



ISSN 2414-438X (Print)
ISSN 2414-441X (Online)

THEORY AND PRACTICE OF MEAT PROCESSING

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПЕРЕРАБОТКИ МЯСА

Vol. 3 (4), 2018

Федеральное агентство научных организаций
Federal Agency of Scientific Organizations
(FANO of Russia)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Federal State Budgetary Scientific Institution «V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences» (Gorbatov Research Center for Food Systems)

Теория и практика переработки мяса
Theory and Practice of Meat Processing

Учредитель и издатель: Founder and publisher:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Federal State Budgetary Scientific Institution «V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences»

Главный редактор:

Лисицын Андрей Борисович, доктор технических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Заместитель главного редактора:

Чернуха Ирина Михайловна, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, руководитель научного направления ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Научный редактор:

Горбунова Наталия Анатольевна, кандидат технических наук, ученый секретарь ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Выпускающий редактор:

Захаров Александр Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий редакционно-издательским отделом ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия.

Адрес редакции и типографии:

109316, Россия, Москва, Талалихина, 26,
Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН.
www.meatjournal.ru

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре

Регистрационные данные:

ПИ № ФС77-71611 от 13.11.2017 года

ЭЛ № ФС77-71609 от 13.11.2017 года

Периодичность — 4 номера в год.

Издается с 2015 года.

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 38871

Подписано в печать 25.12.18.

Тираж 1000 экз. Заказ № 256.

Типография ФНЦПС.

© ФНЦПС, 2018

ISSN 2414-438X (Print)

ISSN 2414-441X (Online)

Редакционная коллегия:

Баженова Баяна Анатольевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология мясных и консервированных продуктов» ФГБОУ ВПО Восточно-Сибирский университет технологии и управления, г. Улан-Удэ, Россия

Белозеров Георгий Автономович, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института холодильной промышленности — филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград, Россия

Дедерер Ирина, кандидат технических наук, научный сотрудник Института Макса Рубнера, Кульбах, ФРГ.

Джорджевич Весна, доктор, директор Института гигиены и технологии мяса, г. Белград, Сербия

Дунченко Нина Ивановна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Управление качеством и товароведения продукции ФГБОУВО «Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия

Жайлаубаев Жанибек Далелович, доктор технических наук, Академик АСХН РК, директор СФ ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,

г. Семей, Республика Казахстан

Замарацкая Галя, доктор наук, Шведский сельскохозяйственный университет, г. Уппсала, Швеция

Кочеткова Алла Алексеевна, доктор технических наук, профессор, руководитель лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБНУ

«Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Мелещеня Алексей Викторович, кандидат экономических наук, директор НПРДУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь

Мирошников Сергей Александрович, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства», г. Оренбург, Россия

Римарева Любовь Вячеславовна, доктор технических наук, профессор, Академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, заместитель директора Всероссийского научно-исследовательского института пищевой биотехнологии — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,

г. Москва, Россия

Рудь Андрей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела генетики, биотехнологии и технологии в свиноводстве ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста», г. Подольск, Россия

Риочи Саката, профессор, университет Аджабу, г. Сагамихара, Япония

Семенова Анастасия Артуровна, доктор технических наук, профессор, заместитель директора ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Тимошенко Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технология хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ, г. Краснодар, Россия

Ханферьян Роман Авакович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией иммунологии, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

**Федеральное агентство
научных организаций**

**Federal Agency of Scientific Organizations
(FANO of Russia)**

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный центр
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН»
Federal State Budgetary Scientific Institution
«V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food
Systems of Russian Academy of Sciences»
(Gorbatov Research Center for Food Systems)

**Теория и практика переработки мяса
Theory and Practice of Meat Processing**

Учредитель и издатель: **Founder and publisher:**

Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН

Federal State Budgetary Scientific Institution
«V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food
Systems of Russian Academy of Sciences»

Editor-in-Chief:

Andrey B. Lisitsyn, doctor of technical sciences, professor,
Academician of RAS, Scientific supervisor
of FGBNU «V.M. Gorbatov Federal Research Center
for Food Systems of Russian Academy of Sciences»,
Moscow, Russia

Deputy Editor-in-Chief:

Irina M. Chernukha, doctor of technical sciences,
professor, corresponding members of RAS,
head of the scientific direction FGBNU «V.M. Gorbatov
Federal Research Center for Food Systems of Russian
Academy of Sciences», Moscow, Russia

Science editor:

Natalia A. Gorbunova, candidate
of technical sciences, Academic Secretary of FGBNU
«V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food
Systems of Russian Academy of Sciences», Moscow, Russia

Production editor:

Aleksandr N. Zakharov, candidate of technical sciences,
senior research worker, Head of the Editorial and
Publishing Department of FGBNU «V.M. Gorbatov Federal
Research Center for Food Systems of Russian Academy
of Sciences», Moscow, Russia

Printing Office:

109316, Talalikhina str. 26, Moscow, Russia,
Gorbatov Research Center for Food Systems.
www.meatjournal.ru

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре

Регистрационные данные:

ПИ № ФС77-71611 от 13.11.2017 года

ЭЛ № ФС77-71609 от 13.11.2017 года

Frequency — 4 issues a year.

Published in 2015.

Subscription index in the catalogue «Press of Russia» 38871

Signed print 25.12.18.

Circulation — 1000 copies. Order № 256.

Printing house — FNCFC.

© FNCFC, 2018

ISSN 2414-438X (Print)

ISSN 2414-441X (Online)

Editorial board:

Baiana A. Bazhenova, doctor of technical sciences, docent,
professor of the chair «Meat and canned product technology»,
FGBOU VPO East Siberia State University of Technology and
Management, Ulan-Ude, Russia

Georgy A. Belozarov, doctor of technical sciences, corresponding
members of RAS, Director of All-Russian Scientific Research
Institute of Refrigeration Industry — Branch of V.M. Gorbatov Federal
Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia

Ivan F. Gorlov, doctor of agricultural sciences, professor,
academician of RAS, Scientific supervisor of FGBNU «Povolzhskiy
Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy
Products», Volgograd, Russia

Irina Dederer, candidate of technical sciences, research worker,
Max Rubner-Institut, Kulmbach, Germany.

Vesna Djordjevic, doctor, director, the Institute of Meat Hygiene
and Technology, Belgrad, Serbia

Nina I. Dunchenko, doctor of technical sciences, professor, the
head of the chair «Product quality management and merchandise
knowledge», FGBOUBO Russian State Agrarian University —
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Zhinibek D. Zhailaubayev, doctor of technical sciences,
academician of the Academy of Agricultural Sciences of the
Republic of Kazakhstan, Director of the Semey Branch of the
Kazakh Scientific Research Institute for Processing and Food
Industry, Semey, The Republic of Kazakhstan

Galia Zamaratskaya, candidate of technical sciences, docent,
research worker, the Swedish University of Agricultural Sciences,
Uppsala, Sweden

Alla A. Kochetkova, doctor of technical sciences, professor, the
head of the «Laboratory of food biotechnologies and specialized
products», FGBUN «Federal Research Centre of nutrition,
biotechnology and food safety», Moscow, Russia

Aliaksei V. Meliashchenia, candidate of economical sciences,
Director of NPRDUP «The Institute of Meat and Dairy Industry»
of the Republican Unitary Enterprise «The Scientific-practical
Center of the National Academy of Sciences of Belarus for food»,
Minsk, the Republic of Belarus

Sergey A. Miroshnikov, doctor of biological sciences, professor,
corresponding members of RAS, Director of FGBNU «The
All-Russian Research Institute of Beef Cattle», Orenburg, Russia

Liubov V. Rimareva, doctor of technical sciences, professor,
academician of RAS, Honored worker of science of the RF, deputy
director of The All-Russian Scientific Research Institute of Food
Biotechnology — branch FGBUN «Federal Research Centre of
nutrition, biotechnology and food safety», Moscow, Russia

Andrey I. Rud, doctor of agricultural sciences, chief research
worker of the Department of Genetics, biotechnology and
technology in pig of FGBNU «The All-Russian Research Institute
for Animal Husbandry named after academician L.K. Ernst»
Podolsk, Russia

Sakata Ryoichi, PhD, doctor, professor of agricultural sciences,
Azabu University, Sagami, Japan

Anastasiya A. Semenova, doctor of technical sciences, professor,
Deputy Director of FGBNU «V.M. Gorbatov Federal Research
Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences»,
Moscow, Russia

Nikolai V. Timoshenko, doctor of technical sciences, professor,
the head of the chair «Technology of storage and processing of
animal products» of the Kuban State Agrarian University (Kub
SAU), Krasnodar, Russia

Roman A. Khanferyan, doctor of medical sciences, professor, the
head of the laboratory of Immunology, FGBUN «Federal Research
Centre of nutrition, biotechnology and food safety», Moscow,
Russia

СОДЕРЖАНИЕ

Томашевич И.Б.
СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ
МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ:
ОБЗОР 4

Чернуха И.М., Федулова Л.В.,
Котенкова Е.А.
ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
ВЕЩЕСТВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ АОРТЫ СВИНЕЙ,
НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ
КРОВИ КРЫС С МОДЕЛЬЮ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИПЕРЛИПИДЕМИИ..... 16

Зайко Е.В., Батаева Д.С.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ
СВЯЗАННЫХ С СЫРЬЕМ
ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ 23

Чернуха И.М., Ахремко А.Г.
ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ
ПРОТЕОМИКИ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ
АВТОЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ СВИНИНЫ 32

Ловкис З.В., Почицкая И.М.,
Комарова Н.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ АРОМАТИЧЕСКОГО
ПРОФИЛЯ И ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
МЯСА ГОВЯДИНЫ
ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ 38

Орлова О.Н., Мкртчян В.С.,
Скрыпник Л.В. Кричун Л.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ
И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ
NOR И PSE СВИНИНЫ
НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ ЮФО 49

CONTENTS

Igor B. Tomasevi
COMPUTER VISION SYSTEM
FOR COLOR MEASUREMENTS
OF MEAT AND MEAT PRODUCTS:
A REVIEW 4

Irina M. Chernukha, Liliya V. Fedulova,
Elena A. Kotenkova
THE INFLUENCE OF BIOACTIVE
SUBSTANCES ISOLATED FROM
PORCINE AORTA ON THE SERUM
FATTY ACID COMPOSITION
OF HYPERLIPIDEMIC RATS 16

Elena V. Zajko, Dagmara S. Bataeva
IDENTIFICATION OF RISKS
ASSOCIATED WITH RAW MATERIALS
OF ANIMAL ORIGIN 23

Irina M. Chernukha, Anastasiya G. Akhremko
APPLICATION
OF PROTEOMIC TOOLS:
THE AUTOLYTIC CHANGES OF PORK
MUSCULAR TISSUE 32

Zenon V. Lovkis, Irina M. Pochitskaya,
Natallia V. Komarova
THE STUDY OF ODOR PROFILE
AND COLOR CHARACTERISTICS
IN BEEF DURING
HEAT TREATMENT 38

Olga N. Orlova, Vitaliy S. Mkrtychyan,
Ludmila V. Skripnik, Ludmila V. Krichun
THE STUDY OF ORGANOLEPTIC
AND FUNCTIONAL-TECHNOLOGICAL
PROPERTIES OF PORK MUSCLE TISSUE
NOR AND PSE AT THE INDUSTRIAL
ENTERPRISES OF THE SOUTHERN
FEDERAL DISTRICT 49

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ: ОБЗОР

Томашевич И.Б.

Белградский университет, Белград, Сербия

Ключевые слова: цвет, мясо птицы, мясо дичи, мясные продукты, компьютерное зрение, колориметр

Аннотация

Способность системы компьютерного зрения (системы CVS) оценивать параметры цвета мяса и мясных продуктов исследовалась посредством сравнения с измерениями, производимыми традиционным колориметром. В результате статистического анализа были выявлены существенные различия между системой CVS и колориметром в отношении полученных с помощью этих приборов значений всех трех параметров (L^* , a^* , b^*). Во всех испытаниях (100 %) CVS-сгенерированные значения цвета были ближе к параметрам образцов мясных продуктов, отображаемых на мониторе, по сравнению со значениями цвета, полученными с помощью колориметра. Использование системы CVS следует рассматривать как превосходную альтернативу традиционному методу измерения цвета мяса и мясных продуктов.

Review paper

COMPUTER VISION SYSTEM FOR COLOR MEASUREMENTS OF MEAT AND MEAT PRODUCTS: A REVIEW

Igor B. Tomasevic

University of Belgrade, Belgrade, Serbia

Key words: color, poultry meat, game meat, meat products, computer vision, colorimeter

Abstract

Meat and meat products color evaluation ability of a computer vision system (CVS) is investigated by a comparison study with color measurements from a traditional colorimeter. A statistical analysis revealed significant differences between the instrumental values in all three dimensions (L^* , a^* , b^*) between the CVS and colorimeter. The CVS-generated colors were more similar to the sample of the meat products visualized on the monitor, compared to colorimeter-generated colors in all (100 %) individual trials performed. The use of CVS should be considered a superior alternative to the traditional method for measuring color of meat and meat products.

Введение

Цвет — это, прежде всего, субъективное восприятие. Без визуальной и эмоциональной информации, которую мы получаем, смотря на мир вокруг, наша оценка окружающей действительности, включая еду, была бы несовершенна. Внешний вид является основным параметром для большинства пищевых продуктов. Цвет мяса влияет на решение о его покупке. Для потребителей основным показателем несвежести и ухудшения качества является ухудшение цвета (потемнение), что делает цвет основным фактором качества мяса [1]. Этот факт очевиден для производителей мяса, представителей розничной торговли и исследователей в области науки и технологии мясной промышленности. Важность цвета также обусловлена тем, что улучшение цветовой стабильности мяса и мясных продуктов влияет на срок их годности, увеличивая период, в течение которого мясо по-прежнему визуально приемлемо для потребителей в розничной торговле [2].

Чтобы обеспечить соответствие продуктов питания ожиданиям потребителей, в пищевой промышленности необходимы эффективные системы контроля цвета для измерения цветовых параметров продуктов. Традиционно, для мяса птицы в подобных случаях используется колориметр [3]. Однако все колориметры имеют недостаток, связанный с тем, что оцениваемая поверхность должна быть однородной, а площадь измеряемого участка довольно мала (~ 2–5 см²) [4]. Это вызывает погрешности в измерениях. Другая проблема заключается в том, что оптически неоднородная среда, такая как мясо птицы, преломляет, отражает, рассеивает и поглощает свет, испускаемый колориметром [5], вызывая отклонения во всех оцениваемых цветовых параметрах.

Для быстрого и неинвазивного измерения цвета продуктов питания и, в частности, для эффективного контроля цвета мяса птицы необходимы новые эффективные и точно воспроизводимые методы. Среди

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Томашевич И.Б. Система компьютерного зрения для измерения цветовых параметров мяса и мясных продуктов: Обзор. Теория и практика переработки мяса. 2018; 4(4): 4–15. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-4-15

FOR CITATION: Tomašević I. B. Computer vision system for color measurements of meat and meat products: A review. Theory and practice of meat processing. 2018;4(4): 4–15. (In Russ.). DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-4-15

множества новых технологий оценки сельскохозяйственной и пищевой продукции выделяется система компьютерного зрения (система CVS), используемая для измерения цвета продуктов питания [6,7,8]. Цель настоящего обзора заключается в том, чтобы описать применение системы CVS в оценке цвета мяса птицы, мяса дичи и мясных продуктов с различными физическими свойствами, а также представить ее преимущества по сравнению с традиционным методом измерения цвета.

