

Сенсорные системы «электронный нос» для контроля качества мяса*

Чернуха Ирина М., Кузнецова Татьяна Г., Селиванова Екатерина Б.

Р е ф е р а т: Научные исследования показали целесообразность применения электронного носа «VOCmeter» для инструментального контроля качества свежести мяса и мясных продуктов. Результаты подтвердили возможность использования системы для определения видовой принадлежности мяса.

Сравнительные исследования показали перспективность применения инструментальных систем для объективной оценки запаха и аромата мяса и мясных продуктов, что позволит в дальнейшем избежать влияния человеческого фактора при органолептических исследованиях. Преимуществами этих методов являются простота и скорость выполнения анализов.

Ключевые слова: мясо, электронный нос, свежесть, аромат, видовая принадлежность

Electronic nose sensory systems for meat quality control

A b s t r a c t: Researches confirmed VOCmeter (electronic nose) to be an advanced meat quality control instrument, in particular to analyze the freshness of meat and meat products. Results show the possibility of VOCmeter to be used for meat species identification, as well.

Comparative experiments demonstrated the perspectives of instrumental systems for objective flavor evaluation of meat and various meat products in order to avoid the "human factor" in panel testing.

Simplicity, sensitivity and rapidity are the advantages of the above method.

Key words: sensory systems, electronic nose, product freshness, identification, flavor evaluation

Senzorni sistem elektronskog nosa za kontrolu kvaliteta mesa

S a d r ž a j: Autori su potvrdili da je VOCmetar (elektronski nos) savremen kontrolni instrument za određivanje kvaliteta mesa, posebno za vršenje ispitivanja svežine mesa i mesnih proizvoda. Rezultati ukazuju na mogućnost upotrebe VOSmetra u cilju određivanja životinjskog porekla mesa.

U poređni ogledi su pokazali perspektive instrumentalnih sistema za objektivnu evaluaciju ukusa mesa i mesnih prerađevina u cilju izbegavanja "ljudskog faktora" tokom testiranja.

Jednostavnost, osetljivost i brzina su glavne prednosti prikazane metode.

Ključne reči: senzorni sistemi, elektronski nos, svežina proizvoda, identifikacija, procena ukusa

Введение

Для контроля качества пищевых продуктов традиционно используются органолептические показатели, оцениваемые в основном с помощью органов зрения, вкуса и обоняния. Большую ценность органолептические показатели приобретают при дополнении качественной информации количественной оценкой, получаемой с помощью аналитических методов.

Запах - один из основных показателей качества пищевых продуктов, который формируется комплексом летучих веществ. Анализ

запаха осложнен тем, что его составляют разнообразные легколетучие вещества с относительно небольшой молекулярной массой (Анисимкин и сат. 1998). В связи с чем, применение средств и технологий современной техники и электроники для решения задач, связанных с установлением качества запаха, является, без сомнения, чрезвычайно актуальным. Аналитические возможности современных газовых и жидкостных хроматографов и масс-спектрометров позволяют получить разнообразную информацию о качественном и количественном составе запахов пищевых про-

*Plenary paper on International 55th Meat Industry Conference held from June 15-17th 2009 on Tara mountain

*Plenarno predavanje na Međunarodnom 55. savetovanju industrije mesa, održanom 15-17. juna 2009. na Tari

АВТОРЫ: Ирина М. Чернуха, kd-7@mail.ru, Татьяна Г. Кузнецова, Екатерина Б. Селиванова, ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии, 109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 26.

AUTORI: Irina M. Černuha, kd-7@mail.ru, Tatjana Kuznecova, Ekatarina B. Selivanova, Sveruski naučnoistraživački institut industrije mesa, VNIIMP, Gorbatova Roselholcakademi, Talalihina 26, 109316, Moskva, Rusija.

