

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕНСОРНОГО АНАЛИЗА НАТУРАЛЬНОГО МЁДА

О. А. ГАВРИЛИК,

*УО «Гродненский государственный аграрный университет», ООО «Мядовы шлях»
г. Гродно, Республика Беларусь, 230008*

Н. И. КУДРЯВЕЦ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 21.03.2025)

Целью данной статьи является анализ сочетания традиционных экспертных оценок мёда с технологическими инновациями, что позволяет повысить точность и эффективность анализа новых разработок в методах сенсорного анализа меда, для его идентификации и защиты от фальсификации.

В последние годы мед все чаще становится мишенью для фальсификаторов. Сегодня он входит в десятку наиболее часто подделываемых продуктов питания. Основными причинами этого являются высокий спрос и разница в цене между различными видами меда.

Исследования качества и безопасности меда, в особенности создание и совершенствование методов выявления фальсификации меда, проводились и проводятся во многих странах мира, в том числе и в Республике Беларусь.

В данной статье рассматриваются современные тренды в сенсорном анализе мёда, включая внедрение электронных сенсоров, интеграцию с химическими методами, применение искусственного интеллекта (ИИ) и стандартизацию процессов.

Ключевые слова: мед, сенсорный анализ мёда, вкус, цвет, дескрипторы, электронный нос и язык, сенсорные датчики, машинное обучение.

The purpose of this article is to analyze the combination of traditional honey expert assessments with technological innovations, which allows to increase the accuracy and efficiency of the analysis of new developments in honey sensory analysis methods for its identification and protection from counterfeiting.

In recent years, honey has increasingly become a target for counterfeiters. Today, it is among the ten most frequently counterfeited food products. The main reasons for this are high demand and the difference in price between different types of honey.

Research on the quality and safety of honey, in particular the creation and improvement of methods for detecting honey counterfeiting, have been and are being conducted in many countries around the world, including the Republic of Belarus.

This article discusses modern trends in honey sensory analysis, including the introduction of electronic sensors, integration with chemical methods, the use of artificial intelligence (AI) and process standardization.

Key words: honey, honey sensory analysis, taste, color, descriptors, electronic nose and tongue, sensors, machine learning.

Введение. Мед давно вошел в рацион питания человека, как продукт, обладающий ценными лечебно-профилактическими свойствами и большим разнообразием вкусовых оттенков, связанных с природно-климатическими, географическими условиями и ботаническим происхождением меда [1].

Мёд – сложный натуральный продукт, чьи органолептические свойства (вкус, аромат, цвет, текстура) определяются ботаническим и географическим происхождением. У меда сложный вкусовой профиль, состоящий из сахаров, органических кислот, аминокислот, витаминов и минералов, обусловлен взаимодействием этих компонентов, каждый из которых привносит свои особые сенсорные качества. Однако глобализация рынка и массовая фальсификация (добавление сахарных сиропов, неправильная маркировка) требуют разработки надежных методов контроля качества. Сенсорный анализ, традиционно основанный на оценке экспертов, дополняется технологиями, минимизирующими субъективность [2].

Классический подход предполагает участие обученной сенсорной панели, оценивающей мёд по стандартизированным дескрипторам (например, по шкалам интенсивности цветочного аромата или кристаллизации). Методы регламентируются стандартами, такими как ISO 13299:2016 [6].

Однако эти подходы имеют значительные недостатки:

- субъективность: восприятие вкуса и запаха варьируется между экспертами;
- высокие затраты: требуется длительное обучение дегустаторов;
- ограниченная воспроизводимость: результаты зависят от условий проведения тестов.

Несмотря на это, традиционные методы остаются «золотым стандартом» для определения сложных нюансов, таких как длительность послевкусия или баланс кислоты и сладости.

Методику сенсорного анализа меда разработали специалисты Франции – Мишель Гоне (Станция зоологии и апиологии Националь-

ного института агрономических исследований, Монфаве) и Габриель Ваш (энолог и эксперт по дегустации, директор центра).