Материалы и методы

Образцы мяса и мясных продуктов

Исследование проводилось на образцах *M. pectoralis major* от трех особей для каждого из четырех видов птицы (курица, индейка, утка и гусь) и пяти видов дичи (перепелка, кабан, кролик, олень и фазан). Образцы были приобретены в розничной сети. Перед анализом цвета свеженарезанные образцы мяса толщиной около 3,00 см по отдельности помещались в лотки из пенополистирола с однородным белым цветом и обертывались прозрачной пленкой из ПВХ, проницаемой для кислорода. Затем их помещали в холодильник с температурой 4 °C на 30 минут для оксигенации миоглобина (повышения количества кислорода в поверхностных слоях мышечной ткани). Перед измерением цвета ПВХ-пленку снимали.

На основании метода обработки сырья и отдельных этапов этой обработки, а также принимая во внимание используемые технологии обработки, готовые мясные продукты можно разделить на шесть больших групп [9]. В нашем исследовании на каждую такую группу приходилось не менее двух и не более четыре репрезентативных образцов, в сумме представляющих 18 различных исследуемых мясных продуктов.

Колориметр Minolta CR-400

В качестве источника света по умолчанию использовался колориметр Minolta CR-400 с апертурой 8 мм, углом наблюдения 2°, осветительным прибором D65 и импульсной ксеноновой лампой. Во время измерения на отверстии апертуры лежала стеклянная крышка. Перед каждым измерением выполнялась калибровка устройства с помощью стандартной белой плитки.

Система компьютерного зрения (СКЗ)

Использовалась цифровая камера Sony Alpha DSLR-A200 (ПЗС-датчик с разрешением 10,2 мегапикселей). Камера была расположена вертикально на расстоянии 30 см от образца (Рис. 1). Настройки камеры были следующими: скорость затвора 1/6 с, ручной режим работы, диафрагма Av F/11.0, ISO 100, без вспышки, фокусное расстояние 30 мм, объектив: DT-S18-70 мм и шкалой диафрагмы f 3.5–5.6.

Для освещения использовались четыре люминесцентные лампы Philips (Master Graphica TLD965) с цвето-



Рис. 1. Система компьютерного зрения (получения изображений) [10]

вой температурой 6500 К. Каждая лампа была оборудована специальным рассеивателем света. Для достижения равномерной интенсивности света лампы (длина 60 см) находились под углом 45° на высоте 50 см над образцом. Лампы и камера были закреплены внутри деревянного ящика кубической формы ($a = 80$ см) со съёмным верхом (Рис. 1). В ящике имелось отверстие сбоку для внесения образца, и еще одно — сверху, для визуального осмотра образца до и после измерений. Внутренние стенки ящика были покрыты черной непрозрачной фотографической тканью, чтобы минимизировать фоновый свет.

После того, как камера и монитор были откалиброваны согласно описанию, приведенному в исследовании Tomasevic и Tomovic [10], для анализа изображений использовалось программное обеспечение Adobe Photoshop CC (64 бита). Колориметрические характеристики RGB-изображений были получены с использованием снимков в формате RAW. Они измерялись на цифровом изображении образца с использованием «пипетки» (инструмента для определения цвета) в Photoshop (31 × 31 пикселей).

Различия в цвете

Общее различие цвета (ΔE) определялось с использованием стандартного уравнения:

$$\Delta E = \sqrt{(a_C^* - a_M^*)^2 + (b_C^* - b_M^*)^2 + (L_C^* - L_M^*)^2} \quad (1)$$

Значения a_C , b_C , L_C были получены для мясных продуктов с использованием CVS, а значения a_M , b_M , L_M — с помощью Minolta.

Степень различия оттенка в качестве количественного показателя насыщенности цвета (C_{ab}^*) рассчитывалась согласно Fernández-Vázquez и Stinco [11]:

$$C^* = \sqrt{a + b} \quad (2)$$

Разница в насыщенности цвета и значении светлоты рассчитывалась с использованием стандартных уравнений:

$$\Delta C = C_C^* - C_M^* \quad (3a)$$

$$\Delta L = L_C^* - L_M^* \quad (3b)$$

Разница в оттенке ΔH рассчитывалась согласно Mokrzycki и Tatol [12]:

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 + \Delta C^2} \quad (4)$$

Исследование сходства

Используемые тесты были взяты из исследования Girolami и Napolitano [5] с небольшими изменениями. Во всех проведенных испытаниях 14 экспертов размещались по отдельности на расстоянии примерно 60 см от калиброванного монитора, оснащенного уменьшающим блики экраном (Compushade Universal Monitor Hood, DulCO, США), и от образцов мяса, размещенных внутри деревянного ящика системы CVS.

Для проведения теста А экспертам было предложено проанализировать цветовое сходство между цифровым изображением, представленным на мониторе, и образцом мяса, находящемся в лотке из полистирола. У них было не более 30 секунд для оценки каждого образца, и ответ должен был быть «да» или «нет». В случае положительного ответа эксперты имели возможность оценить степень сходства по пятибалльной шкале Лайкерта от 1 «очень низкое», 2 «низкое», 3 «умеренное», 4 «высокое» до 5 «очень высокое».

Тест В включал в себя одновременное отображение на мониторе цветов, сгенерированных программой Adobe Photoshop CC (2015) с использованием значений L^* , a^* и b^* , полученных как системой CVS, так и колориметром (Minolta). Экспертам было предложено оценить, какой из двух сгенерированных цветов больше соответствует образцу продукта, отображаемому на мониторе.

Во время теста С экспертам было предложено оценить уровень различия между двумя цветами (сгенерированными колориметром и системой CVS), отображаемыми на мониторе, в соответствии с пятибалльной шкалой Лайкерта от 1 «очень низкое», 2 «низкое», 3 «умеренное», 4 «высокое» до 5 «очень высокое».

Статистический анализ

Данные, полученные в исследовании сходства (тесты А, В), были проанализированы для определения статистической значимости на основе частоты каждого ответа (одновыборочный критерий χ^2), где ожидаемая частота составляла 50%. Для анализа данных по сходству (тест А) и различию (тест С) использовался однофакторный дисперсионный анализ ANOVA. Для выявления статистических различий между данными использовался апостериорный критерий Тьюки.

Результаты и обсуждение

Мясо птицы

В ходе нашего испытания значения L^* , a^* и b^* , насыщенность цвета и оттенок (угол цветового тона) мяса птицы, измеренные с помощью системы CVS и колориметра, существенно различались [13]. Степень различия между двумя используемыми приборами лучше всего отражается значением общего различия цвета (ΔE). Четкое пороговое значение для обнаружения человеком различий в цвете мяса не установлено, но вероятно, что эта величина составляет около 2–6 [14].

Значения ΔE в диапазоне от 2 до 10 показывают, что разница в цвете заметна с первого взгляда, а когда они больше 10, то можно утверждать, что цвета скорее различаются, чем имеют сходство [15]. Следовательно, при $\Delta E = 18,5$ для куриного мяса и $\Delta E = 22,04$ для мяса индейки можно заключить, что результаты двух систем измерения цвета значительно отличаются и даже контрастируют [13]. Положительные значения ΔL для тех же образцов показывают, что цвет, полученный с помощью системы CVS, светлее цвета, полученного с помощью колориметра (Рис. 2). Однако общее различие цвета (ΔE) между двумя методами для утиного и гусиного мяса составило лишь половину от значений, рассчитанных для курицы и индейки. Тем не менее, при значениях ΔE выше 10 [13] различия в цвете должны быть заметны с первого взгляда, или цвета должны скорее различаться, чем иметь сходство. Отрицательные значения ΔL для утиной и гусиной грудки свидетельствуют о том, что цвет, полученный с помощью системы CVS, темнее цвета, полученного с помощью колориметра (Рис. 2).



Рис. 2. Цвета мяса птицы, измеренные двумя методами [13]

Мясо дичи

Мясо дичи имеет более темный красный оттенок, чем мясо домашних животных [16], и характеризуется низкими значениями L^* (ниже 40), высокими значениями a^* и низкими значениями b^* , что является показателем темно-красного цвета [17]. Однако в ходе нашего исследования значения L^* , a^* и насыщенность цвета, измеренные с помощью системы CVS и колориметра, существенно различались [18]. Отрицательные значения ΔL для мяса кабана и оленя показывают, что цвет, полученный с помощью системы CVS, темнее цвета, полученного с помощью колориметра. При измерении с помощью системы CVS все значения a^* были выше по сравнению с колориметром, и это означает, что цвет, полученный с помощью системы CVS, является более красным (или менее зеленым) (Рис. 3). Статистически значимые различия между применяемыми методами не наблюдались только для значений b^* и оттенка. Очевидно, что различия в цвете мяса и цветовой стабильности между видами животных в значительной степени объясняются различиями в их физической активности, влияющей на мышечные волокна, концентрацию миоглобина и содержание внутримышечного жира в мясе, что, в свою очередь, влияет на цвет мышц. Поэтому не все мясо дичи темнее по цвету, чем мясо домашних животных [19].

Параметры цвета (L^* , a^* , b^* , насыщенность цвета и оттенок), измеренные с помощью системы CVS

для более светлых образцов мяса дичи (перепел, фазан и кролик), статистически отличались от значений, измеренных с использованием колориметра [18]. Положительные значения ΔL демонстрируют, что цвет, полученный с помощью системы CVS, светлее цвета, полученного с помощью колориметра. При измерении с помощью системы CVS все значения a^* были значительно выше по сравнению с колориметром, и это означает, что цвет, полученный с помощью системы CVS, является более красным (или менее зеленым) (Рис. 3). Положительная разница в насыщенности цвета (ΔC) означает, что CVS-сгенерированные значения цвета для мяса перепелов и кроликов являются более насыщенными, чем цветовые параметры, измеренные с помощью колориметра [18]. CVS-сгенерированные значения цвета имели смещение в красном направлении по сравнению с цветом, полученным с помощью колориметра (Рис. 3), поскольку при измерении колориметром все значения оттенка были существенно выше по сравнению с данными, полученными системой CVS. Значения ΔE находились в диапазоне от 9,67 до 19,01, что указывает на существенные различия между двумя системами при измерении более светлых образцов мяса дичи [18], а в случае мяса кролика даже наблюдалось контрастирование.

Мясные продукты

Когда оценивались равномерно окрашенные мясные продукты, значения общего различия цвета (ΔE) варьировались от 6,7 для савелойской колбасы до 26,0 для свиного прошутто. Для большинства мясных продуктов с однородными поверхностями значение ΔE было около 10 [10]. Положительные значения ΔL для равномерно окрашенных мясных продуктов демонстрируют, что цвет, измеренный с помощью системы CVS, светлее цвета, полученного с помощью колориметра. При измерении с помощью системы CVS все значения a^* были выше по сравнению с колориметром, и это означает, что цвет, полученный с помощью системы CVS, является более красным (Рис. 4). За исключением свиного прошутто и сырой колбасы, все значения b^* , измеренные с помощью колориметра, были значительно выше, чем значения, полученные с помощью системы CVS [10]. Это означает, что цвета равномерно окрашенных мясных продуктов, полученные с помощью системы CVS, были более голубыми (или менее желтыми) по сравнению с цветами, полученными колориметром (Рис. 4). Положительная разница в насыщенности цвета (ΔC) означает, что CVS-сгенерированный цвет вареной ветчины, свиного и говяжьего прошутто и сырой колбасы более насыщен, чем цвет, полученный колориметром [10]. Для говяжьего, куриного и печеночного паштета, варенокопченной свинины, сарделек и савелойской колбасы наблюдалась обратная ситуация. Наше исследование согласуется с выводами Valous и Mendoza [20] в том,



Рис. 3. Цвета мяса дичи, измеренные двумя методами [18]

что CVS — это инструмент, который может объективно определять цвет вареной ветчины.



Рис. 4. Цвета равномерно окрашенных мясных продуктов, измеренные двумя методами [10]

Двухцветные мясные продукты, такие как мортаделла, бекон, сухая свиная шейка или панчетта, состоят из фрагментов мяса и жира, размер которых больше размера апертуры Minolta (8 мм), использованного в нашем исследовании, что позволяет независимо измерять цвета этих фрагментов на колориметре. Общее различие цвета между двумя способами для фрагментов мяса находилось в диапазоне от 7,3 до 14,6, а для фрагментов жира — от 7,7 до 12,9 [10]. При измерении с помощью системы CVS фрагменты мяса получались более темными, а фрагменты жира более светлыми по сравнению с колориметром (Рис. 5а).

Неравномерно окрашенный мясной продукт — это любой продукт, который содержит фрагменты мяса и жира, слишком мелкие (менее 8 мм) для того, чтобы колориметр смог оценить их цвет по отдельности. Поэтому, когда измерялся цвет говяжьей и свиной вяленой колбасы или гамбургера, значения L^* , a^* , b^* , полученные с помощью колориметра, были одинаковыми для фрагментов мяса и жира. Поскольку в системе CVS используется «пипетка»

13 × 13 пикселей, то возможно измерить цвет мясных и жировых фрагментов по отдельности. В результате, максимальное общее различие цвета мясных фрагментов ($\Delta E = 20,3$) наблюдалось для говяжьей вяленой колбасы, а максимальное общее различие цвета жира ($\Delta E = 35,3$) — для свиной вяленой колбасы [10]. Эти необычайно высокие значения общего различия цвета [21] демонстрируют, что цвета, полученные при оценке двумя разными методами, оказались почти противоположными [15]. Цвет мясных фрагментов, полученный с помощью системы CVS, был значительно темнее, имел более высокую интенсивность и был более насыщенным по сравнению с цветом, полученным с помощью колориметра (Рис. 5б). Для CVS-сгенерированных значений цвета жира наблюдалась противоположная картина. Из-за высокой изменчивости и сложного распределения цвета в неравномерно окрашенных мясных продуктах колориметр не смог точно оценить цвет мясных и жировых фрагментов. Вместо этого колориметр воспроизводил значения L^* , a^* , b^* , которые представляли собой нечто среднее между двумя фрагментами. Наше исследование согласуется с выводами Girolami и Napolitano [22] о том, что система CVS — это инструмент, с помощью которого можно объективно оценивать цвет вяленых колбас.