дуктов. Однако такие исследования являются зачастую неоправданно дорогостоящими, требуют сложной подготовки проб, больших затрат времени и химических реактивов. Именно по этой причине становятся приоритетными разработки более простых, дешевых и, самое главное, быстрых анализаторов для экспрессной оценки состава запахов пищевых продуктов в практической работе лабораторий предприятий.

В конце 1980 годов была разработана схема одновременной обработки аналитических сигналов от группы неселективных сенсоров (*Грень и сат* 1985). Возможность реализации такого технического решения основана, в первую очередь, на опережающем развитии средств вычислительной техники, обеспечивающей обработку многопараметрической информации в режиме реального времени. При использовании мультисенсорной системы можно получать с известной точностью информацию, как о составе, так и о концентрации отдельных составляющих многокомпонентных газовых смесей. Итогом этих исследований стал новый тип искусственных аналитических систем - «электронный нос» (*Грень и сат* 1985).

«Электронный нос» - это анализатор паров или газов на основе разнородных сенсоров, имитирующих работу органов обоняния человека. Подобная сенсорная система обеспечивает получение узнаваемого образа анализируемой смеси паров пахучих веществ, которая может содержать сотни различных химических соединений. «Электронный нос» состоит из сенсоров, которые подбираются по их химическому средству к отдельным компонентам анализируемой смеси газов и паров. Каждый сенсор обладает различной чувствительностью к анализируемым веществам и имеет свой специфический профиль откликов в ответ на тестируемые запахи (*Чернуха и сат* 2008).

В свете решения задач оценки качества мясного сырья и вспомогательных материалов, а также идентификации и установления факта фальсификации пищевых продуктов при входном контроле на предприятиях, использование «электронного носа» представляется достаточно перспективным. Применение сенсорных систем позволяет обойти массу проблем, связанных с использованием в оценке качества пищевых продуктов специально обученных дегустаторов. К числу таких проблем относят: особенности сенсорной чувствительности каждого из дегустаторов; адаптацию чувствительности обонятельного органа при длительном воздействии стимула; влияние на остроту обо-

няния усталости, различных инфекций, токсических веществ, физического состояния человека; субъективности в оценках восприятия и ряд других факторов.

В представленной статье показаны возможности использования мультисенсорной системы «VOCmeter» для оценки качества мясного сырья и готовой продукции, с целью повышения объективности получаемых результатов, внедрения экспресс-методик, позволяющих сократить время и затраты на проведение испытаний, а также избежать противоречий, возникающих при использовании традиционных методов исследования.

Материалы и методы

Объектами исследования являлось мясное сырьё (свинина охлаждённая и размороженная); охлаждённое мясное сырьё различных видов убойных животных и птицы; свинина запечённая, полученная из охлаждённого и размороженного мясного сырья; свинина и говядина после варки; ветчинные консервы: из свинины (ветчина «Рубленая») и из говядины (ветчина «Любительская»). Сенсорную оценку проводили органолептическим методом и на приборе «VOCmeter» фирмы «AppliedSensor» (Германия), включающем восемь сенсоров QMB и четыре сенсора MOS (рис.1).



Рис. 1. Прибор „VOCmeter”
Slika 1. Instrument „VOCmeter”

Результаты и обсуждение

Как показали проведённые исследования, немаловажное значение «электронный нос» может иметь при оценке свежести пищевой продукции, тем более что на сегодняшний день обонятельные тесты не позволяют решить данную задачу в требуемом объеме.

Калибровочные графики мультисенсорной оценки свежести мышечной и жировой тканей на примере свинины представлены на рис.2 и 3.

Границы показаний сенсоров для соответствующих категорий свежести мясного сырья (мышечной и жировой тканей отдельно) устанавливали согласно результатам принятых физико-химических и органолептического методов исследования. Критерии оценки свежести мяса инструментальным сенсорным методом определяли путём обработки показаний сенсоров методом главных компонент.