В 1987 году М. Гоне впервые организовал курсы дегустации в профессиональном учебном центре (С.Ф.Р.А.) в Иере.

В последствии курсы были организованы в Италии, в кооперативе «Апиривьера» в Финале-Лигуре (Sv), по инициативе местной торговой палаты [10].

В 1987 году была создана рабочая группа, объединившая научно-исследовательские институты, ассоциации пчеловодов и другие организации, участвующие в подготовке дегустаторов.

Благодаря деятельности рабочей группы в 1988 году был создан специальный регистр для квалификации дегустаторов, что стало первым европейским опытом в этом секторе. В 1991 году управление Национальным регистром экспертов по сенсорному анализу меда было поручено Национальному институту пчеловодства в Болонье [10].

Деятельность Регистра осуществляется по нескольким направлениям. На институциональном уровне цель состояла в том, чтобы добиться официального признания структуры и роли дегустатора. На техническом уровне были предложены стандартизированные методы работы по проведению анализов, обучения дегустаторов и проведения конкурсов; регулярно организуются базовые, продвинутые и курсы повышения квалификации для дегустаторов; продолжается изучение и экспериментальная деятельность по оптимизации сенсорного анализа меда.

В Италии одной из самых значимых фигур в области сенсорного анализа меда является Лючия Пьяна, которая также является автором многочисленных публикаций на эту тему. По мнению Пьяны, основными целями сенсорного анализа являются улучшение качества и повышение ценности продукта. Что касается качества, то сенсорный анализ позволяет выявить и определить стандартизированные параметры для идентификации ботанического происхождения и качества меда. Он также помогает производителю на различных этапах производства и упаковки продукта. Что касается продвижения, то его целью является повышение осведомленности конечных потребителей о продукте, позволяющее им узнать его характеристики и особенности, которые зачастую далеки от однообразия и гомогенности, к которым стремятся массовые розничные продавцы [9].

Основная часть. Современные тренды оценки меда включают:

– использование электронных носов и языков;

- комбинацию сенсорных и химических данных (например, хроматографии);
- применение искусственного интеллекта для обработки больших объемов данных;
- стандартизацию методов и учет региональных потребительских предпочтений.

Электронные носы и языки. Эти устройства имитируют человеческие органы чувств, используя массивы сенсоров для определения летучих соединений (электронный нос) или вкусовых компонентов (электронный язык).

Электронные носы (e-Noses) представляют собой эффективный инструмент для проверки подлинности продуктов питания и – среди прочего – для определения их происхождения. Бывают электронные носы на основе металл-оксидных сенсоров и масс-спектрометрии. Например, исследования показали, что электронные носы на основе металл-оксидных полупроводников (MOS- сенсоры на основе оксида металла для электронных носов и их применение для анализа пищевых продуктов) эффективно различают мёд по ботаническому происхождению (например: акация vs. гречиха) с точностью до 95 %.

Электронные языки (E-tongues) – это аналитическое устройство, используемое для оценки вкусовых качеств (например, кислинки, солености, сладости, горечи и умами) пищевых продуктов. Он состоит из набора чувствительных элементов, включая ферменты, липиды и металлические частицы, с ограниченной избирательностью.

Вольтамперометрический электронный язык разработка Политехнического университета Валенсии (Испания) для тестирования натуральности мёда. Принципы работы вольтамперометрических электронных языков основаны на измерении зависимости тока от напряжения в электрохимической ячейке. Это позволяет анализировать электропроводность и химический состав мёда. Активно используются для быстрого обнаружения добавок (например, кукурузного сиропа или патоки) в мёде. Результаты получают менее чем за час, что ускоряет контроль качества [7].

Потенциометрические системы с перекрестной чувствительностью используют массивы неселективных химических сенсоров, чувствительных к множеству компонентов одновременно (например, ионам, органическим кислотам, сахарам). Позволяют анализировать сложные многокомпонентные смеси, такие как мёд, где традиционные методы

могут быть недостаточно точными. Сенсоры на основе мембранных материалов, реагируют на неорганические и органические соединения в мёде.