Рис. 5. Цвета двухцветных или неравномерно окрашенных мясных продуктов, измеренные двумя методами [10]

Таблица 1. Результаты исследования сходства

	Частота сходства (тест А)	Степень сходства (тест А)	CVS по сравнению с колориметром (тест В)	Степень различия (тест С)
Говяжий паштет	100 %	3,4 ± 1,4 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,0 ± 1,1 ^{a, b, c}
Печеночный паштет	100 %	3,6 ± 1,1 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,4 ± 1,1 ^{a, b, c}
Куриный паштет	92,9 %	3,5 ± 1,0 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,1 ± 1,0 ^{a, b, c}
Говяжья вяленая колбаса	92,9 %	3,6 ± 1,0 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,2 ± 0,4 ^{a, b, c}
Свиная вяленая колбаса	100 %	4,0 ± 0,8 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,3 ± 0,5 ^{a, b, c}
Сарделька	100 %	4,0 ± 1,1 ^{a, b}	CVS (100 %)	1,7 ± 0,5 ^{a, b}
Савелойская колбаса	100 %	3,8 ± 0,9 ^{a, b}	CVS (100 %)	1,2 ± 0,5 ^a
Мортаделла	100 %	2,9 ± 1,2 ^a	CVS (100 %)	2,1 ± 1,1 ^{a, b, c}
Вареная ветчина	100 %	3,0 ± 1,2 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,6 ± 0,3 ^{b, c}
Варено-копченый бекон	92,9 %	3,1 ± 1,3 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,2 ± 0,4 ^{a, b, c}
Варено-копченая свинина	100 %	3,5 ± 1,0 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,8 ± 1,2 ^{a, b, c}
Свиной прошутто	100 %	4,1 ± 0,8 ^{a, b}	CVS (100 %)	4,2 ± 1,0 ^c
Говяжий прошутто	100 %	3,6 ± 0,9 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,1 ± 1,8 ^{a, b, c}
Сухая свиная шейка	92,9 %	3,5 ± 1,3 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,0 ± 0,7 ^{a, b, c}
Панчетта	92,9 %	2,8 ± 1,5 ^a	CVS (100 %)	2,7 ± 1,5 ^{a, b, c}
Свиной гамбургер	100 %	2,8 ± 1,0 ^a	CVS (100 %)	2,0 ± 1,0 ^{a, b, c}
Говяжий гамбургер	100 %	3,4 ± 1,3 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,7 ± 1,0 ^{a, b, c}
Сырая колбаса	100 %	4,4 ± 0,8 ^b	CVS (100 %)	3,2 ± 1,5 ^{a, b, c}
Куриная грудка	100 %	1,7 ± 0,8 ^a	CVS (100 %)	3,8 ± 1,4 ^a
Утиная грудка	100 %	2,4 ± 1,0 ^{a, b}	CVS (100 %)	1,8 ± 0,4 ^b
Гусиная грудка	100 %	3,1 ± 0,8 ^b	CVS (100 %)	1,4 ± 0,5 ^a
Индюшачья грудка	100 %	2,9 ± 1,03 ^b	CVS (100 %)	4,7 ± 0,7 ^b
Перепел	100 %	2,7 ± 1,3 ^a	CVS (100 %)	3,6 ± 1,4 ^a
Кабан	100 %	3,4 ± 1,3 ^b	CVS (100 %)	1,9 ± 0,9 ^{b, c}
Кролик	85,7 %	2,7 ± 1,2 ^a	CVS (100 %)	4,2 ± 1,2 ^a
Олень	100 %	4,1 ± 0,8 ^b	CVS (100 %)	1,0 ± 0,0 ^c
Фазан	100 %	3,2 ± 1,2 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,4 ± 1,3 ^{a, b}

Средние значения в одной и той же колонке с разными надстрочными буквами значительно отличаются ($P < 0,05$).

Исследование сходства

Результаты первого теста сходства (тест А) между цветом фактического образца мясных продуктов и CVS-сгенерированным цветом изображения, отображаемого на мониторе, показали, что эксперты посчитали цифровые изображения схожими с фактическими образцами ($P < 0,001$). Для всех образцов мяса птицы и дичи частота сходства, определенного экспертами, составляла 100 % (Таблица 1). Это означает, что 14 из 14 экспертов сочли, что фактический цвет всех образцов аналогичен цвету, сгенерированному системой CVS. Частота сходства для мясных продуктов также была очень высокой и варьировалась от 92,9 % для куриного паштета, говяжьей колбасы, копченого бекона, сухой свиной шейки и панчетты до 100 % для всех остальных образцов мясных продуктов. Для образцов мяса птицы уровень сходства варьировался от «низкого» до «умеренного», а для образцов мяса дичи и мясных продуктов — от «умеренного» до «высокого».

Значения по пятибалльной шкале Лайкерта, 1 от 1 «очень низкое», 2 «низкое», 3 «умеренное», 4 «высокое» до 5 «очень высокое».

Тест В показал, что во всех (100 %) испытаниях CVS-сгенерированные цвета были более похожи на

образцы мяса птицы, мяса дичи и мясных продуктов, отображаемые на мониторе, по сравнению с цветами, полученными с помощью колориметра (Таблица 1).

Тест С в отношении мясных продуктов показал, что, согласно оценке экспертов, степень различия между цветами, сгенерированными системой CVS и колориметром, и цветами, отображаемыми на мониторе, варьировалась от 1,2 («очень низкое») для савелойской колбасы до 4,2 («высокое») для свиного прошутто. Наибольшее различие между цветами для мяса птицы наблюдалось в случае индейки (4,7 — «очень высокое»), а для мяса дичи — в случае кролика (4,2 — «высокое»).

Заключение

Мы исходим из того, что одним из параметров, влияющих на различие между двумя методами в отношении измерения цвета мяса и мясных продуктов, может являться глубина проникновения света от источника освещения. В нашем исследовании свет, используемый в обоих устройствах, имел одинаковую цветовую температуру (6500 К), но взаимодействие света с образцами мясных продуктов, очевидно, зависело от устройства. По тем же причинам, что наблюдались в исследовании цвета мяса, проводимом

Girolami и Napolitano [5], мы считаем, что колориметр не подходит для анализа цвета мясных продуктов. Причиной этого является полупрозрачная и оптически неоднородная среда мясных продуктов, так как в них присутствуют различные компоненты. Колориметр помещается на поверхность образца, и про-

никновение света внутрь мясного продукта выше, чем при использовании системы CVS. Это вызывает множественные отражения и рефракции в местах оптической неоднородности, что приводит к диффузии (рассеянию) света от источника освещения [23], делая измерения колориметра менее точными.

Introduction

Color is primarily a personal experience. Without color, visual and emotional experience we have while looking at world around us, including our food is imperfect. Visual appearance is the first to arise for most foods. Color influences meat-purchasing decisions as well. For the consumers, major indicator of freshness and wholesomeness is discoloration, making color a major meat quality factor [1]. This information is apparent to meat producers, retailers, and to researchers in meat science and technology, as well. Importance of color is also reflected in the fact that improving color stability of meat and meat products will influence their shelf life by increasing the time that meat is still visually acceptable to consumers at retail [2].

To ensure food conformity to consumer expectations, it is critical for the food processing industry to develop effective color inspection systems to measure the color information of food product. Traditionally, instrumental poultry meat color is assessed with a colorimeter [3]. However, all colorimeters have the disadvantage that the surface to be measured must be uniform and rather small (~2–5 cm²) [4] which influence bias in measurements. Another problem is that optically non-homogeneous medium such as poultry meat, refract, reflect, diffuse and absorb the light beam emitted by the colorimeter [5] causing deviations in all color dimensions evaluated.

With the aim of measuring food color rapidly and non-invasively, new objective and consistent methods are required for the effective color control of poultry meat. Among numerous new sensing technologies assessment of agricultural and food products, computer vision system (CVS) is a novel technology for food color evaluation [6,7,8]. The aim of this review was to present the application of CVS for instrumental color evaluation of poultry meat, game meat and meat products with various physical properties and its advantages over the traditional color measuring method.

Material and methods

Samples of meat and meat products

The research was carried out on m. pectoralis major samples of three animals for each of the four poultry species (chicken, turkey, duck and goose) and five game meat species (quail, wild boar, rabbit, deer and pheasant). We selected the samples in a retail setting. Before color analysis, freshly cut meat samples, about 3.00 cm thick, were individually placed on white polystyrene foam trays with

a consistent color and over wrapped with a transparent PVC film permeable to oxygen. Then they were placed in a bench refrigerator at 4 °C for 30 min to obtain myoglobin oxygenation. The PVC film was removed before color measurement.

Based on the treatment of raw materials and the individual processing steps and taking into account the processing technologies used, it is possible to classify processed meat products in six broad groups of processed meat products [9]. In our research, within each product category, there were at least two and maximum four representative samples adding together 18 different meat products investigated.

Minolta CR-400 colorimeter

Minolta CR-400 colorimeter was used with 8 mm aperture, 2° observer, illuminant D65 and pulsed xenon lamp as a default light source. Glass cover was applied over the aperture port while measuring. A calibration of a device with white tile standard was performed before each analysis.

Computer vision system (CVS)

A Sony Alpha DSLR-A200 digital camera (10.2 Megapixel CCD sensor) was used. The camera was located vertically at a 30 cm distance from the sample (Figure 1). The camera setting was the following: shutter speed 1/6 s, manual operation mode, aperture Av F/11.0, ISO velocity



Figure 1. Computer vision (image acquisition) system [10]

100, flash off, focal distance 30 mm, lens: DT-S18-70 mm f 3.5-5.6. Four Philips fluorescent lamps (Master Graphica TLD 965) with a color temperature of 6500 K were used for lighting the CVS. Each lamp was equipped with a designated light diffuser. In order to achieve the uniform light intensity on the sample, the lamps (60 cm length) were located at a 45° angle and 50 cm above the samples. Both the lamps and the camera were fixed inside a cubical (a = 80 cm) wooden box with a removable top (Figure 6). The box had an opening to the side for sample entry and the other on the top for visual inspection before and after the measurements. The internal walls of the box were coated with black opaque photographic cloth to diminish background light.

After the camera and the monitor were calibrated, as explained in the investigation of Tomasevic, Tomovic [10], the Adobe Photoshop CC (64 bit) software was used for image analysis. The colorimetric characteristics from RGB images were acquired using RAW photographs. They were measured on the digital image of the sample, using a Photoshop (31 x 31 pixels) Average Color Sampler Tool.

Color changes

Total color difference (ΔE) was determined by using the standard equation:

$$\Delta E = \sqrt{(a_C^* - a_M^*)^2 + (b_C^* - b_M^*)^2 + (L_C^* - L_M^*)^2} \quad (1)$$

Values for a_C , b_C , L_C were obtained from the meat products using CVS, and for a_M , b_M , L_M using Minolta.

Degree of difference of hue as the quantitative attribute of colorfulness chroma (C_{ab}^*) was calculated according to Fernández-Vázquez, Stinco [11]:

$$C^* = \sqrt{a + b} \quad (2)$$

The difference in Chroma and lightness value was calculated using standard formulas:

$$\Delta C = C_C^* - C_M^* \quad (3a)$$

$$\Delta L = L_C^* - L_M^* \quad (3b)$$

Hue difference ΔH was calculated according to Mokrzycki and Tatol [12]:

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 + \Delta C^2} \quad (4)$$

Similarity tests

The tests used were adopted from the investigation of Girolami, Napolitano [5] with slight modifications. For all the tests performed, 14 panelists were individually seated at a distance of approximately 60 cm from the calibrated monitor, equipped with a shade that reduces glare (Compushade Universal Monitor Hood, DulCO, USA), and from the meat samples presented inside the CVS wooden box.

For the test A, panelists were asked to individually analyze the color similarity between a digital image displayed on the monitor and a meat sample presented on polystyrene trays. They had up to 30 s to evaluate each sample by answering «yes» or «no». If yes, the panelists had the

opportunity to rank the level of similarity according to a five-point Likert scale from 1 «very low», 2 «low», 3 «moderate», 4 «high» to 5 «very high».

Test B included displaying colors generated by Adobe Photoshop CC (2015) using the L^* , a^* and b^* values obtained from both the CVS and Colorimeter (Minolta) data together on the monitor and panelists were asked to evaluate which of the two generated color chips was more similar to the sample of the product visualized on the monitor.

During the test C, the panelists were asked to evaluate the level of difference between the two color chips (colorimeter and CVS) displayed on the monitor ranking it according to a five-point Likert scale from 1 «very low», 2 «low», 3 «moderate», 4 «high» to 5 «very high».

Statistical analysis

The data gathered from the similarity tests (A, B) were analyzed to determine statistical significance based on the frequency of each response (χ^2 One sample test), where the expected frequency was 50%. In order to analyze data in respect to level of similarity (test A) and level of difference (Test C), one-way ANOVA was used. To distinguish statistical differences between the data, Tukey's post hoc tests were performed.

Results and discussion

Poultry meat

The L^* , a^* , b^* , chroma and hue angle values of poultry meat, measured with CVS and colorimeter in our experiment, were significantly different [13]. The magnitude of colour difference between the two equipment's used is best represented by the total colour difference value (ΔE). The clear threshold for human meat-colour difference detec-



Figure 2. Color of poultry meat as measured by the two methods [13]

tion has not been established but a possible value could be around 2–6 [14]. The values of ΔE in a range from 2–10 indicate that the difference in colour is perceptible at a glance and when they are larger than 10, we can conclude that colours are more opposite than similar [15]. Therefore, with $\Delta E=18.5$ for chicken meat and $\Delta E=22.04$ for turkey meat, we can conclude that the two systems measured their colour significantly different and even contrasting [13]. Positive ΔL values for the same samples indicate that the colour measured with CVS was lighter than the colour obtained with colorimeter (Figure 2). However, the total color differences (ΔE) between the two methods, for duck and goose were half the values calculated for chicken and turkey. Yet, with the ΔE values above 10 [13] these differences in color should be perceptible at a glance or considered more opposite than similar. Negative ΔL values for duck and goose breasts indicate that the color measured with CVS was darker than the color obtained with colorimeter (Figure 2).

Game meat

Game meat is darker red in appearance than meat from domestic animals [16], and is characterized by low L^* values below 40, high a^* values and low b^* values which are indicative of the dark red color [17]. However, the L^* , a^* and chroma values measured with CVS and colorimeter in our experiment were significantly different [18]. Negative ΔL values for wild boar and deer meat indicate that the color measured with CVS was darker than the color obtained with colorimeter. All the a^* values were higher when measured with CVS compared to colorimeter meaning that the color obtained with CVS was more «red» (or less «green») (Figure 3). The statistically significant differences between applied methods were not observed for b^* and hue angle values. It is evident that differences in meat color and color stability between species can largely be attributed to differences in their activity, which influences the muscle fiber type, Mb concentration and intra muscular fat content of the meat, which in turn influences muscle color. Therefore, not all game meat is darker in color than meat from domestic animals [19].

The instrumental color values (L^* , a^* , b^* , chroma and hue angle) obtained with CVS for lighter colored game meat samples (quail, pheasant and rabbit) were statistically different from the same values obtained with colorimeter [18]. Positive ΔL values indicate that the color measured with CVS was lighter than the color obtained with colorimeter. All the a^* values were much higher when measured with CVS compared to colorimeter meaning that the color obtained with CVS was more «red» (or less «green») (Figure 3). The positive difference in chroma (ΔC) meant that the CVS-generated color of quail and rabbit had greater intensity (were more saturated) than colorimeter-generated colors [18]. The CVS-generated colors were in a clockwise direction from colorimeter-generated colors, representing a shift in the red direction (Figure 3), since all the Hue



Figure 3. Color of game meat as measured by the two methods [18]

angle values were significantly higher when measured with colorimeter compared to CVS. The values of ΔE were in a range from 9.67–19.01 indicating that for lighter colored game meat samples, the two systems measured their color significantly different [18] and in the case of rabbit meat even contrasting.