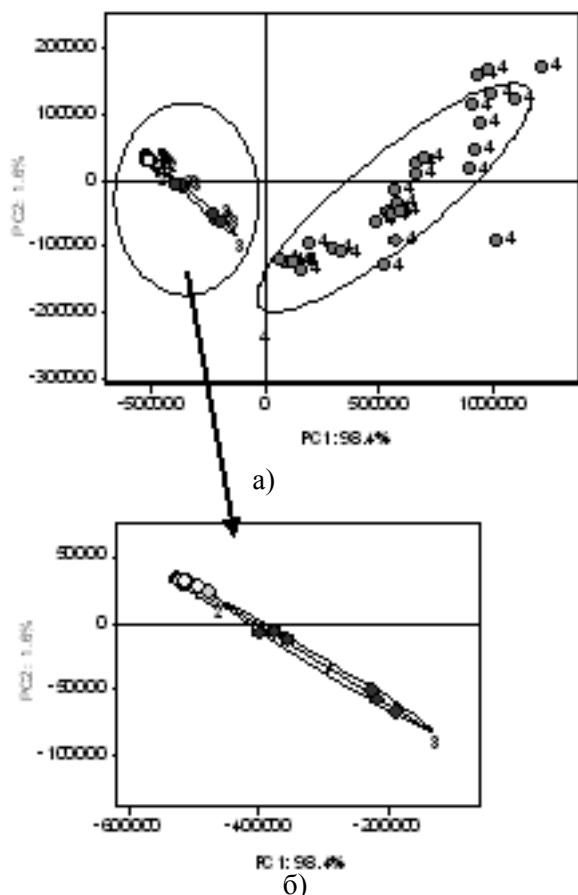


Рис. 2: а) График пространственного расположения точек мультисенсорного анализа мышечной ткани четырёх категорий свежести (1 – свежее мясо, 2 – свежее, не подлежащее длительному хранению, 3- сомнительной свежести, 4 – несвежее); б) Фрагмент графика а) для мышечной ткани трёх категорий свежести (свежее; свежее, не подлежащее длительному хранению; сомнительной свежести).

Slika 2. а) grafikon prostornog razmeštanja tačaka multisenzorne analize mišićnog tkiva četiri kategorije svežosti (1 – sveže meso, 2 – sveže, koje nije dugo skladišteno, 3 – sumnjive svežine, 4 – nije sveže); б) deo grafikona а) za mišićna tkiva tri kategorije svežine (sveže, sveže koje nije dugo skladišteno, sumnjive svežine)

На рис. 2 видно, что с увеличением количества летучих веществ, образующихся в процессе порчи мяса, увеличивается размер кластера (область расположения точек, характеризующая каждую из категорий свежести сырья). Например, область точек, характеризующая свежие образцы, располагается в четвёртой четверти системы координат и её размеры невелики. Следует отметить, что анализ полученных данных позволил выявить группу точек, значения первой главной компоненты которых имели большие величины, чем область, характеризующая свежее мясо. Таким образом, была идентифицирована категория мяса «свежее, не подлежащее длительному хранению». Кластер, характеризующий образцы «сомнительной свежести», имеет большие размеры и располагается в третьей четверти системы координат. Кластер, характеризующий несвежие образцы, имеет наибольшие размеры и располагается в первой и второй четвертях системы координат.

Следует отметить, что с накоплением продуктов порчи мяса увеличивается значение первой главной компоненты.

На рис. 3 видно, что расположение кластеров, свойственных жировой ткани, аналогично расположению кластеров мышечной ткани соответствующих категорий свежести.

Мясо различных видов животных характеризуется специфическим запахом, но в большинстве случаев идентифицировать видовую принадлежность мясного сырья органолептическим методом сложно. В отличие от существующих на сегодняшний день методов определения вида мяса (метод полимеразной цепной реакции, иммуно-ферментного анализа и др.), использование мультисенсорных систем не требует высоких затрат материалов, а также длительной и трудоёмкой подготовки проб.