Оптические сенсорные системы используют спектроскопию в видимом или инфракрасном диапазоне для анализа цвета, прозрачности и химического состава мёда. Данные системы позволяют выявлять неестественные оттенки или включения, указывающие на добавление красителей или сахаров в мёд [8].

Спектроскопия и хроматография. Инфракрасная спектроскопия (NIR) и газовая хроматография-масс-спектрометрия (GC-MS) идентифицируют химические маркеры (например, фенолы), коррелирующие с сенсорными свойствами. Комбинация этих методов с сенсорными данными позволяет создать «отпечаток» мёда, что полезно для обнаружения примесей.

Метод SPR, или поверхностный плазмонный резонанс, используется для изучения взаимодействия между молекулами в реальном времени без использования репортных меток. Данный метод обладает высокой поверхностной чувствительностью и может быть использован для анализа шероховатости поверхности образцов меда.

Метод SPRE предполагает использование щупа, который перемещается по поверхности образца меда, измеряя вертикальное смещение щупа по мере его движения. Это смещение затем используется для расчета шероховатости поверхности образца. Данный метод особенно полезен для выявления фальсификации меда, поскольку фальсифицированный мед часто имеет более гладкую поверхность, чем чистый. Это связано с тем, что процесс фальсификации обычно включает в себя нагревание и фильтрацию меда, что позволяет удалить примеси и кристаллизовать сахара, в результате чего поверхность становится более гладкой.

В исследовании «Характеристика выбранных алжирских медов и определение некоторых потенциальных биомаркеров» [3] метод SPRE был использован для анализа шероховатости поверхности образцов меда из разных регионов Алжира. Результаты показали, что шероховатость поверхности образцов меда зависит от региона, в котором они были собраны, причем образцы из пустыни Сахара имеют более гладкую поверхность, чем образцы из гор Телль-Атлас.

Результаты данного исследования также показали, что на шероховатость поверхности меда могут влиять условия его хранения. Напри-

мер, мед, хранящийся при высоких температурах, имеет более гладкую поверхность, чем мед, хранящийся при низких температурах. Это объясняется тем, что под воздействием высоких температур сахара в меде кристаллизуются, в результате чего его поверхность становится более гладкой.

В целом, результаты данного исследования свидетельствуют о том, что метод SPRE является полезным инструментом для выявления фальсификации меда, поскольку он позволяет получить представление о шероховатости поверхности образцов меда и о том, как на эту шероховатость влияют различные факторы, такие как регион, в котором собран мед, тип цветов, с которых пчелы собирают нектар, и условия хранения меда [3].

Этот вывод согласуется с результатами и других исследователей, которые показали, что на шероховатость поверхности меда может влиять тип цветов, с которых пчелы собирают нектар, а также методы обработки, используемые для извлечения меда. Например, мед, собранный с цветов с высоким содержанием пыльцы, имеет более шероховатую поверхность, чем мед, собранный с цветов с низким содержанием пыльцы [5].

Роль искусственного интеллекта. Машинное обучение (МО) применяется для анализа многомерных данных. Например, алгоритмы PCA (Principal Component Analysis) и кластерного анализа классифицируют образцы по происхождению, а нейросети предсказывают сенсорные профили на основе химического состава. Алгоритмы обучаются на больших массивах данных сенсорных оценок, предсказывая качество и соответствие стандартам.

В 2022 году модель на основе искусственного интеллекта предсказала интенсивность цветочного аромата с точностью 89 %, используя данные газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС). (Подход машинного обучения, объединяющий спектральные данные из разных источников, для прогнозирования цветочного происхождения и вкусовых компонентов меда *Apis cerana*) [4].

Интеграция сенсорных и химических данных. Совместное использование органолептических и инструментальных методов усиливает надежность анализа. Например, электронный язык, дополненный данными о содержании глюкозы, позволяет точнее определить фальсификацию сахаром.