Meat products

When a color of uniformly-colored meat products was evaluated, the total color difference value (ΔE) ranged from 6.7 for Saveloy sausage up to 26.0 calculated for Pork prosciutto. For the majority of meat products with homogeneous surfaces ΔE was around 10 [10]. Positive ΔL values for uniformly-colored meat products indicate that the color measured with CVS was lighter than the color obtained with colorimeter. All the a^* values were higher when measured with CVS compared to colorimeter meaning that the color obtained with CVS was more «red» (Figure 4). With the exception of pork prosciutto and raw sausage, all the b^* measured with colorimeter were significantly higher than the values obtained with CVS [10], meaning that the colors of uniformly-colored meat products acquired with CVS were more «blue» (or less «yellow») compared to colorimeter-acquired color (Figure 4). The positive difference in chroma (ΔC) meant that the CVS color of cooked ham, pork and beef prosciutto and raw sausage, had greater intensity or were more saturated than colorimeter generated colors [10]. The opposite was observed for the beef, chick-

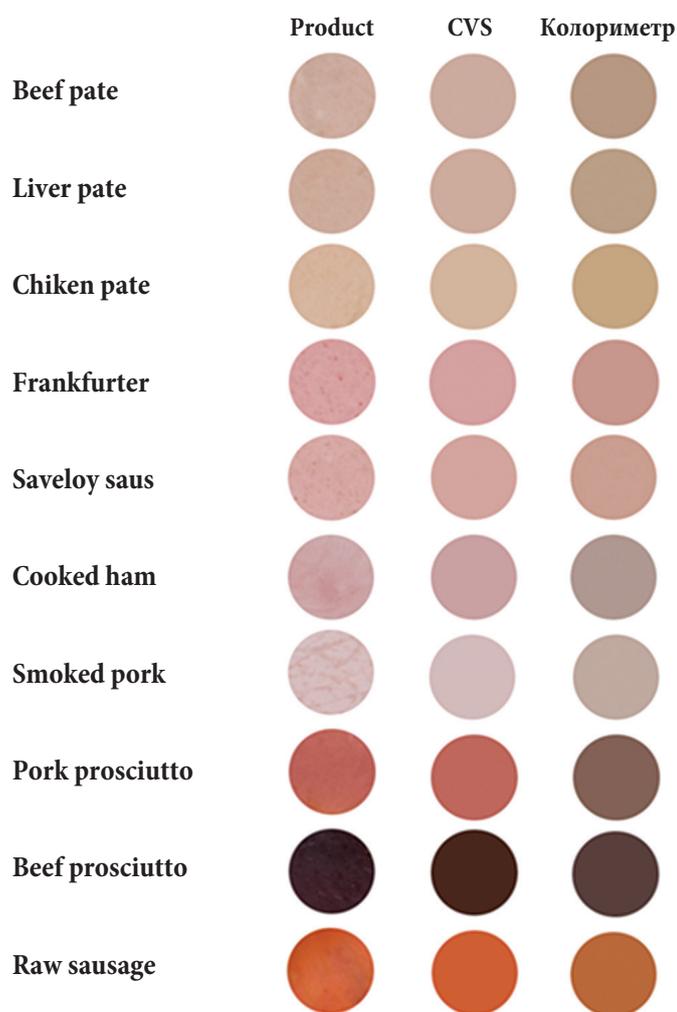


Figure 4. Color of uniformly colored meat products as measured by the two methods [10]

en and liver pate, smoked-cooked pork, frankfurter and Saveloy sausage. Our investigation is in concurrence with the conclusions of Valous, Mendoza [20] that CVS is a tool that can objectively specify color of cooked-hams.

Bi-colored meat products, like mortadella, bacon, dry pork neck or pancetta, consisted of meat and fat segments that were larger than Minolta aperture size (8 mm) used in our experiment, allowing colorimeter to measure their color independently. The total color differences between the two methods of the meat segments were in a range from 7.3 up to 14.6 and for the fat parts in a range from 7.7 up to 12.9 [10]. Meat segments were assessed in darker and fat segments in lighter colors when measured with CVS compared to colorimeter (Figure 5a.) Non-uniformly colored meat product was any product that has meat and fat parts that are too small (less than 8 mm) for colorimeter to independently assess their color. Therefore, when the color of beef and pork fermented sausage, and hamburger was measured, the L^* , a^* , b^* colorimeter-generated values for both meat and fat parts were the same. Because CVS used 13×13 pixels Average Color Sampler Tool, it was capable of measuring the color of meat and fat parts independently. This resulted with the highest total meat-parts color difference ($\Delta E = 20.3$) observed for beef fermented sausage,

and maximum total fat-parts color difference ($\Delta E = 35.3$) observed for pork fermented sausage[10]. These extraordinary high values for total color differences[21] indicated that the colors assessed by the two methods were almost exact opposites [15]. The color of meat parts measured with CVS was significantly darker, had greater intensity and were more saturated, compared to colorimeter-measured equivalents(Figure 5b). The opposite was observed for CVS-generated fat color. Due to the high variability and complex color distribution in non-uniformly colored meat products, the colorimeter was unable to assess accurately neither the color of meat nor the color of fat parts. Instead, colorimeter reproduced L^* , a^* , b^* values that were somewhere «in between» the two segments. Our investigation is in concurrence with the conclusions of Girolami, Napolitano [22] that CVS is a tool that can objectively evaluate color of fermented sausages.

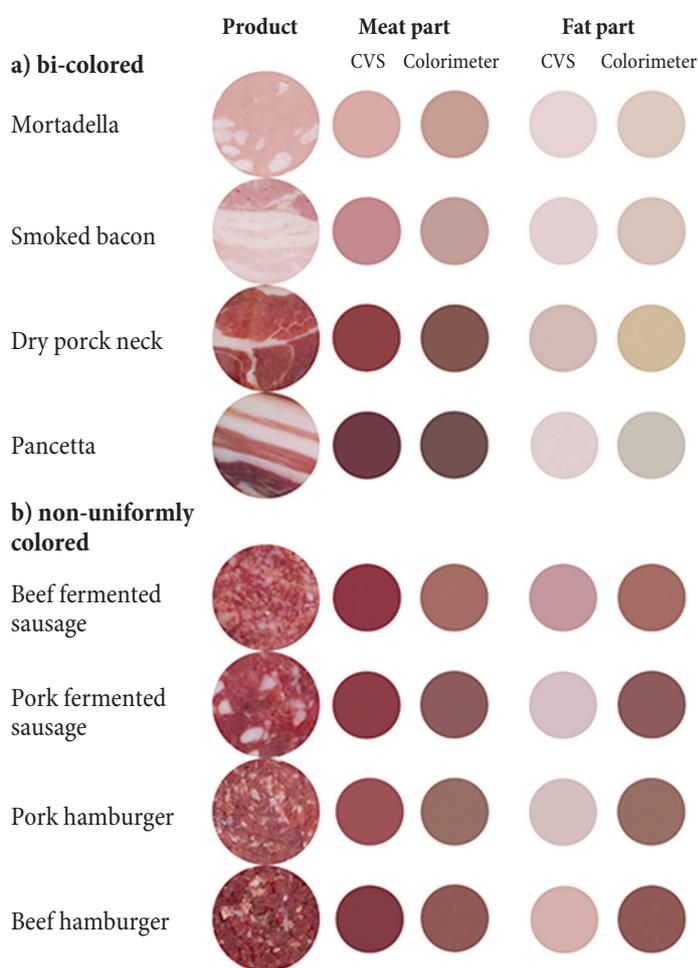


Figure 5. Color of bi and non-uniformly colored meat products as measured by the two methods[10]

Similarity tests

The results of the first similarity test (test A) between the colour of the actual sample of meat products and the CVS obtained colour of the image displayed on the monitor, showed that the panelists found the digital images similar to the actual samples ($P < 0.001$). Frequency of similarity assessed by the panelists was 100 % for all poultry meat and game meat samples (Table 1). This means that 14 out of

Table 1. Similarity tests results

	Frequency of similarity (test A)	Level of similarity (test A)	CVS vs. Colorimeter (test B)	Level of difference (test C)
Beefpate	100 %	3.4 ± 1.4 ^{a,b}	CVS (100 %)	3.0 ± 1.1 ^{a,b,c}
Liver pate	100 %	3.6 ± 1.1 ^{a,b}	CVS (100 %)	2.4 ± 1.1 ^{a,b,c}
Chicken pate	92.9 %	3.5 ± 1.0 ^{a,b}	CVS (100 %)	2.1 ± 1.0 ^{a,b,c}
Beef fermented sausage	92.9 %	3.6 ± 1.0 ^{a,b}	CVS (100 %)	3.2 ± 0.4 ^{a,b,c}
Pork fermented sausage	100 %	4.0 ± 0.8 ^{a,b}	CVS (100 %)	2.3 ± 0.5 ^{a,b,c}
Frankfurter	100 %	4.0 ± 1.1 ^{a,b}	CVS (100 %)	1.7 ± 0.5 ^{a,b}
Saveloy sausage	100 %	3.8 ± 0.9 ^{a,b}	CVS (100 %)	1.2 ± 0.5 ^a
Mortadella	100 %	2.9 ± 1.2 ^a	CVS (100 %)	2.1 ± 1.1 ^{a,b,c}
Cooked ham	100 %	3.0 ± 1.2 ^{a,b}	CVS (100 %)	3.6 ± 0.3 ^{b,c}
Smoked cooked bacon	92.9 %	3.1 ± 1.3 ^{a,b}	CVS (100 %)	2.2 ± 0.4 ^{a,b,c}
Smoked cooked pork	100 %	3.5 ± 1.0 ^{a,b}	CVS (100 %)	2.8 ± 1.2 ^{a,b,c}
Pork prosciutto	100 %	4.1 ± 0.8 ^{a,b}	CVS (100 %)	4.2 ± 1.0 ^c
Beef prosciutto	100 %	3.6 ± 0.9 ^{a,b}	CVS (100 %)	3.1 ± 1.8 ^{a,b,c}
Dry pork neck	92.9 %	3.5 ± 1.3 ^{a,b}	CVS (100 %)	3.0 ± 0.7 ^{a,b,c}
Pancetta	92.9 %	2.8 ± 1.5 ^a	CVS (100 %)	2.7 ± 1.5 ^{a,b,c}
Pork hamburger	100 %	2.8 ± 1.0 ^a	CVS (100 %)	2.0 ± 1.0 ^{a,b,c}
Beef hamburger	100 %	3.4 ± 1.3 ^{a,b}	CVS (100 %)	2.7 ± 1.0 ^{a,b,c}
Raw sausage	100 %	4.4 ± 0.8 ^b	CVS (100 %)	3.2 ± 1.5 ^{a,b,c}
Chicken breast	100 %	1.7 ± 0.8 ^a	CVS (100 %)	3.8 ± 1.4 ^a
Duck breast	100 %	2.4 ± 1.0 ^{a,b}	CVS (100 %)	1.8 ± 0.4 ^b
Goose breast	100 %	3.1 ± 0.8 ^b	CVS (100 %)	1.4 ± 0.5 ^a
Turkey breast	100 %	2.9 ± 1.03 ^b	CVS (100 %)	4.7 ± 0.7 ^b
Quail	100 %	2.7 ± 1.3 ^a	CVS (100 %)	3.6 ± 1.4 ^a
Wild boar	100 %	3.4 ± 1.3 ^b	CVS (100 %)	1.9 ± 0.9 ^{b,c}
Rabbit	85.7 %	2.7 ± 1.2 ^a	CVS (100 %)	4.2 ± 1.2 ^a
Deer	100 %	4.1 ± 0.8 ^b	CVS (100 %)	1.0 ± 0.0 ^c
Pheasant	100 %	3.2 ± 1.2 ^{a,b}	CVS (100 %)	3.4 ± 1.3 ^{a,b}

Means in the same column with different small letters are significantly different ($P < 0.05$)

14 panelist found that the actual colour of all samples was similar to the chip color generated with CVS. Frequency of similarity for meat products was also very high and ranged from 92.9 % for chicken pate, beef sausage, smoked bacon, dry pork neck and pancetta, to 100 % for all the other meat products samples. For poultry meat samples the level of similarity ranged from «low» to «moderate» and for game meat and meat products samples from «moderate» to «high».

Five-point Likert scale ranks from 1 «very low», 2 «low», 3 «moderate», 4 «high» to 5 «very high»

Test B showed that the CVS-generated color chips were more similar to the sample of the poultry meat, game meat and meat products visualized on the monitor, compared to colorimeter-generated color chips in all (100 %) individual trials performed (Table 1).

Test C regarding meat products revealed that, as assessed by the panelists, the magnitude of differences between the color chips generated by CVS and colorimeter and displayed on the monitor, ranged from 1.2 («very low») for Saveloy sausage to 4.2 («high») for Pork prosciutto. Highest level of difference between colors for poultry meat was observed in the case of turkey meat

(4.7 — «very high») and for game meat samples with rabbit (4.2 — «high»).

