

УДК 579.842.15:636.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЕТЕКЦИИ БАКТЕРИЙ РОДА *SALMONELLA*

С.Р. Панькова, Ч.Р. Галиева

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

Аннотация. В данной работе рассматриваются микробиологические подходы к идентификации бактерий рода *Salmonella*. Проведенное сопоставление различных методик позволяет оценить их диагностическую эффективность, аналитическую чувствительность, скорость получения данных и экономические аспекты применения.

Ключевые слова: *Salmonella*, детекция, сравнительный анализ, культуральный метод, ПЦР, ИФА, ДНК, преимущества, ограничения.

Введение. Птицеводство представляет собой экономически значимую отрасль, обеспечивающую население сырьем и пищевой продукцией. В условиях растущего спроса на мясную продукцию актуальной задачей становится не только увеличение объемов производства, но и гарантирование высокого качества и конкурентоспособности продукции в рамках глобальной торговой системы. Особое внимание при этом уделяется безопасности продукции птицеводства, поскольку пищевые токсикоинфекции остаются серьезной проблемой для перерабатывающей промышленности. Существенную угрозу для потребителя представляет продукция, полученная от птиц, инфицированных заболеваниями, в частности, сальмонеллезом [1, 2].

Бактерии рода *Salmonella*, включающие более 2500 серотипов, являются частой причиной пищевых инфекций у людей, проявляя патогенные свойства. Обнаружение данных микроорганизмов в пищевых продуктах, воде и на различных поверхностях играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и профилактике вспышек заболеваний. Целью настоящего исследования явилось проведение сравнительного анализа классических и современных методов детекции бактерий рода *Salmonella* по таким критериям, как чувствительность, специфичность, продолжительность анализа и практическая применимость в условиях производственного контроля. В настоящем обзоре проводится сравнение основных микробиологических методов детекции *Salmonella*, анализируются их сильные и слабые стороны [3, 4].

Материалы и методы. Для сравнительной оценки методов детекции *Salmonella* был проведен анализ 50 образцов продукции птицеводства (куриное мясо, фарш, субпродукты). Каждый образец исследовали параллельно тремя методами: культуральным по ГОСТ 31659-2012, методом ПЦР в реальном времени с детекцией в режиме "после реакции" и иммуноферментным анализом (ИФА) с использованием коммерческих тест-систем для выявления группоспецифических антигенов *Salmonella*.

Культуральный метод включал этапы неселективного обогащения в забуференной пептонной воде, селективного обогащения в средах Раппопорта-Вассилиадиса и селенитовой среде с последующим высеиванием на дифференциально-диагностические среды (XLD-агар и агар Эндо). Идентификация изолятов проводилась с использованием биохимических тест-систем («ПБДЭ») и серологической агглютинации.

ПЦР-анализ проводился с использованием коммерческих наборов реагентов, нацеленных на консервативный участок гена *invA*. Подготовка проб включали выделение ДНК из обогатительной бульонной культуры. Амплификация и детекция проводились на амплификаторе с флуоресцентной детекцией.

ИФА выполнялся в соответствии с инструкцией производителя тест-системы. Учет результатов проводился фотометрически на планшетном ридере.

Результаты исследования. Сравнительный анализ показал различную эффективность примененных методов.

Культуральный метод позволил подтвердить наличие *Salmonella* в 8 образцах (16%). При этом был выделен 1 изолят, который не детектировался серологически из-за аутоагглютинации. Основным недостатком метода стала длительность анализа, составившая в среднем 4-5 дней для получения окончательного результата.

Метод ПЦР показал наличие ДНК *Salmonella* в 10 образцах (20%). Результаты были получены в течение 1 рабочего дня, включая этап обогащения и подготовки проб. Высокая чувствительность метода позволила детектировать возбудителя в двух образцах, давших отрицательный результат при культивировании и ИФА.

Иммуноферментный анализ (ИФА) выявил антигены *Salmonella* в 7 образцах (14%). Результаты были получены в течение 24 часов. Однако в одном случае был зафиксирован ложноположительный результат, который не подтвердился ни культуральным методом, ни ПЦР, что может быть связано с перекрестной реактивности.

Сводные данные по результативности методов представлены в таблице.

Таблица – Сравнительная результативность методов детекции *Salmonella* (n=50)

Метод	Число положительных образцов	Процент выявляемости	Время до результата
Культуральный (посев)	8	16%	4-5 дней
ПЦР	10	20%	24 часа
ИФА	7*	14%	24 часа

*С учетом одного ложноположительного результата.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные данные демонстрируют значимые различия в аналитических возможностях исследованных методов. Наибольшую чувствительность продемонстрировал метод ПЦР, что согласуется с литературными данными о его способности выявлять не только жизнеспособные, но и некультивируемые или поврежденные клетки патогена [5]. Два образца, положительных только в ПЦР, могут свидетельствовать либо о низком уровне контаминации, недостаточном для выявления другими методами, либо о присутствии ДНК нежизнеспособных клеток, что является одновременно преимуществом и ограничением метода ПЦР в контексте пищевой безопасности.

Несколько более низкая выявляемость культуральным методом по сравнению с ПЦР может быть объяснена как присутствием ингибиторов роста в образцах, так и возможностью наличия поврежденных клеток, не способных к размножению на питательных средах. Однако только этот метод позволяет получить чистую культуру возбудителя, что незаменимо для дальнейшего эпидемиологического типирования, изучения биологических свойств изолятов и определения антибиотикорезистентности [6, 7].