Проведение сравнительного анализа показаний сенсоров прибора «VOCmeter», полученных при исследовании летучих компонентов говядины, свинины, баранины, мяса кур, страуса и индейки, и обработка их методом главных компонент, позволили получить график, представленный на рис.4.

На рисунке видно, что области точек, характеризующие каждый вид мяса, объединены в кластеры, свойственные каждому из видов мясного сырья. На основании комплекса проведённых работ также установлена возможность применения мультисенсорных инструментальных систем для определения видовой принадлежности мясного сырья. Применение сен-

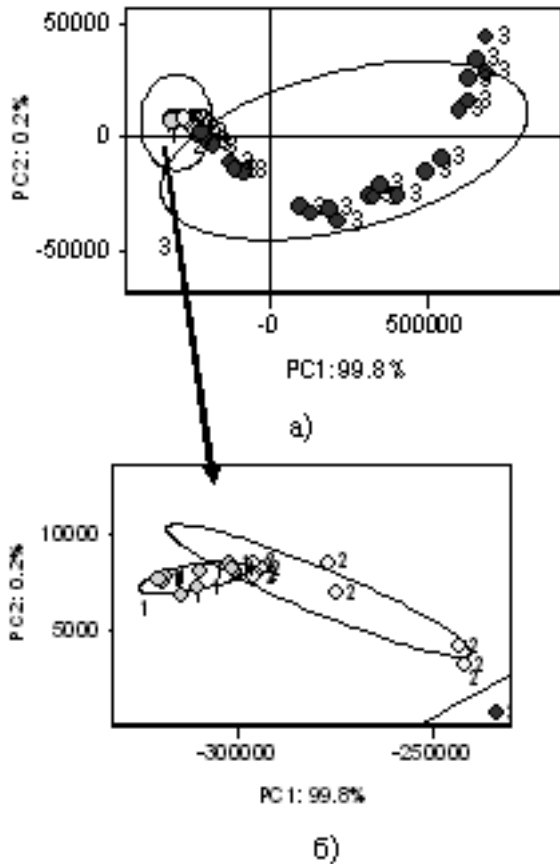


Рис. 3: а) График пространственного расположения точек мультисенсорного анализа жировой ткани трёх категорий свежести (1 – свежее мясо, 2 – сомнительной свежести, 3 – несвежее); б) Фрагмент графика а) для жировой ткани двух категорий свежести (свежее и сомнительной свежести).

Slika 3. а) grafikon prostornog rasporeda tački multisenzorne analize živog tkiva tri kategorije svežine (1 – sveže meso, 2- sumnjive svežine, 3 – koje nije sveže) б) deo grafikona а) za masno tkivo dve kategorije svežine (sveže i sumnjive svežine)

сорных инструментальных методов позволит проводить оперативную идентификацию мясного сырья при входном контроле на предприятиях, таможнях, рынках и т.д.

Инструментальный метод позволяет также проводить дифференциацию охлаждённого и размороженного мясного сырья. Например, на рис. 5 приведены данные показаний сенсоров исследования охлаждённого (0) и размороженного мяса (2), обработанные методом главных компонент. Следует отметить, что кластеры, характеризующие охлаждённое и размороженное мясное сырьё, располагаются в различных

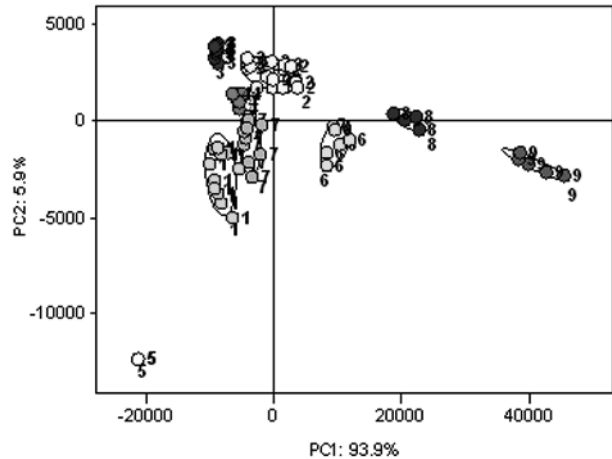


Рис. 4. Пространственное расположение точек мультисенсорного анализа мясного сырья различного вида (1 – свинина, 2 – говядина, 3 – мясо кур, 4 – баранина, 5 – телятина, 6 – мясо страуса, 7 - мясо индейки, 8 – мясо кролика, 9 – оленина).