Conclusions

We presume that one parameter influencing the difference among the meat and meat-products color measurements, between the two methods employed, could be the penetration depth of the illumination source. In our investigation, light employed in both devices had the same color temperature (6500 K) but the light interaction with a meat product samples was obviously device dependent. For the same reasons observed in meat color experiment of Girolami, Napolitano [5], we believe that the colorimeter could not be suitable for the color analysis of meat products. The reason is the translucent and optically non-homogenous matrix of the meat products due to the presence of different ingredients scattered inside it. The colorimeter is placed on the sample surface and the light penetration through meat product matrix must be higher than for CVS. This therefore causes multiple reflections and refractions where optical discontinuities are present, resulting in a diffusion of light (scattering) from the illuminations source [23], making the colorimeter measurements less accurate.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК/REFERENCES

1. Mancini, R. A., Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71 (1), 100–121.
2. Font-i-Furnols, M., Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science*, 98(3), 361–371.
3. Wideman, N., O'Bryan, C., Crandall, P. (2016). Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences-A review. *World's Poultry Science Journal*, 72(2), 353–366.
4. Kang, S., East, A., Trujillo, F. (2008). Colour vision system evaluation of bicolour fruit: A case study with 'B74' mango. *Post-harvest Biology and Technology*, 49 (1), 77–85.
5. Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Braghieri, A. (2013). Measurement of meat color using a computer vision system. *Meat Science*, 93(1), 111–118.
6. Wang, Q., Wang, H., Xie, L., Zhang, Q. (2012). Outdoor color rating of sweet cherries using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 87, 113–120.
7. Issac, A., Dutta, M. K., Sarkar, B. (2017). Computer vision based method for quality and freshness check for fish from segmented gills. *Computers and Electronics in Agriculture*, 139, 10–21.
8. Wan, P., Toudeshki, A., Tan, H., Ehsani, R. (2018). A methodology for fresh tomato maturity detection using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 146, 43–50.
9. Heinz, G., Hautzinger, P. (2007). Meat processing technology for small-to medium-scale producers (RAP publication 2007/20 ed.). Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
10. Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J. M., Đorđević, V., Karabasil, N., Djekic, I. (2019). Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color evaluation of meat products with various physical properties. *Meat Science*, 148, 5–12.
11. Fernández-Vázquez, R., Stinco, C. M., Hernanz, D., Heredia, F. J., Vicario, I. M. (2013). Colour training and colour differences thresholds in orange juice. *Food Quality and Preference*, 30 (2), 320–327.
12. Mokrzycki, W. S., Tatol, M. (2011). Color difference ΔE — a survey. *Machine Graphics and Vision*, 20 (4), 383–411.
13. Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J. M., Pighin, D., Natsasijevic, I., Stajic, S., Djekic, I. (2018). Evaluation of poultry meat colour using computer vision system and colorimeter — is there a difference? *British Food Journal* — Accepted manuscript.
14. Larrain, R., Schaefer, D., Reed, J. (2008). Use of digital images to estimate CIE color coordinates of beef. *Food Research International*, 41(4), 380–385.
15. Brainard, D. H. (2003). Color appearance and color difference specification. *The science of color*, 2, 191–216.
16. Daszkiewicz, T., Kondratowicz, J., Koba-Kowalczyk, M. (2011). Changes in the quality of meat from roe deer (*Capreolus capreolus* L.) bucks during cold storage under vacuum and modified atmosphere. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 14(3), 459–466.
17. Volpelli, L. A., Valusso, R., Piasentier, E. (2002). Carcass quality in male fallow deer (*Dama dama*): effects of age and supplementary feeding. *Meat Science*, 60(4), 427–432.
18. Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Vasilev, D., Jokanovic, M., Sojić, B., Lorenzo, M., Djekic, I. (2018). How the color of game meat should be measured: computer vision system vs. colorimeter. *Fleischwirtschaft* — Accepted manuscript.
19. Vargas-Sánchez, R. D., Torrescano-Urrutia, G. R., Ibarra-Arias, F. J., Portillo-Loera, J. J., Ríos-Rincón, F. G., Sánchez-Escalante, A. (2018). Effect of dietary supplementation with *Pleurotus ostreatus* on growth performance and meat quality of Japanese quail. *Livestock Science*, 207, 117–125.
20. Valous, N. A., Mendoza, F., Sun, D. — W., Allen, P. (2009). Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. *Meat science*, 81 (1), 132–141.
21. Ramirez-Navas, J. S., Rodriguez de Stouvenel, A. (2012). Characterization of Colombian quesoillo cheese by spectrophotometry. *Vitae*, 19(2), 178–185.
22. Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Di Bello, G., Braghieri, A. (2014). Image analysis with the computer vision system and the consumer test in evaluating the appearance of Lucanian dry sausage. *Meat science*, 96 (1), 610–616.
23. Oleari, C. (1998). Misurare il colore: spettrofotometria, fotometria e colorimetria: fisiologia e percezione: Hoepli.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Томашевич Игор Бронислав — доцент, кафедра технологии продуктов питания животных, Факультет сельского хозяйства Белградский университет
11080, Сербия, Белград, ул. Неманьина, 6
Тел.: +7-38-160-429-99-98
E-mail: tbigor@agrif.bg.ac.rs

Критерии авторства

Полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 26.09.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Igor B. Tomasevic — associate professor, Department of Animal Source Food Technology, Faculty of Agriculture, University of Belgrade 11080, Serbia, Belgrade, Nemanjina str., 6
Tel.: +7-38-160-429-99-98
E-mail: tbigor@agrif.bg.ac.rs

Contribution

Completely prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The author declare no conflict of interest.

Received 26.09.2018

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ АОРТЫ СВИНЕЙ, НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ КРЫС С МОДЕЛЬЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИПЕРЛИПИДЕМИИ

Чернуха И.М., Федулова Л.В., Котенкова Е.А.*

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

Ключевые слова: липиды, жирнокислотный состав, гиперлипидемия, индекс атерогенности

Аннотация

В статье приведены результаты определения индекса атерогенности (ИА) сыворотки крови крыс с моделью гиперлипидемии на основе ее жирнокислотного состава. Объектами исследования являлись коммерческая добавка к пище (БАД), содержащая смесь пептидов, выделенных из сосудов сельскохозяйственных животных (Научно-производственный центр ревитализации и здоровья (НПЦРиЗ), Россия), низкомолекулярный ультрафильтрат (НМУФ, Мм < 5 кДа) и средномолекулярный ультрафильтрат (СМУФ, Мм 5–30 кДа) экстракта аорты свиней. У крыс-самцов стока Wistar моделировали экспериментальную гиперлипидемию, по окончании моделирования животным 2 группы вводили 0,9 % раствор натрия хлорида, 3 группы — БАД, 4 группы — НМУФ, 5 группы — СМУФ, 1 группа состояла из интактных крыс, содержащихся при сходных условиях. Все исследуемые образцы вводились *per os* из расчета 0,3 мг белка/кг массы тела на протяжении 14 суток. В результате проведенного исследования было отмечено, что у крыс, получавших БАД, наблюдалось увеличение доли полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) на 67,2 % ($P < 0,05$) на фоне снижения доли мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) на 29,5 % ($P < 0,05$) по сравнению с контролем, однако ИА не изменялся. Внутрижелудочное введение НМУФ вызывало похожий эффект, что и БАД: наблюдалось увеличение доли ПНЖК в 2,5 раза ($P < 0,05$) по сравнению с контролем на фоне снижения доли МНЖК на 39,7 % ($P < 0,05$), преимущественно, за счет снижения олеиновой кислоты на 66,3 % ($P < 0,05$); относительное содержание насыщенных жирных кислот (НЖК) снизилось на 27,8 % ($P < 0,05$), в основном за счет уменьшения содержания пальмитиновой кислоты на 45,3 % ($P < 0,05$) по сравнению с контролем, что способствовало снижению ИА сыворотки крови на 56,4 % ($P < 0,05$). Внутрижелудочное введение СМУФ не оказывало влияния на относительное содержание МНЖК, хотя и доля олеиновой кислоты была снижена на 48,0 % ($P < 0,05$), также отмечалось увеличение доли ПНЖК на 85,8 % ($P < 0,05$) по сравнению с контролем, ИА сыворотки крови снизился на 76,9 % ($P < 0,05$) по сравнению с контрольной группой также за счет уменьшения доли пальмитиновой кислоты на 78,2 % ($P < 0,05$).

Original scientific paper

THE INFLUENCE OF BIOACTIVE SUBSTANCES ISOLATED FROM PORCINE AORTA ON THE SERUM FATTY ACID COMPOSITION OF HYPERLIPIDEMIC RATS

Irina M. Chernukha, Liliya V. Fedulova, Elena A. Kotenkova*

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: lipids, fatty acid composition, hyperlipidemia, atherogenic index

Abstract

Based on results of fatty acid composition in serum of hyperlipidemic rats atherogenic index (AI) was calculated. The objects of the study were a commercial bioactive additive (BAA) containing a mixture of peptides isolated from the vessels of farm animals (Scientific and Production center of Revitalization and Health (SPRH), Russia), low molecular weight (LMUF), Mm < 5 kDa) and medium molecular weight (MMUF), Mm 5–30 kDa) ultrafiltrates of porcine aorta extract. Experimental hyperlipidemia was stimulated in male Wistar rats. After modeling animals in group 2 consumed 0.9 % sodium chloride solution, 3 groups — BAA, 4 groups — LMUF, 5 groups — MMUF, 1 group consisted of intact rats, contained under similar conditions. All studied samples were administered *per os* in a quantity of 0.3 mg protein / kg body weight for 14 days. As a result of the study, it was noted that in serum of rats treated with BAA there was polyunsaturated fatty acids (PUFA) increase by 67.2 % ($P < 0.05$), while monounsaturated fatty acids (MUFA) was decreased by 29.5 % ($P < 0.05$) compared to the control, but there was no change in AI. *Per os* administration of LMUF caused a similar effect as BAA: there was an increase in the proportion of PUFA by 2.5 times ($p < 0.05$) compared with control, while MUFA decreased by 39.7 % ($P < 0.05$), mainly due to a reduction of oleic acid by 66.3 % ($P < 0.05$). The

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чернуха И.М., Федулова Л.В., Котенкова Е.А. Влияние биологически активных веществ, выделенных из аорты свиней, на жирнокислотный состав сыворотки крови крыс с моделью экспериментальной гиперлипидемии. Теория и практика переработки мяса. 2018; 3(4): 16–22. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-16-22

FOR CITATION: Chernukha I.M., Fedulova L.V., Kotenkova E.A. The influence of bioactive substances isolated from porcine aorta on the serum fatty acid composition of hyperlipidemic rats. Theory and practice of meat processing. 2018; 3(4): 15–22. (In Russ.). DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-16-22

relative content of saturated fatty acids (SFA) decreased by 27.8 % ($P<0.05$), mainly due to reduction of palmitic acid content by 45.3 % ($P<0.05$) compared to the control, which contributed to a decrease in serum AI by 56.4 % ($P<0.05$). Per os administration of MMUF did not impact on relative content of MUFA, although the share of oleic acid was reduced by 48.0 % ($P<0.05$), there was also an increase of PUFA content by 85.8 % ($P<0.05$) compared with the control, serum AI reduced by 76.9 % ($P<0.05$) compared with the control group also due to a decrease of palmitic acid by 78.2 % ($P<0.05$).

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) продолжают занимать лидирующую позицию в мире как по смертности, так и по инвалидизации населения. Большинство патологий ССЗ являются следствием во время не выявленных нарушений липидного и белкового обмена, поэтому ключевым звеном борьбы с ССЗ является восстановление этих метаболических сбоев [1].

В настоящий момент разработаны биологически активные модули, содержащие растительные волокна, природные антиоксиданты, полифенолы, полиненасыщенные жирные кислоты и пр. [2,3,4]. В качестве функциональных добавок к пище последнее время стали рассматривать и пептиды животного происхождения, нативные или полученные с помощью ферментализации белков молока и мяса, обладающие гипотензивным, антиоксидантным, антимикробным, противоопухолевым, антитромбозным, липидоснижающим, опиоидным действиями, при этом наиболее изученными остаются пептиды гипотензивной направленности [5,6,7]. Однако до сих пор достаточно мало изучаются и идентифицируются тканеспецифичные вещества белковой и пептидной природы, содержащихся в соответствующих субпродуктах убоя.

Ранее авторами в аорте свиней был обнаружен ряд тканеспецифичных белков и пептидов с молекулярной массой менее 30 кДа, также было показано, что наибольшей эффективностью обладала выделенная из аорт свиней белково-пептидная фракция с молекулярной массой (Мм) менее 30 кДа [8], которая также стимулировала восстановление функций эндотелиального слоя сосудов [9]. В дальнейшем было выявлено, что вещества с молекулярной массой от 5 до 30 кДа обладали выраженным гиполипидемическим действием, в то время как смесь пептидов с молекулярной массой менее 5 кДа проявляла более интенсивную регуляторную активность [10].

Стоит отметить, что при оценке тяжести и глубины липидных сбоев в качестве маркёров традиционно определяют такие показатели, как концентрация в сыворотке крови холестерина (ХС), триглицеридов (ТГ), липопротеинов высокой и низкой плотности (ЛПВП и ЛПНП), индекс атерогенности (ИА) [11,12]. Известно, что содержание общего ХС и ТГ могут не отличаться от нормальных, однако соотношение ЛП, в частности, превалирование атерогенных фракций, способствует развитию атеросклероза. Кроме того, сам состав ТГ, а именно преобладание определенных жирных кислот, в частности, пальмитиновой, может также способст-

вовать увеличению риска развития атеросклероза на фоне общей гиперлипидемии [14]. Таким образом, особый интерес может представлять изучение модификаций жирнокислотного состава сыворотки крови при развитии гиперлипидемии, что отображено в публикациях последних лет и является весьма значимым показателем риска развития липидных сбоев [13,14]. Поэтому целью настоящей работы было оценить изменение ЖК состава сыворотки крови крыс с моделью алиментарной гиперлипидемии, которые затем в течение 14 суток получали тканеспецифичные биологически активные вещества.

Объекты и методы

Объектами исследования являлись коммерческая добавка к пище (БАД), содержащая смесь пептидов, выделенных из сосудов сельскохозяйственных животных (НПЦРиЗ, Россия), низкомолекулярный (НМУФ, Мм < 5 кДа) и средномолекулярный (СМУФ, Мм 5–30 кДа) ультрафильтраты экстракта аорты свиней в 0,9 % растворе натрия хлорида (концентрация белка $0,9 \pm 0,1$ г/л).

Для оценки эффективности исследуемых объектов на 40 крысах-самцах стока Wistar массой 350 ± 20 г, произвольно разделенных на 4 группы, моделировали экспериментальную гиперлипидемию [15], по окончании моделирования животным 2 группы (контроль, $n=10$) вводили 0,9 % раствор натрия хлорида, 3 группы — БАД ($n=10$), 4 группы — НМУФ ($n=10$), 5 группы — СМУФ ($n=10$). 1 группа состояла из интактных крыс ($n=10$), содержащихся при сходных условиях. Все исследуемые образцы вводились *per os* из расчета 0,3 мг белка/кг массы тела на протяжении 14 суток. По истечении эксперимента животных усыпляли в камере для эвтаназии (VETtech, Великобритания), проводили забор крови для биохимических исследований и определения жирнокислотного состава сыворотки крови.

Содержание ХС и ТГ определяли на автоматическом анализаторе BioChem FC-360 (НТИ, США) в соответствии с методиками, приложенными к реактивам (НТИ, США).

Выделение липидов из сыворотки крови осуществляли экстракцией хлороформом/метанолом по методу Фолча. Чистоту выделенных липидов проверяли методом тонкослойной хроматографии. Определение состава жирных кислот проводили на газовом хроматографе HP 6890 фирмы «Hewlett Packard». Описание методов изложено в «Руководстве по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов» [16],

а также в монографии «Методы практической биотехнологии. Анализ компонентов и микропримесей в мясных и других пищевых продуктах» [17]. По полученным результатам определяли содержание пальмитиновой и олеиновой кислот, количество насыщенных (НЖК), моно- (МНЖК) и полиненасыщенных (ПНЖК) жирных кислот. Расчет индекса атерогенности (ИА) сыворотки крови осуществляли по формуле, приведенной Ulbriht T.L.V. и Southgate D.A.T., (1991) [18]:

$$\text{ИА} = (\text{C12} + \text{C14} + \text{C16} + \text{Транс ЖК}) : (\text{ПНЖК} + \text{C18:1} + \text{другие МНЖК})$$

Статистический анализ проводили с использованием программы STATISTICA 10. Результаты представлялись в виде «среднее значение \pm среднее квадратическое отклонение» ($M \pm SD$). Статистическая достоверность рассчитывалась с применением однопараметрического ANOVA теста с применением критерия Тьюки при уровне значимости 0,05.