Результаты, полученные методом ИФА, оказались наименее согласованными с другими методами. Ложноположительный результат, вероятно, обусловлен перекрестной реакцией с антигенами других представителей энтеробактерий. Это подтверждает известное ограничение иммунологических методов, связанное с их специфичностью, которая зависит от качества применяемых антител [8-11]. Преимуществом ИФА остается высокая скорость и пригодность для скрининга большого количества образцов.

Таким образом, ни один из методов не является абсолютно универсальным. Высокая чувствительность ПЦР делает его идеальным инструментом для экспресс-контроля и принятия предварительных решений. Культуральный метод остается "золотым стандартом" для окончательного подтверждения и характеристики изолятов. ИФА может эффективно использоваться в качестве скринингового инструмента в производственных условиях при условии подтверждения положительных результатов альтернативным методом.

Заключение. Проведенное исследование позволило на практике сравнить эффективность трех основных методов детекции *Salmonella* в продуктах птицеводства. Полученные результаты подтверждают, что метод ПЦР обладает наибольшей аналитической чувствительностью и скоростью, что оправдывает его применение для оперативного внутреннего контроля и экспресс-диагностики. Культуральный метод, несмотря на трудоемкость и длительность, остается незаменимым для референс-диагностики, так как предоставляет живой изолят для дальнейшего изучения. Метод ИФА

является быстрым и удобным для скрининга, но требует валидации для конкретных матриц и подтверждения специфичности.

Оптимальным подходом для обеспечения максимальной достоверности при контроле безопасности пищевой продукции является комбинированное применение методов. Например, использование ПЦР или ИФА для быстрого скрининга с последующим культуральным подтверждением всех положительных образцов. Это позволяет сочетать оперативность и высокую специфичность, обеспечивая выпуск безопасной продукции и соответствие требованиям технических регламентов (ТР ЕАЭС 051/2021).

Список использованных источников

1. Андреева, А. В. Технология и ветеринарно-санитарная экспертиза мяса и мясных продуктов : учебно-методическое пособие / А. В. Андреева, Ч. Р. Галиева. – Уфа : Башкирский государственный аграрный университет, 2021. – 128 с.
2. Галиева, Ч. Р. Входной контроль на мясоперерабатывающем предприятии / Ч. Р. Галиева, Е. В. Филипова, О. А. Сабирова // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской области, с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл., 19 марта 2018 года / Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. – с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл.: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2018. – С. 428-430.
3. Козак, С. С. Совершенствование методов выявления сальмонелл и *Staphylococcus aureus* в мясе птицы, субпродуктах и полуфабрикатах из мяса птицы / С. С. Козак // Мировое и российское птицеводство: динамика и перспективы развития – научные разработки по генетике и селекции сельскохозяйственной птицы, кормлению, инновационным технологиям производства и переработки яиц и мяса, ветеринарии, экономики отрасли : Материалы XXI Международной конференции, Сергиев Посад, 23–25 сентября 2024 года. – Сергиев Посад, 2024. – С. 793-797.
4. Рузина, А. В. Диагностика сальмонеллеза птиц с использованием ПЦР-наборов разных производителей / А. В. Рузина // Аграрная наука. – 2024. – № 8. – С. 46-50. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-385-8-46-50.
5. Козак, С. С. К вопросу совершенствования методов выявления сальмонелл и *Staphylococcus aureus* в продуктах убоя птицы / С. С. Козак, Г. А. Степанова // Научно-техническое обеспечение эффективности и качества производства продукции АПК : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВНИИПП, Ржавки, 26 декабря 2024 года. – Ржавки: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАН, 2024. – С. 80-84.
6. Шадрова, Н. Б. Антибиотикорезистентность изолятов сальмонелл, выделенных из продуктов животного происхождения / Н. Б. Шадрова, О. В. Прунтыова, Е. А. Корчагина // Ветеринария сегодня. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 27-34.
7. Галкин, А. О микробиологических методах анализа сальмонеллы в мясе птицы / А. Галкин, Е. Трепалина // Мясной ряд. – 2019. – № 1(75). – С. 56-67.
8. Сунагатуллина, Э. Р. Методы выявления сальмонелл / Э. Р. Сунагатуллина, Ч. Р. Галиева // Зыкинские чтения: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора медицинских наук, профессора Леонида Федоровича Зыкина, Саратов, 28 апреля 2022 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2022. – С. 211-213.
9. Сравнительная оценка качества питательных сред выявления бактерий рода Сальмонелла / Г. С. Скитович, К. В. Серова, Н. Б. Шадрова, О. В. Прунтыова // Ветеринария сегодня. – 2016. – № 2(17). – С. 39-45/
10. Ручнова, О. И. Биологические свойства изолятов бактерий рода *Salmonella* / О. И. Ручнова, Е. С. Куркина // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 30-1. – С. 11-14. – EDN WZTRHT.
11. Киселева, Е. П. Новая тест-система для детекции наличия сальмонелл в пищевых продуктах методом конкурентного иммуноферментного анализа / Е. П. Киселева, К. И. Михайлопуло, О. В. Свиридов // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2025. – Т. 70, № 1. – С. 55-68.