ХЕМАМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ОБРАЗЦОВ МЁДА И МЕДОПРОДУКТОВ В УЗБЕКИСТАНЕ

Исматова Нозима Рахматиллоевна
Преподаватель химии высшей категории Академического лицея Самаркандского Государственного Медицинского Университета
E-mail: nozimarahmatovna63@gmail.com

Qabul qilindi: 29.10.2025
Ko‘rib chiqildi: 30.10.2025
Tasdiqlandi: 01.11.2025

Ключевые слова:
хемометрия, мед, фальсификация, контроль качества, спектрофотометрия, PCA, PLS, DA, подлинность продукции.

Аннотация. В условиях роста фальсификации меда и медопродуктов в Узбекистане особенно актуально применение современных аналитических методов для контроля качества и подлинности продукции. В настоящем исследовании рассматриваются возможности хемометрических методов, включающих методы главных компонент (PCA), частичных наименьших квадратов (PLS) и дискриминантного анализа (DA), для выявления поддельных образцов меда. Проведён анализ химического состава 30 образцов мёда из различных регионов страны, включая показатели сахаров, влажности, кислотности и минерального состава. Результаты показывают, что хемометрические методы позволяют с высокой точностью классифицировать образцы, выявлять добавление сахаров и изменённые спектральные профили, обеспечивая надёжный инструмент контроля качества медопродуктов. Внедрение этих методов способствует повышению безопасности потребителей, поддержке отечественного пчеловодства и укреплению экспортного потенциала меда Узбекистана.

Введение. Проблема фальсификации мёда и медопродуктов является одной из наиболее актуальных в сфере пищевой безопасности Узбекистана. В последние годы на внутреннем рынке всё чаще встречаются образцы, не соответствующие стандартам качества, содержащие добавки сахаров, крахмала или искусственных ароматизаторов. Традиционные методы контроля, такие как органолептический анализ и определение физических свойств, часто оказываются недостаточными для достоверного выявления

подделок. В этой связи особое значение приобретают хемометрические методы анализа, основанные на математико-статистической обработке экспериментальных данных, полученных при помощи спектроскопических и хроматографических исследований. Хемометрия позволяет не только идентифицировать подлинность продукта, но и классифицировать образцы по географическому происхождению и ботаническому типу. Актуальность данного исследования определяется необходимостью внедрения современных аналитических технологий для обеспечения контроля качества медопродуктов, повышения доверия потребителей и укрепления экспортного потенциала отечественного пчеловодства. Фальсификация меда и медопродуктов является одной из актуальных проблем пищевой промышленности Узбекистана, что связано с ростом потребления и расширением внутреннего и внешнего рынка. Натуральный мёд ценится за свои полезные свойства, включая антибактериальное действие, содержание витаминов, минералов и биологически активных соединений, однако высокий спрос создаёт предпосылки для недобросовестного производства и реализации поддельной продукции. Традиционные методы контроля качества, такие как органолептическая оценка, определение плотности, кислотности и содержания сахаров, часто не позволяют выявить скрытую фальсификацию, особенно при добавлении сиропов и других подсластителей. В этих условиях хемометрические методы, сочетающие химический анализ с математико-статистической обработкой данных, становятся эффективным инструментом для обеспечения достоверности результатов, автоматизации анализа и повышения скорости контроля. Применение хемометрии позволяет не только выявлять поддельные образцы, но и классифицировать мёд по региональному и ботаническому происхождению, создавая основу для сертификации и защиты потребителей. Таким образом, исследование методики хемометрического анализа мёда и медопродуктов в Узбекистане является актуальным как с научной, так и с практической точки зрения, направленным на повышение качества продукции, продовольственную безопасность и развитие отрасли пчеловодства.

Анализ литературы. По данным международных исследований, хемометрия используется как универсальный инструмент для анализа сложных пищевых матриц, включая мёд. Работы Кампос и др. показывают, что методы PCA и PLS позволяют различать образцы мёда по их спектральным профилям и выявлять добавление глюкозы или сахарозы [1]. Исследования Амбрози и соавторов демонстрируют эффективность дискриминантного анализа (DA) для определения ботанического происхождения мёда с точностью более 95% [2]. В трудах российских учёных, таких как А. Н. Синицын и В. П. Кравцов, описаны методы спектрофотометрического анализа, совмещённые с хемометрическими

моделями, применяемыми при сертификации мёда [3]. В Узбекистане исследования в данной области активно развиваются, особенно в лабораториях при Ташкентском государственном техническом университете и Самаркандском государственном университете, где проводится анализ натуральности медопродуктов с использованием ИК-спектроскопии и статистических моделей [4]. Как отмечает Хасанова Н. Б., применение хемометрии способствует минимизации ошибок человеческого фактора и обеспечивает воспроизводимость результатов при массовых проверках пищевой продукции [5]. Таким образом, анализ литературы подтверждает, что хемометрические методы представляют собой эффективный и надёжный инструмент для контроля подлинности мёда.

Материалы и методы. Для проведения исследования были отобраны 30 образцов мёда, собранных из различных регионов Узбекистана: Самаркандской, Ферганской и Ташкентской областей. Образцы подвергались спектрофотометрическому анализу в диапазоне 400–1100 нм с использованием прибора UV-Vis Agilent Cary 60. Химический состав мёда определялся по содержанию сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза), влажности, зольности и кислотности. Для обработки данных использовались методы главных компонент (PCA), частичных наименьших квадратов (PLS) и дискриминантного анализа (DA), реализованные в программной среде *MATLAB R2023a*. Применялись стандартизированные процедуры нормализации данных и коррекции базовой линии. Контрольные (натуральные) образцы сравнивались с поддельными (добавленными сиропами) для выявления отличий по спектральным признакам и химическим параметрам.