Slika 4. prostorni raspored tačaka multisenzorne analize mesa razlišitih vrsta (1 – svinjetina, 2 – govedina, 3 – meso kokošaka, 4 – ovčetina, 5 – teletina, 6 – meso nojeva, 7 – meso ćuraka, 8 – meso zečeva i 9 – meso jelena)

четвертях системы координат на значительном расстоянии друг от друга, что обусловлено изменением белковой системы мышечной ткани в процессе замораживания.

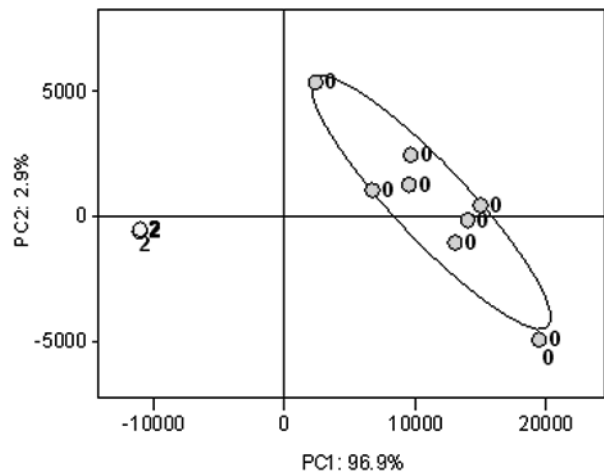


Рис. 5. Пространственное расположение точек мультисенсорного анализа охлаждённого (0) и размороженного (2) мясного сырья (свинина и говядина).

Slika 5. Prostorni raspored tačaka multisenzorne analize ohlađenog (0) i odmrznutog (2) mesa (svinja i goveda)

Большой научный и практический интерес представляет изучение возможности использования мультисенсорных аналитических систем для анализа аромата готовой продукции. С этой целью на приборе «VOCmeter» провели анализ летучих компонентов запеченного мяса (свинина), полученного из охлаждённого (обр. А и В) и размороженного (обр. С) мясного сырья.

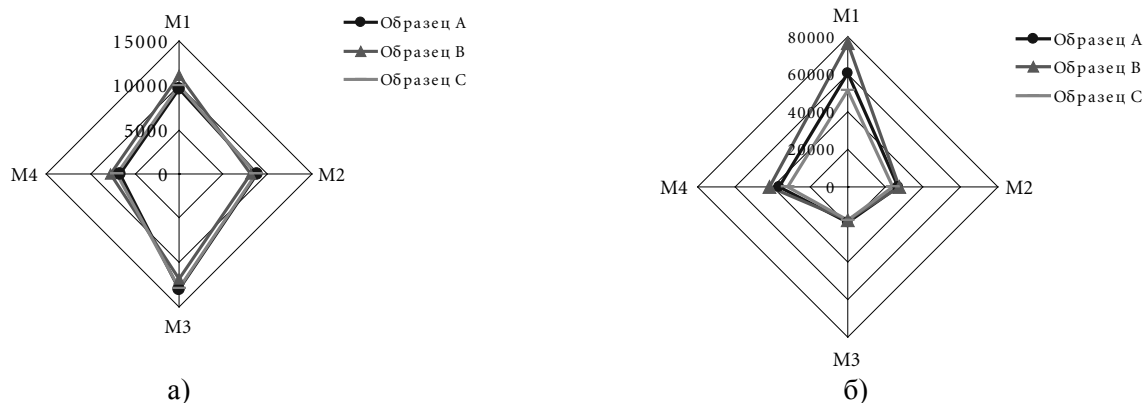


Рис. 6. „Визуальные отпечатки“ мультисенсорного анализа образцов мясного сырья (а) и запеченного мяса (б).