Результаты и обсуждение

По результатам биохимических исследований крови, наибольшее снижение ХС наблюдалось у животных, получавших СМУФ (группа 5) и достигало 30,1% ($P < 0,05$) по сравнению с контролем (группа 2). Концентрация ТГ во всех опытных группах значительно превышала интактный уровень более чем в 2 раза ($P < 0,05$).

Результаты определения жирнокислотного состава сыворотки крови крыс приведены в Табл. 1. Несмотря на длительное содержание животных на проатерогенной диете, у животных контрольной группы (группа 2) не наблюдалось изменений по всем оцениваемым показателям (содержание пальмитиновой и олеиновой кислот, НЖК, МНЖК, ПНЖК и ИА) в сравнении с интактной группой (группа 1).

Внутрижелудочное введение БАД не приводило к снижению ИА, содержание НЖК как и пальмитиновой кислоты оставалось также на уровне групп 1 (интакт) и 2 (контроль), однако наблюдалось увеличение доли ПНЖК на 67,2% ($P < 0,05$) по сравнению с группой 2 (контроль) на фоне снижения доли МНЖК на 29,5% ($P < 0,05$), преимущественно, за счет снижения олеиновой кислоты на 32,3% ($P < 0,05$).

Таблица 1. Результаты определения жирнокислотного состава сыворотки крови экспериментальных крыс на 14 сутки эксперимента

№ группы	Всего, г/100 г	% от суммы идентифицированных ЖК					ИА
		C16:0	C18:1n9c	НЖК	МНЖК	ПНЖК	
1	69,7 \pm 1,2 ^{б,в}	19,8 \pm 0,5 ^{б,г}	29,8 \pm 0,4 ^{б,г,е}	45,5 \pm 0,5 ^{б,г}	34,2 \pm 0,3 ^{б,г}	19,2 \pm 0,3 ^{б,г,е}	0,40 \pm 0,01 ^{б,г}
2	73,6 \pm 0,3 ^б	19,0 \pm 0,1 ^{б,г}	29,4 \pm 0,4 ^{б,г,е}	46,1 \pm 0,5 ^{б,г}	36,3 \pm 0,4 ^{б,г}	17,7 \pm 0,5 ^{б,г,е}	0,39 \pm 0,01 ^{б,г}
3	79,9 \pm 2,9 ^{б,г}	19,5 \pm 0,6 ^{б,г}	19,9 \pm 0,6 ^{б,г,е}	44,8 \pm 2,0 ^{б,г}	25,6 \pm 1,3 ^а	29,6 \pm 2,2 ^{а,г}	0,39 \pm 0,03 ^{б,г}
4	58,9 \pm 1,9 ^а	10,4 \pm 1,1 ^{а,г}	9,9 \pm 0,5 ^{б,в,е}	33,3 \pm 1,1 ^а	21,9 \pm 1,8 ^б	44,7 \pm 1,4 ^{б,в,е}	0,17 \pm 0,02 ^{а,г}
5	74,7 \pm 1,3 ^б	4,1 \pm 0,3 ^{б,в}	15,3 \pm 0,33 ^{б,д}	30,3 \pm 0,5 ^б	36,8 \pm 0,5 ^{б,г}	32,9 \pm 0,4 ^{б,д}	0,09 \pm 0,01 ^{б,в}

^{а-б, в-г, д-е} — достоверные отличия между экспериментальными группами ($P < 0,05$)

У животных, которым вводили НМУФ (группа 4) и СМУФ (группа 5) было отмечено значительное снижение доли НЖК на 27,8% ($P < 0,05$) и 34,3% ($P < 0,05$), соответственно, по сравнению с контролем (группа 2), доля пальмитиновой кислоты была также снижена на 45,3% ($P < 0,05$) и 78,2% ($P < 0,05$), соответственно. Внутрижелудочное введение НМУФ (группа 4) вызвало похожий эффект, что и БАД (группа 3): наблюдалось увеличение доли ПНЖК в 2,5 раза ($P < 0,05$) по сравнению с группой 2 (контроль) на фоне снижения доли МНЖК на 39,7% ($P < 0,05$), преимущественно, за счет снижения олеиновой кислоты на 66,3% ($P < 0,05$). Внутрижелудочное введение СМУФ (группа 5) не оказывало влияния на относительное содержание МНЖК, хоть и доля олеиновой кислоты была снижена на 48,0% ($P < 0,05$), также отмечалось увеличение доли ПНЖК на 85,8% ($P < 0,05$) по сравнению с контролем (группа 2).

Отмеченные изменения в ЖК составе сыворотки крови не приводили к снижению ИА сыворотки крови крыс, получавших БАД (группа 3). Напротив, внутрижелудочное введение НМУФ (группа 4) и СМУФ (группа 5) приводило к снижению ИА на 56,4% ($P < 0,05$) и 76,9% ($P < 0,05$), соответственно, по сравнению с контрольной группой (группа 2).

При анализе соотношения НЖК:(МНЖК+ПНЖК), были получены следующие значения: группа 1 (интакт) — 1:1,15; группа 2 (контроль) — 1:1,17; группа 3 (БАД) — 1:1,23; группа 4 (НМУФ) — 1:2; группа 5 (СМУФ) — 1:2,3. При подсчете соотношения НЖК:МНЖК были получены следующие значения: группа 1 (интакт) — 1:0,73; группа 2 (контроль) — 1:0,79; группа 3 (БАД) — 1:0,57; группа 4 (НМУФ) — 1:0,66; группа 5 (СМУФ) — 1:1,19. Таким образом, основной вклад в снижение ИА вносило уменьшение доли пальмитиновой кислоты в сыворотке крови опытных животных на фоне увеличения ПНЖК.

Заключение

В результате проведенного исследования было отмечено, что длительное содержание животных на проатерогенной диете не приводило к изменению жирнокислотного состава сыворотки крови, однако внутрижелудочное введение биологически активных

веществ, напротив, способствовало модификации соотношения классов жирных кислот уже по истечении 14 суток эксперимента. Так, у крыс, получавших коммерческую добавку к пище, отмечалось увеличение доли ПНЖК на 67,2% ($P < 0,05$) на фоне снижения доли МНЖК на 29,5% ($P < 0,05$) по сравнению с контролем, однако ИА не изменялся. Внутрижелудочное введение низкомолекулярного ультрафильтрата экстракта аорты свиней ($M_m < 5$ кДа) вызывало похожий эффект, что и БАД, что обусловлено схожестью состава: обе добавки представляют смесь пептидов, выделенных из сосудов сельскохозяйственных животных. Однако в случае низкомолекулярного ультрафильтрата отмечалось снижение доли пальмитиновой кислоты на 45,3% ($P < 0,05$) по сравнению с контролем, что способствовало уменьшению ИА сыворотки крови на 56,4% ($P < 0,05$). Среднемолекулярный ультрафильтрат способствовал модификации жирнокислотного состава сыворотки крови опытных крыс иным образом: относительное содержание МНЖК не изменялось, хоть и доля олеиновой кислоты была сниже-

на на 48,0% ($P < 0,05$), ПНЖК увеличились на 85,8% ($P < 0,05$) по сравнению с контролем. В итоге ИА сыворотки крови снизился на 76,9% ($P < 0,05$) по сравнению с контрольной группой также за счет уменьшения доли пальмитиновой кислоты на 78,2% ($P < 0,05$). Согласно результатам исследования Титова В.Н. (2012) отмечалось, что изоформы триглицеридов, содержащих много пальмитиновой кислоты, способствуют их накоплению в адипоцитах, что, в свою очередь, ведет к увеличению в крови безлигандных и высокоатерогенных ЛПНП с плотностью ЛПОНП (липопротеины очень низкой плотности) [14]. В проведенном нами исследовании отмечалось, что внутрижелудочное введение веществ, выделенных из сосудов свиней, в диапазоне молекулярных масс от 5 до 30 кДа способствует снижению индекса атерогенности сыворотки крови именно за счет уменьшения пальмитиновой жирной кислоты, что позволяет рассматривать отмеченных белково-пептидный комплекс как перспективный для разработки на его основе пищевой добавки для лиц, страдающих от липидного дисбаланса.

Introduction

Cardiovascular diseases (CVD) continue to occupy the leading position in the world in terms of both mortality and disability. The majority of CVD cases are the result of promptly undetectable disorders of lipid and protein metabolism, therefore the key aspect of CVD prevention is the recovery of these metabolic failures [1].

At the moment modern biologically active modules were developed, which contain plant fibers, natural antioxidants, polyphenols, polyunsaturated fatty acids and *etc.* [2,3,4]. Recently, peptides of an animal origin, native or obtained by enzymatic hydrolysis of milk and meat proteins, possessing hypotensive, antioxidant, antimicrobial, antitumor, antithrombotic, lipid-lowering, opioid actions, have been considered as functional additives to food, while the most studied peptides are hypotensive [5,6,7]. However, tissue-specific substances of protein and peptide nature contained in slaughter by-products are still not well-studied.

Previously, the authors found a number of tissue-specific proteins and peptides with molecular weight less than 30 kDa in the aorta of pigs, also it was shown that the protein-peptide fraction isolated from the aorta of pigs with molecular weight (MW) less than 30 kDa [8] demonstrated the highest efficiency and also stimulated the restoration of endothelial layer in vessels [9]. Further it was found, that substances with a molecular weight from 5 to 30 kDa had a pronounced lipid-lowering effect, while mixture of peptides with a molecular weight less than 5 kDa showed more intense regulatory activity [10].

It should be noted that for assessment of the severity and depth of lipid failures, such indicators as the concentration of cholesterol (CL), triglycerides (TG), high and

low density lipoproteins (HDL and LDL), atherogenic index (AI) are traditionally determined as markers [11,12]. It is known that the content of total CL and TG may not differ from the normal, but the ratio of LP, especially the prevalence of its atherogenic fractions, contributes to the development of atherosclerosis. In addition, the composition of TG, particularly the predominance of certain fatty acids, especially, palmitic acid, may also increase the risk of atherosclerosis on the background of general hyperlipidemia development [14]. Thus, the study of modifications of serum fatty acid composition is in interest during the hyperlipidemia development. This investigation area is reflected in the publications of recent years as a very significant indicator of the risk of lipid failure [13,14]. Therefore, the aim of this work was to assess the change in the fatty acids (FA) composition in serum of hyperlipidemic rats, which then received tissue-specific biologically active substances within 14 days.

Objects and methods

The objects of the study were a commercial food bioactive additive (BAA) containing a mixture of peptides isolated from the vessels of farm animals (Scientific and Production center of Revitalization and Health (SPRH), Russia), low molecular weight (LMUF, $MW < 5$ kDa) and medium molecular weight (MMUF, $MW = 5-30$ kDa) ultrafiltrates of pig aorta extract in 0.9% sodium chloride solution (protein concentration 0.9 ± 0.1 g/L).

40 male *Wistar* rats with body mass of 350 ± 20 g were randomly divided into 4 groups and stimulated hyperlipidemia [15]. At the end of modeling animals of group 2 (control, $n = 10$) were administered 0.9% solution of sodium chloride, 3 groups — food additive (BAA) ($n = 10$),

group 4 — LMUF (n=10), 5 groups — MMUF (n=10). Group 1 consisted of intact rats (n=10) kept under similar conditions. All samples were administered *per os* in dose 0.3 mg protein / kg body weight for 14 days. After the experiment, the animals were euthanized (VETtech, UK), blood samples for biochemical studies and determination of fatty acid composition were taken

The content of CL and TG was determined on automatic analyzer BioChem FC-360 (HTI, USA) in accordance with the methods applied to the reagents (HTI, USA).

Serum lipids were isolated by chloroform/methanol extraction by the Folch method. The purity of the isolated lipids was tested by thin-layer chromatography. Determination of the composition of fatty acids was carried out on a gas chromatograph HP 6890 company «Hewlett Packard». The description of methods is stated in the «Manual on methods of analysis of quality and safety of food products» [16], as well as in the monograph «Methods of practical biotechnology. Analysis of components and micro-impurities in meat and other food products» [17]. Contents of palmitic and oleic acids, amounts of saturated (SFA), mono- (MUFA) and polyunsaturated (PUFA) fatty acids were determined. Calculation of atherogenic index (AI) of serum was performed according to the formula given Ulbriht T. L. V. and Southgate D. A. T., (1991) [18]:

$$AI = \frac{(C12 + C14 + C16 + TRANS\ FA)}{(PUFA + C18:1 + other\ MUFA)}$$

Statistical analysis was performed using the program STATISTICA 10. The results were presented as «mean ± standard deviation» (M ± SD). Statistical validity was calculated using a one-parameter ANOVA test using the Tukey test at a significance level of 0.05.

Results and discussion

According to the results of biochemical analysis, the greatest decrease of serum CL was observed in animals treated with MMUF (group 5) and reached 30.1% (P < 0.05) compared with the control (group 2). The concentration of TG in all experimental groups significantly exceeded the intact level by more than 2 times (P < 0.05).

The results of determination of fatty acid composition of rat serum are given in Table 1. Despite on the long-term

consumption of proatherogenic diet, in animals of the control group (group 2) there were no changes in all estimated parameters (the content of palmitic and oleic acids, SFA, MUFA, PUFA and AI) in comparison with the intact group (group 1).

Per os administration of BAA did not lead to a AI decrease, the content of SFA as well as palmitic acid remained also at the level of groups 1 (intact) and 2 (control), but there was an increase in the share of PUFA by 67.2% (P < 0.05) compared to group 2 (control), while the share of MUFA decreased by 29.5% (P < 0.05), mainly due to a reduction of oleic acid by 32.3% (P < 0.05).

Administration of LMUF (group 4) and MMUF (group 5) led to a significant decrease in the proportion of SFA by 27.8% (P < 0.05) and 34.3% (P < 0.05), respectively, compared with the control (group 2), the proportion of palmitic acid was also reduced by 45.3% (P < 0.05) and 78.2% (P < 0.05), respectively. *Per os* administration of LMUF (group 4) caused a similar effect as BAA (group 3): there was an increase in the share of PUFA by 2.5 times (P < 0.05) compared to group 2 (control), while the share of MUFA decreased by 39.7% (P < 0.05), mainly due to a reduction of oleic acid by 66.3% (P < 0.05). *Per os* administration of MMUF (group 5) had no effect on the relative content of MUFA, although the share of oleic acid was reduced by 48.0% (P < 0.05), there was also an increase in rate of PUFA by 85.8% (P < 0.05) compared with the control (group 2).

Marked changes in FA serum composition of rats receiving BAA (group 3) did not lead to decrease of AI. On the contrary, *per os* administration of LMUF (group 4) and MMUF (group 5) resulted in reduction of AI by 56.4% (P < 0.05) and 76.9% (P < 0.05), respectively, compared to the control group (group 2).