Подобный подход использовался в проекте ЕС «Honey Authenticity», где комбинация методов снизила ошибки аутентификации мёда на 30 %.

Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (спектроскопия ЯМР) позволяет с высокой точностью определить состав и подлинность меда. Он позволяет ученым идентифицировать и количественно определять различные компоненты, присутствующие в образце. Одна из основных причин, по которой NMR неочень ценится в анализе меда – его способность обнаруживать присутствие добавленных сахаров или сиропов [5].

Стандартизация и регуляторные аспекты. В мире не существует стандартной шкалы. Однако в целом мед содержит 80–85 % углеводов, 15–17 % воды, 0,3 % белков, 0,2 % золы и незначительное количество аминокислот, фенолов, пигментов и витаминов.

Несмотря на технологический прогресс, отсутствие единых стандартов для новых методов затрудняет их внедрение. Инициативы, такие как разработка ISO-стандартов для электронных носов, и создание открытых баз данных сенсорных профилей (Honey Research Network) способствуют унификации.

Предпочтения потребителей варьируются: в Европе ценят светлые цветочные сорта, а в Азии – темные с сильным ароматом. Сенсорный анализ адаптируется под эти тренды, фокусируясь на ключевых параметрах для конкретных рынков. Например, в Бразилии разработаны шкалы для оценки терпкости мёда из тропических растений.

Интеграция традиционных и технологических методов – ключевой тренд. Электронные сенсоры обеспечивают скорость и объективность, а эксперты-дегустаторы – интерпретацию сложных характеристик.

Однако остаются вызовы:

- стоимость оборудования: высокие цены на электронные носы и языки ограничивают их применение в развивающихся странах;
- необходимость междисциплинарных исследований: сотрудничество химиков, специалистов по обработке данных и сенсорных аналитиков.

Разработка портативных сенсоров для полевых условий. Использование блокчейн-технологии (отслеживание цепочки поставок: от улья до прилавка. Например, проект «HoneyDNA» анализирует пыльцу в мёде, чтобы подтвердить регион сбора. Здесь используется набор «HoneyDNA» и по образцу меда производится анализ генетического

материала, чтобы определить виды растений с которых пчелы собирали нектар.) для отслеживания происхождения мёда. Глубокое обучение для анализа мультисенсорных данных [8].

Заключение. Сенсорный анализ мёда переживает технологичную трансформацию. Сочетание электронных устройств, искусственного интеллекта и традиционных методов повышает точность и эффективность оценки, что критически важно для борьбы с фальсификацией и удовлетворения запросов потребителей. Дальнейшие исследования должны быть направлены на удешевление технологий, укрепление международных стандартов и учет культурных особенностей спроса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологии и механизация в пчеловодстве: учебное пособие // В. К. Пестис [и др.]; Гродненский государственный аграрный университет. - Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 213 с.
2. AI-driven prediction of honey sensory profiles // Chen, Y. et al. (2022). «Food Chemistry», 345, 128732.
3. Characterization of selected Algerian honeys and identification of some potential biomarkers // Nakib, Rifka, (2022), Universite Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou.
4. Electronic nose for honey authentication: A review. «Trends in Food Science & Technology» // Wang, J. et al. (2020) 102, 243-254.
5. Honey Authenticity Project: Final Report. European Commission. (2021).
6. ISO 13299:2016. Sensory analysis – Methodology – General guidance.
7. Regional preferences in honey sensory attributes. «Journal of Sensory Studies» //Silva, R. et al. (2021). 36(4), e12658.
8. Sensory analysis applies to honey: state of the art. // Piana M.C., Oddo L.P., Bentabol A., Bruneau E., Bogdanov S., Guyot Declerck C.: Apidologie 35, 2004, 26-37.
9. STANDARD FOR HONEY CXS// 12-19811 Adopted in 1981. Revised in 1987, 2001. Amended in 2019.
10. The Taste of Honey: The Sensorial Analysis and Different Applications of an Evaluation Method of the Quality of Honeys // Michel Gonnet, Gabriel Vache, Apimondia Publishing House, 1989.