Slika 6. „Vizuelni otisci“ multisenzorne analize uzoraka sirovog mesa (а) i pečenog mesa (b)

На рис.6а видно, что формы и площади «визуальных отпечатков» охлаждённого и размороженного мясного сырья не имеют существенных отличий ($S_{vo}(\text{обр.А})=17,5 \cdot 10^7$; $S_{vo}(\text{обр.В})=18,2 \cdot 10^7$; $S_{vo}(\text{обр.С})=17,9 \cdot 10^7$) и являются характерными для данного вида мяса (свинина).

Известно, что при термической обработке мяса его компоненты (аминокислоты, углеводы и др.) вступают в различного рода превращения, давая новую гамму веществ и соединений, формирующую аромат мясных изделий. Усло-

На рис.6б представлены «визуальные отпечатки» исследования образцов запеченного мяса. Следует отметить, что после термической обработки образцов полученные «отпечатки» характеризуются большими площадями по сравнению с «отпечатками» исходного мясного сырья. При этом площадь «отпечатка» готового продукта, полученного из охлаждённого сырья,

на $56 \cdot 10^7 \div 136 \cdot 10^7$ единиц больше «отпечатка» образца из размороженного мяса, что обусловлено, по-видимому, различной реакционной способностью веществ-предшественников аромата в мясном сырье.

В табл.1 приведены сравнительные данные органолептического анализа, полученные по результатам оценки образцов дегустационной комиссией по 9-балльной шкале, и площадей «визуальных отпечатков» сенсоров прибора «VOCmeter».

Таблица 1. Результаты оценки запаха образцов запеченного мяса органолептическим и инструментальными методами

Tabela 1. Rezultati ocene mirisa uzoraka pečenog mesa organoleptičkim i instrumentalnim metodama

Результаты оценки	Образец А	Образец В	Образец С
Средний балл	7,20±0,05	8,70±0,06	5,80±0,05
Площадь «визуального отпечатка», S_{vo}	249,4*10 ⁷	329,5*10 ⁷	193,0*10 ⁷

вия кулинарной обработки, вид используемого сырья оказывают существенное влияние на конечные результаты превращений, т.е. состав ароматобразующих сложных смесей веществ, определяющих специфический запах готового продукта.

На основе данных сравнительного анализа пока зана прямая зависимость изменения площади «визуального отпечатка» и балльной органолептической оценки запаха. Полученные результаты подтвердили возможность применения мультисенсорных систем для инструментальной

оценки запаха готовой продукции с целью повышения объективности анализа.

Мультисенсорные системы также могут быть успешно использованы для оценки аромата мясных продуктов при совершенствовании технологий, разработке рецептур с использованием различных видов сырья, ароматизаторов, пряностей и т.д. В качестве примера на рис.7 представлены «визуальные отпечатки» показаний сенсоров, полученные при исследовании говядины и свинины после варки.

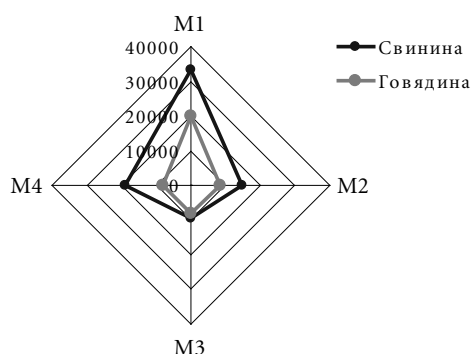


Рис.7. „Визуальные отпечатки“ мультисенсорного анализа образцов говядины и свинины после варки.

