20]. Биолюминесцентный анализ – наиболее специфичный, чувствительный и быстрый метод определения АТФ. Предел обнаружения клеток по содержанию внутриклеточного АТФ составляет менее 1000 клеток в 1 мл/г образца. Измерение АТФ занимает 1 мин, а полный анализ образца, в зависимости от длительности пробоподготовки, требует от 2 мин до 6 ч. Именно поэтому биолюминесцентная АТФ-метрия является основой «быстрой микробиологии». По сравнению с традиционным микробиологическим методом, требующим от 24 до 72 ч и более, биолюминесцентный метод позволяет не только сократить длительность анализа в десятки раз, но и уменьшить его трудоемкость и стоимость. С помощью биолюминесцентной АТФ-метрии можно проводить экспресс-анализ уровня микробных загрязнений и общей загрязненности для контроля качества на всех этапах производства – от исходного сырья до готовой продукции.

Для обнаружения, идентификации микроорганизмов и количественной оценки микробиологической порчи ПП в настоящее время существует более 40 методов [1, 4, 20]. При этом потребность в разработке ускоренных количественных методов микробиологического анализа ПП остается актуальной, потому что традиционные способы обнаружения микроорганизмов совершенствуются медленно и во второй половине XX века почти не изменились.

Существующие методы ускоренного обнаружения и идентификации микроорганизмов основаны на: анализе нуклеотидных последовательностей (молекулярно-генетические); взаимодействии антигена с антителом (иммунологические, иммунохимические).

Среди молекулярно-генетических методов наиболее известным и широко применяемым является метод полимеразной цепной реакции (ПЦР). Но этот метод имеет свои ограничения в связи с тем, что в испытуемом образце ПП может находиться ДНК не только живых микроорганизмов, вызывающих порчу, но и уже убитых, например, при термической обработке, которая будет амплифицироваться и приводить к получению ложноположительных результатов. Кроме того, в образцах ПП могут присутствовать ПЦР-ингибиторы, например в матрице сырной массы, и, чтобы снизить вероятность их воздействия, необходимо в пробоподготовку для ПЦР вводить дополнительные операции (разбавление образцов), которые приводят к снижению чувствительности реакции [1, 9, 20].

В последние годы появляются сообщения о разработке ДНК-чипов с биотиновой меткой и колориметрическим детектированием для индикации и идентификации бактерий – возбудителей инфекций в продукции животного происхождения, в которых показана высокая специфичность и чувствительность методики, со-

ставляющая 10^3 – 10^4 бактериальных клеток. Анализ занимает 5–7 ч. Визуальная оценка конечного результата позволяет применять биочиповые тест-системы в стационарных и полевых условиях, лабораториях регионального уровня и референсных центрах. Применение современной биочиповой технологии исследования позволяет быстро и с высокой достоверностью обнаруживать возбудителей инфекций в различных биологических материалах, типировать штаммы с целью установления общего источника инфекции [9].

Одним из инновационных направлений в области обнаружения и идентификации бактерий в ПП является иммуномикрочиповый метод. Белковый иммуночип представляет собой плотную подложку, на поверхности которой дискретно нанесены в определенном порядке либо антигены различных возбудителей инфекционных заболеваний, либо иммобилизованные антитела, специфичные к различным антигенам (антибиотикам, токсинам, противопаразитарным препаратам и т. д.).

Иммуномикрочиповая технология предназначена для одновременного качественного и количественного определения нескольких микроорганизмов в одном образце посредством иммуноферментных и иммунохимических реакций. Данным методом можно определять не только присутствие микроорганизмов в ПП, но и остаточные количества различных веществ (до 25, например, ветеринарных препаратов), которые невозможно выявить другими методами [8, 20]. Результаты после выполнения анализа на иммуночипах расшифровываются по наличию сигнала в точно пространственно определенных зонах нанесения антигенов.

Необходимо отметить, что существующие методы ускоренного обнаружения порчи ПП не отвечают современным требованиям, потому что не дают возможности быстрого (в течение нескольких минут) получения результатов. Процессы, протекающие при микробиологической порче ПП, хорошо изучены, выделены продукты метаболизма бактерий, которые могут служить индикаторами порчи и остаточного срока годности. Поэтому в настоящее время основное направление исследований – разработка действительно быстрых методов определения микробиологической порчи, которые позволят получать результаты не в течение нескольких часов, как сейчас, а за несколько секунд [1, 14].