The following values were obtained when analyzing the ratio of SFA: (MUFA + PUFA) : group 1 (intact) — 1:1.15; group 2 (control) — 1:1.17; group 3 (BAA) — 1:1.23; group 4 (LMUF) — 1:2; group 5 (MMUF) — 1: 2.3. The ratios of SFA: MUFA were calculated: group 1 (intact) — 1:0.73; group 2 (control) — 1:0.79; group 3 (BAA) — 1:0.57; group 4 (LMUF) — 1:0.66; group 5 (MMUF) — 1:1.19. Thus, a decrease in the proportion of palmitic acid in rat serum made the main contribution to the reduction of serum AI, as well as increasing of PUFA.

Table 1. Results of fatty acid composition determination in rat serum on the 14th day of the experiment

№ group	Total, g/100 g	% from the amount identified FA					AI
		C16:0	C18:1n9c	SFA	MUFA	PUFA	
1	69.7 ± 1.2 ^{b,c}	19.8 ± 0.5 ^{b,d}	29.8 ± 0.4 ^{b,d,f}	45.5 ± 0.5 ^{b,d}	34.2 ± 0.3 ^{b,d}	19.2 ± 0.3 ^{b,d,f}	0.40 ± 0.01 ^{b,d}
2	73.6 ± 0.3 ^b	19.0 ± 0.1 ^{b,d}	29.4 ± 0.4 ^{b,d,f}	46.1 ± 0.5 ^{b,d}	36.3 ± 0.4 ^{b,d}	17.7 ± 0.5 ^{b,d,f}	0.39 ± 0.01 ^{b,d}
3	79.9 ± 2.9 ^{b,d}	19.5 ± 0.6 ^{b,d}	19.9 ± 0.6 ^{a,d,f}	44.8 ± 2.0 ^{b,d}	25.6 ± 1.3 ^a	29.6 ± 2.2 ^{a,d}	0.39 ± 0.03 ^{b,d}
4	58.9 ± 1.9 ^a	10.4 ± 1.1 ^{a,d}	9.9 ± 0.5 ^{b,c,f}	33.3 ± 1.1 ^a	21.9 ± 1.8 ^c	44.7 ± 1.4 ^{b,c,f}	0.17 ± 0.02 ^{a,d}
5	74.7 ± 1.3 ^b	4.1 ± 0.3 ^{b,c}	15.3 ± 0.33 ^{b,d,e}	30.3 ± 0.5 ^c	36.8 ± 0.5 ^{b,d}	32.9 ± 0.4 ^{d,e}	0.09 ± 0.01 ^{b,c}

^{a-b, c-d, e-f} significant differences between the experimental groups (P < 0.05)

Conclusion

As a result of the study, it was noted that the long-term consumption of proatherogenic diet did not lead to a change in the serum fatty acid composition, but *per os* administration of biologically active substances, on the contrary, contributed to the modification of the ratio of fatty acid types after 14 days of the experiment. Thus, in rats receiving a commercial food additive, there was an increase in the share of PUFA by 67.2% ($P < 0.05$), while the share of MUFA was reduced by 29.5% ($P < 0.05$) compared with the control, but the AI did not change. *Per os* administration of low molecular weight ultrafiltrate of pig aorta extract ($M_w < 5$ kDa) caused a similar effect as dietary BAA, due to the similarity of the composition: both additives are a mixture of peptides isolated from the vessels of farm animals. However, in case of low molecular weight ultrafiltrate (LMUF) there was a decrease in the proportion of palmitic acid by 45.3% ($P < 0.05$) compared with the control, which contributed to a decrease in serum AI by 56.4% ($P < 0.05$). The medium-molecular weight ultrafiltrate (MMUF) contributed to the modifica-

tion of the fatty acid composition of rat serum in a different way: the relative content of MUFA did not change, although the share of oleic acid was reduced by 48.0% ($P < 0.05$), PUFA increased by 85.8% ($P < 0.05$) compared with the control. As a result, serum AI decreased by 76.9% ($P < 0.05$) compared to the control group also due to a decrease in the proportion of palmitic acid by 78.2% ($P < 0.05$). According to the results of the study Titova V.N. (2012) it was noted that the isoforms of triglycerides containing a lot of palmitic acid contribute to their accumulation in adipocytes, which leads to an increase in the blood of non-ligand and high-atherogenic LDL with a density of VLDL (very low density lipoproteins) [14]. In our study, it was noted that *per os* administration of substances isolated from pig vessels in the range of molecular weights from 5 to 30 kDa contributes to a decrease in the serum atherogenicity index mainly due to reduction of palmitic fatty acid. This observation allows us to consider the noted protein-peptide complex as a promising for the development on its basis a food additive for persons suffering from lipid disorders.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. World heart federation [Электронный ресурс: URL: <http://www.world-heart-federation.org/cardiovascular-health/cardiovascular-disease-risk-factors> Дата обращения: 04.08.2017]
2. Arihara, K. (2006). Strategies for designing novel functional meat products. *Meat science*, 74(1), 219–229.
3. Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., Salminen, H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat science*, 86(1), 196–213.
4. Кочеткова, А.А., Воробьева, В.М., Воробьева, И.С., Саркисян, В.А., Зорина, Е.Е., Шатнюк, Л.Н., Михеева, Г.А., Юдина, А.В. (2016). Теоретические и практические аспекты разработки специализированных пищевых продуктов для диетотерапии при сердечно-сосудистых заболеваниях. *Пищевая промышленность*, 8, 8–12.
5. Ahhmed, A.M., Muguruma, M. (2010). A review of meat protein hydrolysates and hypertension. *Meat science*, 86, 110–118.
6. Lafarga, T., Hayes, M. (2014). Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients. *Meat science*, 98, 227–239.
7. Udenigwe, C.C., Howard, A. (2013). Meat proteome as source of functional biopeptides. *Food Research International*, 54, 1021–1032.
8. Chernukha, I.M., Fedulova, L.V., Kotenkova, E.A. (2015). Meat By-product is a Source of Tissue-specific Bioactive Proteins and Peptides Against Cardio-vascular Diseases. *Procedia Food Science*, 5, 50–53.
9. Чернуха, И.М., Федулова, Л.В., Котенкова, Е.А. (2016). Влияние тканеспецифичных биомолекул на дисфункцию эндотелия при атеросклерозе. *Все о мясе*, 1, 46–49.
10. Котенкова, Е.А. (2017). Изучение веществ, содержащихся в тканях аорты свиней, для создания функциональной пище-

- вой добавки. В сборнике: *Актуальные вопросы нутрициологии, биотехнологии и безопасности пищи материалы Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием*, 182–186.
11. Lafta, M.A. (2014). A Comparative Study for Some Atherogenic Indices in Sera of Myocardial infarction, Ischemic Heart Disease Patients and Control. *Journal of Natural Sciences Research*, 4(8), 96–103.
12. Salini, A., Jeyanthi, G.P. (2014). Cardiac biomarkers and atherogenic indices in hypertensive postmenopausal women with co-morbidities. *International Journal of Pharmaceutical Research and Bio-Science*, 3(4), 389–406.
13. Liu, T. — W., Heden, T.D., Morris, E.M., Fritsche, K.L., Vieira-Potter, V.J., Thyfault, J.P. (2015). High-fat diet alters serum fatty acid profiles in obesity prone rats: implications for in-vitro studies. *Lipids*, 50(10), 997–1008.
14. Титов, В.Н. (2012). Высокое содержание пальмитиновой жирной кислоты в пище — основная причина повышения холестерина липопротеинов низкой плотности и атероматоза интимы артерий. *Атеросклероз и дислипидемии*, № 3(8), 48–57.
15. Патент № 2524127. Способ моделирования атеросклероза / Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Федулова Л.В., Котенкова Е.А. Оpubл. 27.07.2014. Бюлл. № 21
16. Скурихин, И.М., Тутельян, В.А. (1998). Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. М, Брандес: Медицина. — 341 с. ISBN5–225–02777–6
17. Лисицын, А.Б., Иванкин, А.Н., Неклюдов, А.Д. (2002). Методы практической биотехнологии. М, ВНИИМП. — 402 с.
18. Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 8773, 985–992.

REFERENCES

1. World heart federation [Electronic resource: URL: <http://www.world-heart-federation.org/cardiovascular-health/cardiovascular-disease-risk-factors> Accessed: 04.08.2017]
2. Arihara, K. (2006). Strategies for designing novel functional meat products. *Meat science*, 74(1), 219–229.
3. Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., Salminen, H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat science*, 86(1), 196–213.
4. Kochetkova, A.A., Vorobyova, V.M., Vorobyova, I.S., Sarkisyan, V.A., Zorina, E.E., Shatnyuk, L.N., Mikheeva, G.A., Yudina, A.V. (2016). Theoretical and Practical Aspects of the Specialized Food for Diet Therapy in Cardiovascular Diseases Development. *Pisthevaya promyshlennost*, 8, 8–12.

5. Ahhmed, A.M., Muguruma, M. (2010). A review of meat protein hydrolysates and hypertension. *Meat science*, 86, 110–118.
6. Lafarga, T., Hayes, M. (2014). Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients. *Meat science*, 98, 227–239.
7. Udenigwe, C.C., Howard, A. (2013). Meat proteome as source of functional biopeptides. *Food Research International*, 54, 1021–1032.
8. Chernukha, I.M., Fedulova, L.V., Kotenkova, E.A. (2015). Meat By-product is a Source of Tissue-specific Bioactive Proteins and Peptides Against Cardio-vascular Diseases. *Procedia Food Science*, 5, 50–53.
9. Chernukha, I.M., Fedulova, L.V., Kotenkova, E.A. (2016). The influence of tissue-specific biomolecules on endothelial

dysfunction in atherosclerosis. *Vsyo o myase*, 1, 46–49. (In Russian)

10. Kotenkova, E.A. (2017). The study of substances contained in porcine aorta tissues for creation of functional food additive. *Proceedings: Topical issues of nutrition, biotechnology and food safety*, 182–186. (In Russian)

11. Lafta, M.A. (2014). A Comparative Study for Some Atherogenic Indices in Sera of Myocardial infarction, Ischemic Heart Disease Patients and Control. *Journal of Natural Sciences Research*, 4(8), 96–103.

12. Salini, A., Jeyanthi, G.P. (2014). Cardiac biomarkers and atherogenic indices in hypertensive postmenopausal women with co-morbidities. *International Journal of Pharmaceutical Research and Bio-Science*, 3(4), 389–406.

13. Liu, T. — W., Heden, T.D., Morris, E.M., Fritsche, K.L., Vieira-Potter, V.J., Thyfault, J.P. (2015). High-fat diet alters serum fatty

acid profiles in obesity prone rats: implications for in-vitro studies. *Lipids*, 50(10), 997–1008.

14. Titov, V.N. (2012). High dietary content of palmitic fatty acid is the major cause of increase in low-density lipoprotein cholesterol and arterial intima atheromatosis. *Ateroskleroz i dislipidemii*, 3(8), 48–57. (In Russian)

15. Lisitsyn, A.B., Chernukha, I.M., Fedulova, L.V., Kotenkova, E.A. The method for modeling atherosclerosis Patent RF no 2524127, 2014. (In Russian)

16. Skurikhin, I. M., Tutelyan, V. A. (1998). Guide to methods of analysis of food quality and safety, M: Brandes: Meditsyna. — 341 p. ISBN 5–225–02777–6 (In Russian)

17. Lisitsyn, A.B., Ivankin, A.N., Neklyudov, A.D. (2002). Methods of practical biotechnology. M: VNIIMP.—402 p. (In Russian)

18. Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T. (1991) Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 8773, 985–992.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Чернуха Ирина Михайловна — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Экспериментальной клинико-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова

109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26

Тел.: +7–495–676–63–21

E-mail: imcher@inbox.ru

Федулова Лилия Вячеславовна — кандидат технических наук, заведующая, Экспериментальная клиника — лаборатория биологически активных веществ животного происхождения, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН

109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26

Тел.: +7–495–676–92–11

E-mail: l.fedulova@fncps.ru

Котенкова Елена Александровна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Экспериментальная клиника — лаборатория биологически активных веществ животного происхождения, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН

109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26

Тел.: +7–495–676–92–11

E-mail: lazovlana92@yandex.ru

*автор для переписки

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 12.09.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Irina M. Chernukha — doctor of technical sciences, professor, leading research scientist of Experimental clinic — laboratory «Biologically active substances of an animal origin», V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences

109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel.: +7–495–676–63–21

E-mail: imcher@inbox.ru

Liliya V. Fedulova — candidate of technical sciences, head of Experimental clinic-laboratory «Biologically active substances of an animal origin», V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences,

109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel.: +7–495–676–92–11

E-mail: l.fedulova@fncps.ru

Elena A. Kotenkova — candidate of technical sciences, senior research scientist, Experimental clinic-laboratory «Biologically active substances of an animal origin», V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences,

109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel.: +7–495–676–92–11

E-mail: lazovlana92@yandex.ru

*corresponding author

Contribution

Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 12.09.2018

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ СВЯЗАННЫХ С СЫРЬЕМ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Зайко Е.В., Батаева Д.С.*

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

Ключевые слова: мясо, риски, антибиотики, антибиотикорезистентность микроорганизмов

Аннотация

Только из качественного и безопасного сырья животного происхождения возможно производить продукцию, отвечающую требованиям Технических регламентов Таможенного Союза. Однако для этого необходимо идентифицировать риски, связанные с его использованием, с оценкой и указанием механизмов управления. При производстве мясной продукции, механизмы управления идентифицированными рисками, связанные с мясным сырьем, будут разными. Целью нашего исследования является идентификация наиболее важных факторов риска, связанных с мясом от разных видов животных, в т.ч. и птицы, которое используется в настоящее время на мясоперерабатывающих предприятиях. Акцент был сделан на мясе, предназначенном для производства сырокопченых колбас, т.к. эта продукция подвергается минимальным температурным воздействиям, соответственно при неблагоприятных условиях практически всегда сохраняет параметры исходного сырья (например, наличие антибиотиков, патогенных микроорганизмов). При идентификации химического фактора риска использовали скрининговый микробиологический метод на наличие антимикробных химиотерапевтических веществ. Для установления биологического фактора риска применяли классические микробиологические методы. Нами было установлено, что химический фактор риска (наличие антимикробных химиотерапевтических веществ) создает проблему биологического характера, т.е. приводит к возникновению антибиотикоустойчивых штаммов патогенов. Так, при исследовании говядины нами было установлено, что процент контаминированных антимикробными химиотерапевтическими веществами образцов составил 26,7%, свинины 35,3%, а мясо птицы — 42,9%. При этом в этих же образцах говядины отсутствовали *Salmonella* spp. и *L. monocytogenes*, однако *E. coli* были обнаружены и они демонстрировали свою устойчивость к действию антибиотиков. В свинине и в мясе птицы все искомые бактерии были обнаружены. Возможно, у данных видов животных и птицы, штаммы микроорганизмов обладают наибольшей антибактериальной резистентностью.