Slika 7. „Vizuelni otisak“ multisenzorne analize uzoraka govedine i svinjetine posle kuvanja

Сравнительный анализ «визуальных отпечатков», приведённых на рис.7, позволил установить аналогичную динамику накопления ароматобразующих веществ в говядине и свинине, однако свинина обладала большей интенсивностью аромата, чем говядина, при тех же режимах термической обработки мясного сырья.

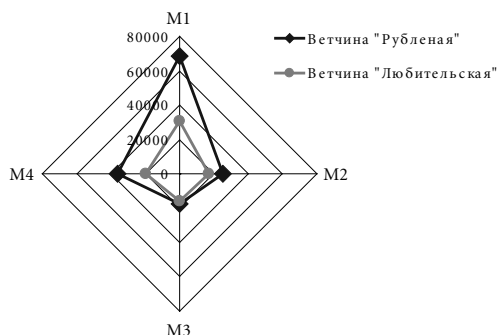


Рис.8. „Визуальные отпечатки“ мультисенсорного анализа консервов ветчинных, выработанных из свинины (ветчина «Рубленая») и говядины (ветчина «Любительская»).

Slika 8. „Vizuelni otisak“ multisenzorne analize šunke u konzervi izrađene od svinjskog mesa (šunka „isečena“ i govedina) (šunka „Любительская“)

Таблица 2. Площади «визуальных отпечатков» ветчинных консервов
Tabela 2. Površina „vizuelnih otisaka“ konzervi šunke

Результаты оценки	Ветчина «Рубленая»	Ветчина «Любительская»
Площадь «визуального отпечатка», S _{во}	263,3*10 ⁷	86,2*10 ⁷

На рис.8 и табл.2 приведены результаты инструментального исследования разработанных во ВНИИМП ветчинных консервов, выработанных из различных видов мясного сырья (Чернуха и сот. 2008).

В результате проведённых исследований установлено, что площадь «визуального отпечатка» ветчины «Рубленая» из свинины больше «визуального отпечатка» ветчины «Любительская» из говядины (табл.2).

Полученные различия площадей «визуальных отпечатков», характеризующих интенсивность аромата мяса после варки (рис. 7) и консервов (рис.8) из говядины и свинины, обусловлены различным содержанием компонентов мясного сырья, являющихся предшественниками ароматобразующих соединений.

Выводы

Полученные результаты органолептического и инструментального исследования мяса подтвердили перспективность использования мультисенсорных систем для анализа качества продукции мясной промышленности, в том числе для оценки:

- свежести мясного сырья;
- идентификации видовой принадлежности мяса;
- запаха и аромата мяса и мясопродуктов.

В дальнейшем в институте планируется проведение исследований по разработке методик объективного анализа интенсивности аромата готовой продукции на приборе «VOCmeter», а также методик идентификации посторонних запахов и фальсификации мясного сырья. Сенсорные системы займут достойное место среди аналитических методов исследования качества пищевой продукции.

Библиография

Анисимкин В.И., Верона Э., Земляков В.Е., Крышталь Р.Г., Медведь А.В., 1998. Интегральная решетка датчиков для анализа многокомпонентных газовых смесей. Письма в ЖТФ, том 24, №16;

Грень А.И., Высоцкая Л.Е., Михайлова Т.В., 1985. Химия вкуса и запаха мясных продуктов. Киев, Наук. Думка, 100 с;

Чернуха И.М., Кузнецова Т.Г., Селиванова Е.Б., Иванкин А.Н., 2008. Исследование возможностей исполь-

зования прибора «VOCmeter» для оценки свежести мяса. Мясная индустрия, №3, с.49-51;

Чернуха И.М., Сметанина Л.Б., Захаров А.Н., Анисимова И.Г., Воробьева О.В., 2008. Современные аспекты технологий ветчинных консервов. 11-я Международная научно-практическая конференция памяти В.М Горбатова. Сборник докладов, с.163–168.

Paper recieved: 6.05.2009.