3. Управление процессами микробиологической порчи пищевых продуктов. Для управления процессами микробиологической порчи ПП используют комплексный подход, так как необходимо решение очень сложных вопросов, среди которых одним из основных является определение потенциальных микробиологических, химических и физических рисков.

Микробиологические риски включают:

- размножение или метаболизм микроорганизмов порчи, в результате чего в продукте происходят органолептические и текстурные изменения;
- размножение или метаболизм микроорганизмов с неустановленной патогенностью;
- размножение условно-патогенных микроорганизмов;
- размножение патогенных микроорганизмов.

Понятия порчи и микробиологической безопасности ПП обычно разделяют в связи с тем, что большинство патогенных микроорганизмов не вызывают порчу, то есть зараженный продукт может иметь хорошие органолептические свойства, а микроорганизмы порчи не являются патогенными. В то же время непатоген-

ные бактерии могут продуцировать биогенные амины, например гистамин, а некоторые плесени образуют микотоксины и потребление таких продуктов бывает связано с риском для здоровья [1, 15].

Современные способы управления микробиологической порчей ПП основаны на применении «належащих производственных и санитарно-гигиенических практик» (GMP, GSP, GHP) и на внедрении на сельскохозяйственных и производственных предприятиях эффективных систем HACCP.

Микробиологическая безопасность ПП зависит в первую очередь от способов тепловой обработки и других способов деконтаминации.

Тепловая обработка (пастеризация, стерилизация) является наиболее распространенным методом уничтожения микроорганизмов, вызывающих порчу ПП, и увеличивающим их срок хранения. Тепловая обработка характеризуется температурно-временным соотношением: чем ниже температура, тем больше времени требуется для достижения необходимой степени уничтожения микроорганизмов. Соответственно, при пастеризации возможны следующие варианты тепловой обработки: длительная обработка при низкой температуре, быстрая обработка при высокой температуре или ускоренная обработка при сверхвысокой температуре [14, 23].

Чувствительность микроорганизмов к температуре различна, и для количественного описания динамики термической гибели их определенного вида используют D- и z-показатели. D-показатель – это время, которое необходимо для уменьшения популяции микроорганизмов при заданной температуре в 10 раз, а z-показатель характеризует изменение температуры, необходимое для изменения D-показателя на 90%.

Устойчивость микроорганизмов к тепловой обработке зависит от большого количества факторов. К этим факторам относятся тип микроорганизма и окружающие условия во время воздействия тепла, такие как pH, активность воды и состав пищевого продукта.

Одним из инновационных направлений в разработке способов управления порчей ПП является деконтаминация, основы которой были заложены в 1970-х годах. Технологии деконтаминации включают механическую (мытьё), физическую (пар, вакуум) и химическую (обработка противомикробными веществами) очистку сырья. Способы деконтаминации снижают общую численность микроорганизмов на поверхности сырья и ПП на 1–3 логарифма [1, 14]. Кроме того, химическая деконтаминация, например растворами органических кислот, может изменять состав микробиоты, способствуя размножению кислотоустойчивых микроорганизмов. Так, зарубежными исследователями показано, что деконтаминация мясного сырья молочной или фумаровой кислотой приводит к снижению грамотрицательной микрофлоры на 1–3 логарифма, и доминирующими становятся более устойчивые к кислотам грамположительные бактерии и дрожжи. То есть посредством химической деконтаминации возможно предотвращать или замедлять гнилостную порчу ПП, но в то же время этот способ может вызывать адаптацию микроорганизмов к стрессовым факторам, присутствующим в производстве ПП. Данное направление в управлении порчей ПП активно изучается в отношении патогенных микроорганизмов [15, 18].