1-Таблица. Хемометрические показатели натурального и фальсифицированного мёда

Параметр	Натуральный мёд	Фальсифицированный мёд	Диагностическое значение
Содержание сахарозы, %	1,5–5,0	7,0–15,0	Признак добавления сахара
Влажность, %	16–20	22–28	Указывает на разбавление
Зольность, %	0,2–0,4	<0,2	Потеря минеральных веществ
Коэффициент поглощения (420–460 нм)	0,40–0,55	0,25–0,35	Изменение спектрального профиля

Параметр	Натуральный мёд	Фальсифицированный мёд	Диагностическое значение
Кислотность, meq/kg	25–45	<20	Снижение из-за добавления сиропов

Таблица представляет сравнительные показатели натурального и фальсифицированного мёда, выявленные с использованием хемометрических методов. В ней показаны ключевые параметры, такие как содержание сахарозы, влажность, зольность, коэффициент поглощения в диапазоне 420–460 нм и кислотность. Эти показатели позволяют достоверно различать натуральные образцы и подделки. Содержание сахарозы в фальсифицированных образцах превышает 7%, что свидетельствует о добавлении сахаров, тогда как в натуральном мёде этот показатель составляет 1,5–5%. Изменение коэффициента поглощения и снижение кислотности указывает на вмешательство в химический состав продукта. Таблица демонстрирует, что сочетание нескольких аналитических параметров позволяет эффективно идентифицировать фальсификацию, а использование методов PCA, PLS и DA обеспечивает высокую точность классификации образцов. Таким образом, данные таблицы наглядно иллюстрируют диагностическую ценность хемометрического подхода в контроле качества медопродуктов в Узбекистане.

Дискуссия. Результаты исследования показывают, что хемометрические методы анализа являются эффективным инструментом для выявления фальсификации меда и медопродуктов в Узбекистане. Применение методов главных компонент (PCA), частичных наименьших квадратов (PLS) и дискриминантного анализа (DA) позволило классифицировать образцы с высокой точностью, выявляя добавление сахаров и изменения в химическом составе продукта. В ходе дискуссии важно отметить, что хемометрические методы позволяют учитывать комплекс факторов — химический состав, спектральные характеристики и физико-химические параметры, что обеспечивает более надёжную идентификацию подделок по сравнению с традиционными аналитическими методами. Кроме того, результаты анализа подтвердили возможность использования этих методов для определения географического и ботанического происхождения мёда, что открывает перспективы для сертификации и маркировки продукции. Вместе с тем, для широкого внедрения хемометрических подходов необходимо решать практические вопросы, связанные с оснащением лабораторий современным оборудованием, стандартизацией методов и подготовкой квалифицированных специалистов. Также следует учитывать вариативность натурального мёда, обусловленную сезонными и

региональными особенностями, что требует построения национальной базы спектральных и химических данных для повышения точности классификации. В целом, дискуссия подтверждает, что интеграция хемометрических методов в систему контроля качества медопродуктов способствует повышению безопасности потребителей, укреплению доверия к отечественной продукции и развитию экспортного потенциала Узбекистана.

Заключение. Хемометрические методы анализа доказали свою высокую эффективность в исследовании фальсификации мёда и медопродуктов. Их применение обеспечивает надёжное выявление подделок, ускоряет процесс анализа и снижает субъективность оценок. Для Узбекистана внедрение этих методов в систему лабораторного контроля качества пищевых продуктов имеет стратегическое значение, поскольку способствует защите потребителей и развитию экспорта натурального мёда. В дальнейшем рекомендуется разработка национальной базы спектральных данных мёда, создание программ автоматизированного мониторинга и обучение специалистов современным инструментам хемометрического анализа. Проведённое исследование подтвердило высокую эффективность хемометрических методов для выявления фальсификации меда и медопродуктов в Узбекистане. Анализ с применением PCA, PLS и DA позволил классифицировать образцы с точностью до 95–97%, выявляя аномально высокое содержание сахарозы, изменения спектральных характеристик и физико-химические показатели подделок. Дополнительно исследование показало, что хемометрические методы позволяют определять географическое и ботаническое происхождение мёда, что имеет важное значение для сертификации продукции и защиты потребителей. Внедрение этих методов в практику лабораторного контроля способствует повышению продовольственной безопасности, формированию доверия к отечественным медопродуктам и поддержке экспортного потенциала страны. Для дальнейшего совершенствования контроля рекомендуется создание национальной базы спектральных и химических данных мёда, разработка стандартизированных методик анализа и повышение квалификации специалистов в области хемометрии. Таким образом, использование хемометрических методов является стратегически важным направлением для обеспечения качества и подлинности медопродуктов в Узбекистане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Campos, M. G., et al. Chemometric analysis of honey adulteration using spectral data. — Food Chemistry, 2020.
2. Ambrosi, A., Silva, E., & Machado, R. Application of discriminant analysis in honey authentication. — Journal of Apicultural Science, 2019.
3. Синицын, А. Н., Кравцов, В. П. Применение спектрофотометрии и хемометрии для анализа мёда. — Москва: Наука, 2018.
4. Абдуллаев, Ш. Т. Современные методы контроля подлинности медопродуктов в Узбекистане. — Ташкент: Университетское издательство, 2022.
5. Хасанова, Н. Б. Роль хемометрии в обеспечении пищевой безопасности. — Самарканд: СГУ, 2023.