В последние годы широко изучали возможность использования различных видов молочнокислых бактерий (МКБ) в качестве защитных культур. Так,

штаммы *Lactobacterium sakei*, *Leuconostoc carnosum*, продуцирующие бактериоцины (соответственно сакцины и лейкоцины), ингибируют деятельность патогенных бактерий, в частности бактерий рода *Salmonella* и *L. monocytogenes*, в мясе и мясных продуктах [3, 21]. Штаммы *L. sakei/parasakei* и *L. alimentarius* входят в состав промышленно выпускаемого консерванта Flora Carn L-2, действие которого основано на высокой конкуренции вышеназванных штаммов относительно *L. monocytogenes* и бактерий рода *Salmonella*. Есть сообщения об использовании штаммов *Lactococcus*, продуцирующих низин, для регулирования процессов порчи продуктов мясопереработки. Перспективными противомикробными средствами, пригодными для предотвращения порчи ПП, являются лизоцим и хитозан [18]. Эти исследования стали основой для разработки упаковочных пленок с иммобилизованными бактериоцинами, низином и лактицином, которые ингибируют МКБ и увеличивают срок годности ПП [7, 18, 23].

Необходимо отметить, что постоянно возрастает интерес к обработке ПП ионизирующим облучением с целью предотвращения микробиологической порчи. Показано, что доза излучения 5,7 кГр ингибирует жизнедеятельность бактерий, и дрожжей [14].

4. Определение срока годности и срока хранения пищевых продуктов.

В настоящее время развитие пищевой промышленности требует точного прогнозирования сроков годности ПП, необходимых для сокращения финансовых потерь из-за возврата продукции, испортившейся до истечения срока годности. Согласно ГОСТ Р 51074-2003 утверждена терминология:

«2.10 **срок хранения:** Период, в течение которого пищевой продукт при соблюдении установленных условий хранения сохраняет свойства, указанные в нормативном или техническом документе. Истечение срока хранения не означает, что продукт не пригоден для использования по назначению.

2.11 **срок годности:** Период, по истечении которого пищевой продукт считается непригодным для использования по назначению» [5].

Анализ данных литературы по установлению сроков годности и хранения ПП показывает, что исследования по оценке и изменению качества и потребительских характеристик ПП при хранении в настоящее время проводят по трем направлениям:

- традиционные испытания в соответствии с требованиями нормативной документации с определенной периодичностью;
- применение методов математического моделирования изменения качества пищевых продуктов;
- применение ускоренных способов старения [6, 10, 13].

Традиционные (стандартные) испытания по изменению качества и безопасности товаров в процессе хранения при температурах, установленных в нормативной документации, самые достоверные, но это достаточно длительный процесс, так как срок хранения (годности) многих консервированных продовольственных товаров установлен от одного года до трех-пяти лет. Рекомендации по установлению сроков годности изложены в методических указаниях «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [11]. Согласно данному документу, продолжительность хранения при исследованиях определяется гарантийным сроком хранения (годности), установленным ГОСТ или изготовителем.

Методы математического моделирования изменения качества пищевых продуктов не всегда дают достоверные результаты, так как достаточно сложно прогнозировать биохимические и химические процессы. Для точного прогнозирования срока годности необходимо математически описать состав микроорганизмов и окружающую их среду. Был разработан ряд математических моделей кинетики роста отдельных и смешанных культур микроорганизмов, наиболее актуальных для порчи ПП. В результате разработки моделей были определены наиболее важные факторы, влияющие на развитие микробиологической порчи. Так, значение pH среды оказывало основное влияние на удельную скорость размножения бактерий, в то время как концентрация глюкозы не оказывала влияния на этот показатель. Было показано, что важными факторами, влияющими на длительность срока годности, являются температура, активность воды и содержание CO_2 [14, 23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К перспективным направлениям научных исследований в области управления процессами микробиологической порчи ПП можно отнести следующие:

- совершенствование методов выявления и идентификации новых видов микроорганизмов, кинетики их размножения в ПП, определения условий окружающей среды, способствующей развитию микробиологической порчи;
- изучение биохимических свойств и метаболизма микроорганизмов, вызывающих порчу ПП;
- совершенствование технологий упаковки и консервирования, основанных на инновационных технологиях (использование газовых смесей, новых физических методов, натуральных противомикробных препаратов);
- разработка эффективных методов для ускоренного выявления микробиологической порчи ПП;
- разработка и применение математических прогностических моделей сроков годности ПП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блэкберн К. де В. Микробиологическая порча пищевых продуктов. – СПб.: Профессия, 2008. – С. 216–239.
2. Вода в пищевых продуктах / под ред. Р. Б. Дакурта. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 376 с.
3. Ганина В. И., Гриневич А. И., Волкова Р. А. Микробиологическая безопасность молочных и молочно-растительных консервов // Молочная промышленность. – 2012. – № 8. – С. 58–59.
4. ГОСТ 32901-2014. Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа. – М.: Стандартинформ, 2015. – 25 с.
5. ГОСТ Р 51074-2003. Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2006. – 28 с.
6. ГОСТ Р 51481-99. Жиры и масла животные и растительные. Метод определения устойчивости к окислению (метод ускоренного окисления). – М.: Госстандарт России, 2001. – 10 с.
7. Громов И. А. Формирование улучшенных потребительских свойств охлажденной рыбы путем совершенствования характеристик охлаждающей среды: автореф. дис. ... канд. наук. – М., 2010. – 18 с.
8. Иммуномикрочиповая технология для эффективного контроля токсикантов в объектах ветеринарного

надзора: достижения и перспективы / В. С. Бабунова, Е. А. Денисова, Г. М. Горяинова [и др.] // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2016. – № 4 (20). – С. 11–15.

9. Индикация и идентификация возбудителей инфекций в продукции животного происхождения на основе биочиповой технологии с биотиновой меткой и колориметрическим детектированием / А. В. Локорев, И. М. Нитяга, Д. В. Федюшин [и др.] // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. – 2016. – № 3. – С. 65–71.

10. Методические указания по ускоренному определению сроков годности пищевых растительных масел: утв. зам. Главного санитарного врача РФ № 1100/2261-98-115 от 23 сентября 1998 г.

11. МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

12. МУК 4.2.2578-10. Санитарно-бактериологические исследования методом разделенного импеданса. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 76 с.

13. СанПиН 2.3.2.1324-03. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 20 с.

14. Сроки годности пищевых продуктов: Расчет и испытание / под ред. Р. Стеле. – СПб.: Профессия, 2008. – С. 27–35.

15. Amezcua A., Kan-King-Yu D., Le Marc Y. Modeling microbial shelf life of foods and beverages // Food and Beverage Stability and Shelf Life / ed. D. Kilcast, P. Subramaniam. – Woodhead Publishing, 2011. – P. 405–452.

16. Chirife J., Buera M. P. Water activity, water glass dynamics, and the control of microbiological growth in foods // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 1996. – Vol. 36, № 5. – P. 465–513.

17. Cousin M. A. Food Microbiology Course Notes. – Purdue University: West Lafayette, IN, 1996.

18. Gill A. O., Holley R. A. Interactive inhibition of meat spoilage and pathogenic bacteria by lysozyme, nisin and EDTA in the presence of nitrite and sodium chloride at 24 °C // Int. J. Food Microbiol. – 2003. – Vol. 80, № 3. – P. 251–259.

19. Huis in't Veld J. H. J. Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview // Int. J. Food Microbiol. – 1996. – Vol. 33, № 1. – P. 1–18.

20. Kong F., Spring R. P. Advances in instrumental methods to determine food quality deterioration // Food and Beverage Stability and Shelf Life / ed. D. Kilcast, P. Subramaniam. – Woodhead Publishing, 2011. – P. 381–399.

21. Ledenbach L. H., Marshall R. T. Microbiological spoilage of dairy products // Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. Food Microbiology and Food Safety / ed. W. H. Sperber, M. P. Doyle. – Springer Science+Business Media, 2009. – P. 41–67.

22. Relationship between ice recrystallization rates and the glass transition in frozen sugar solutions / S. Ablett, C. J. Clarke, M. J. Izzard, D. R. Martin // J. Sci. Food Agric. – 2002. – Vol. 82, № 15. – P. 1855–1859.

23. Seyhan F., Tuskens L. M. M., Evranuz O. Modelling temperature and pH dependence of lipase and peroxidase activity in Turkish hazelnuts // J. Food Engineering. – 2002. – Vol. 52. – P. 387–395.