Review paper

IDENTIFICATION OF RISKS ASSOCIATED WITH RAW MATERIALS OF ANIMAL ORIGIN

Elena V. Zajko, Dagmara S. Bataeva*

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: meat, risks, antibacterial drugs, antibiotic resistance

Abstract

Products, that meet the requirements of Technical regulations of the Customs Union are possible to produce only from high-quality and safe raw materials of animal origin. However, it is necessary to identify the risks associated with its use, assessment and indication of management mechanisms. In the production of meat products, the mechanisms for managing the identified risks associated with meat raw materials will be different. The aim of our study is to identify the most important risk factors associated with meat from different species of animals, including poultry, currently used in meat processing plants. The emphasis was placed on the meat intended for the production of smoked sausages, as these products are subjected to minimal temperature effects, respectively, under adverse conditions, almost always retains the original parameters of the feedstock (for example, the presence of antibiotics, pathogens). The screening microbiological method for the presence of antimicrobial chemotherapeutic agents was used to identify the chemical risk factor. Classical microbiological methods were used to determine the biological risk factor. It was found that the chemical risk factor (the presence of antimicrobial chemotherapeutic agents) creates a biological problem, i.e. the emergence of antibiotic-resistant strains of pathogens. Thus, in the study of beef, we found that the percentage of samples contaminated with antimicrobial chemotherapeutic agents was 26.7%, pork – 35.3%, and poultry meat — 42.9%. At the same time, *Salmonella* spp. was absent in the same beef samples and the *monocytogenes*, however, have been found and they have demonstrated their resistance to antibiotics. In pork and poultry all bacteria were found. Perhaps, these species of animals and poultry, strains of microorganisms have the greatest antibacterial resistance.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Зайко Е.В., Батаева Д.С. Идентификация рисков связанных с сырьем животного происхождения. Теория и практика переработки мяса. 2018;3(4): 23–31. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-23-31

FOR CITATION: Zaiko E. V., Bataeva D. S. Identification of risks associated with raw materials of animal origin. Theory and practice of meat processing. 2018;3(4): 23–31. (In Russ.) DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-23-31

Введение

С целью предотвращения возникновения опасностей, связанных с употреблением пищевой продукции, необходимо разработать систему раннего их выявления. Для эффективности в этой системе необходимо установить приоритетные направления мониторинга безопасности пищевых продуктов, предпочтительно используя подход, основанный на оценке риска [1].

В мировой практике мясо рассматривается как продукт высокого риска, для которого характерны как биологические, так и химические риски. Поэтому входной производственный контроль мяса важен для производства безопасных продуктов питания и позволяет защитить общественное здоровье. В мясе «традиционно» контролируют и выявляют биологические факторы риска, например, наиболее опасные *Salmonella*, *Campylobacter* и *Escherchia coli* O157 [2], а химические, такие как антимикробные вещества, остаются пока менее оценёнными. Однако, остатки антимикробных веществ или их метаболитов могут присутствовать в пищевых продуктах и попадать в организм потребителя через продукты питания. Одним из самых неблагоприятных воздействий считается проявление аллергической реакции в организме человека на антибиотики [3]. Длительное воздействие или повторные экспозиции могут привести к нарушению микробиоты кишечника [4].

Помимо токсикологического эффекта на организм человека, использование антибиотиков может иметь последствия для развития антибиотикорезистентных штаммов среди его микрофлоры [5]. Поэтому был идентифицирован дополнительный риск, заключающийся в развитии резистентности к антибиотикам у микроорганизмов.

В новом докладе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) отмечена проблема устойчивости микроорганизмов к противомикробным препаратам, включая антибиотики, на глобальном уровне [6].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) впервые опубликовала список устойчивых к действию антибиотиков «приоритетных патогенов» — 12 видов бактерий, представляющих наибольшую угрозу для здоровья человека. Представленные в списке бактерии разделены на три группы по уровню потребности в создании новых антибиотиков: крайне приоритетные, высокоприоритетные и среднеприоритетные.

К крайне приоритетной группе относятся бактерии с множественной лекарственной устойчивостью, которые представляют особенно серьезную опасность для пациентов больниц и лечебно-реабилитационных центров и пациентов, для лечения которых требуются медицинские устройства, такие как аппараты для искусственной вентиляции легких и венозные катетеры. В эту группу входят *Acinetobacter*, *Pseudomonas* и различные виды семейства *Enterobacteriaceae* (включая *Klebsiella*, *E.coli*, *Serratia* и *Proteus*). Они могут вы-

зывать тяжелые и часто смертельные инфекции, такие как инфекции кровотока и пневмонию [7]. У этих бактерий сформировалась устойчивость к действию широкого ряда антибиотиков, включая карбапенемы и цефалоспорины третьего поколения — наиболее эффективные из имеющихся антибиотиков для лечения бактериальных инфекций со множественной лекарственной устойчивостью.

Вторая и третья группы микроорганизмов в списке включают другие бактерии с растущей лекарственной устойчивостью, которые вызывают такие заболевания как гонорея [8] и пищевое отравление (сальмонелла).

Большинство из этих микроорганизмов присутствуют в мясе и продуктах его переработки, соответственно они могут передаваться потребителю через эту продукцию [9, 10].

Европейский союз (ЕС) уже запретил стимуляторы роста антибиотиков, такие как авокарцин, ардацин, цинка бацитрацин, виргиниамицин, тилозинфосфат, спирамицин, моненсин натрия, салиномицин натрия, авилимицин и флавофосфолипиль из-за добавления в корм для животных из-за того, что использование этих веществ может привести к возникновению антибиотикорезистентных штаммов бактерий [11]. Обеспокоенность потребителей заключается в том, что различные химические вещества могут быть обнаружены в пищевых продуктах. ЕС предпринял серьезные меры, введя требования к максимальному уровню остатков ветеринарных препаратов в продуктах животного происхождения, в т.ч. и в мясе и представлены как самим препаратом, так и его метаболитами [12]. В зависимости от природы химического вещества и его метаболитов они могут представлять токсикологическую, фармакологическую или микробиологическую опасность для потребителей [13].

Целью исследования является идентификация риска наличия антимикробных химиотерапевтических веществ в мясе разных видов животных, в т.ч. и птицы, которые используются в настоящее время на мясоперерабатывающих предприятиях.

Материалы и методы

Были исследованы образцы свинины, говядины и мяса птицы, отобранные непосредственно в мясных цехах по производству сырокопченых колбас. Они были протестированы качественным микробиологическим методом, основанным на подавлении роста тест-штамма химиотерапевтическими антимикробными веществами. В качестве тест-агара, для визуального определения наличия изучаемых веществ в образцах, использовали плотную питательную среду по Кундрату с индикатором бромкрезол пурпурным (производство «Биотермаль», Россия). Тест-штаблом являются споры *Bacillus stearothermophilus*, которые за счет своей ферментативной активности в условиях

термофильного культивирования и при отсутствии подавляющих их рост веществ, способны образовывать кислоту и обесцвечивать питательный агар. Изменение цвета питательной среды вокруг места локализации исследуемой аликвоты свидетельствует о наличии в мясе химиотерапевтических антимикробных веществ.

Процедура подготовки аликвоты из исследуемого образца мяса предусматривает измельчение навески массой 25,0 г в ножевом измельчителе, затем гомогенизацию в пакетах с 25,0 см³ физиологического раствора с помощью гомогенизатора (производства «AES», Франция). Экстрагирование проводили в термостате (производства «Binder», Германия) при температуре (37 ± 1)°C в течение 90 мин периодически перемешивая. Супернатант получали путем центрифугирования полученной смеси при 3000 об/мин в течение 10 мин., который затем вносили параллельно в две лунки тест-агара в объеме 0,05 см³. Для эффективной диффузии пробы в питательный агар, чашки Петри с исследуемым материалом выдерживали при комнатной температуре в течение 30 мин, затем помещали в термостат (производства «Binder», Германия) при температуре (65 ± 1)°C на (3,5 ± 0,5) ч.

Отсутствие роста тест-культуры вокруг лунки шириной от 2,0 мм и более, оценивали, как положительный результат, т. е. как наличие антибиотиков или других антимикробных химиотерапевтических веществ в анализируемой пробе. Однако, отсутствие роста тест-культуры вокруг лунки на ширине менее 2,0 мм, или наличие роста тест-культуры с изменением цвета среды с синего на желтый, оценивали, как отрицательный результат, т.е. как отсутствие антибиотиков или других антимикробных химиотерапевтических веществ в анализируемой пробе.

Образцы мяса, в которых были обнаружены антимикробные химиотерапевтические вещества исследовали на наличие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов: *Salmonella spp.*, *L.monocytogenes* и *E. coli*. Для их выявления использовали классические микробиологические методы [14,15,16].

Результаты и обсуждение

Для выявления антимикробных химиотерапевтических веществ, были проведены исследования образцов мяса различных видов животных, в т.ч. и птицы на их наличие. Результаты представлены на Рис. 1.

Из данных Рис. 1, мы наблюдаем присутствие искомым веществ в мясе различных видов животных, а также птицы. На первом месте по количеству положительных проб с антимикробными химиотерапевтическими веществами было мясо птицы, на втором и третьем месте свинина и говядина, соответственно. При исследовании говядины доля контаминированных образцов составила 26,7%, свинины 35,3%, а в мясе птицы — 42,9%.

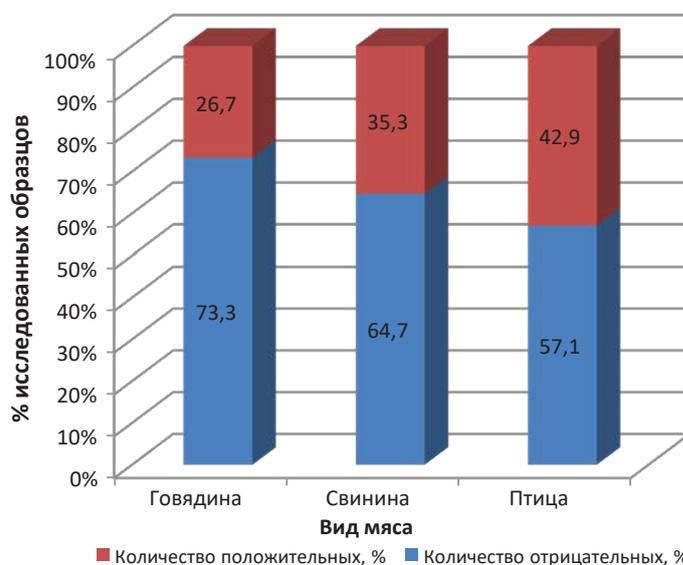


Рис. 1. Результаты исследования мяса КРС, свиней и птицы на наличие антимикробных химиотерапевтических веществ

Данные наших исследований по свинине сопоставимы с результатами полученными в 2017 году Hexing Wang с соавторами, которые выявили антибиотики в 35,3% из всех исследованных образцов свинины, однако в мясе птицы положительных случаев ими было обнаружено в 2 раза меньше и составило 22,2% [17].

Согласно Veemer и соавторам (2011) антибиотики в основном используются при выращивании свиней, телят и кур. Объекты, которые должны быть включены в мониторинг и идентифицированы как рискованные, — это продукты, которые показали большой процент контаминации остатками антимикробных веществ [18].

Таким образом, полученные нами данные позволят идентифицировать свинину и говядину, а также мясо птицы как рискованное сырье по наличию антимикробных веществ. Следовательно, должен быть постоянный мониторинг этого сырья на наличие остаточных количеств антибактериальных препаратов. Мониторинг мяса на наличие антимикробных химиотерапевтических веществ можно интерпретировать как оценку соответствия мер, принятых ранее в цепочке поставок.

Мы предполагали, что мясо с антибактериальными веществами должно быть свободно от микроорганизмов за счет подавления их роста этими веществами. Поэтому мы для доказательства своих предположений исследовали эти же пробы на наличие *Salmonella spp.*, *L.monocytogenes* и *E.coli*.

Результаты исследования представлены на Рис. 2. В результате исследований установлено, что в говядине с антимикробными химиотерапевтическими веществами отсутствовали *Salmonella spp.* и *L. onocytogenes*, однако *E.coli* демонстрировала свою устойчивость к ним. Этот микроорганизм по литературным данным устойчив к цефалотину, ампициллину, цефотаксиму, нитрофурантоину, тетрациклину, гентамицину [19,20,21].

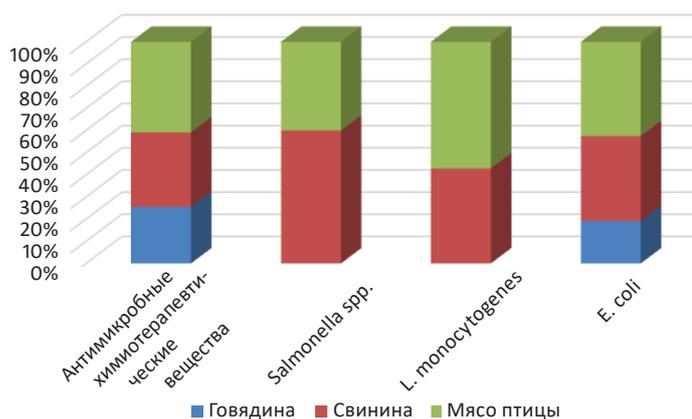


Рис. 2. Результаты исследования мяса КРС, свиней и птицы с антимикробными химиотерапевтическими веществами на наличие *Salmonella spp.*, *L.monocytogenes* и *E.coli*

Однако, в свинине и в мясе птицы *Salmonella spp.*, *L.monocytogenes* и *E.coli* были обнаружены. Возможно, среди данного вида животного и птицы курсируют штаммы с наибольшей антибиотикорезистентностью.

Согласно списку ВОЗ «Критически важные антибиотики для медицины человечества» 5 вариант 2016 года, представленные в Табл. 1 антибиотики, делятся на 3 группы: критически важные, высокой важности и важные.

Согласно данным исследований ученых к наиболее выявляемым антимикробным химиотерапевтическим веществам в мясе убойных животных и птицы относятся фторхинолоны, пенициллин, ампицилин, стрептомицин, хлорамфеникол, нитрофураны и антибиотики тетрациклиновой группы [17,22,23,24].

Как видно из представленных данных, наиболее выявляемые антибиотики в мясе животных и птицы входят в список ВОЗ как в группу важных антибиотиков, так и в группу очень важных и критически важных антибиотиков для медицины. Такое состояние проблемы будет в дальнейшем способствовать формированию и распространению антибиотикорезистентности среди патогенных микроорганизмов.

Таблица 1. Перечень критически важных антибиотиков для лечения людей

Класс антибиотиков	Пример лекарственного средства
КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ АНТИБИОТИКИ	
Aminoglycosides	gentamicin
Ansamycins	rifampicin
Carbapenems and other penems	meropenem
Cephalosporins (3,4 и 5 поколения)	ceftriaxonecefepime, ceftarolin e
Glycopeptides	vancomycin
Glycylcyclines	tigecycline
Lipopeptides	daptomycin
Macrolides and ketolides	erythromycin, telithromycin
Monobactams	aztreonam
Oxazolidinones	linezolid
Penicillins (natural, aminopenicillins, and antipseudomonal)	ampicillin
Phosphonic acid derivatives	fosfomycin
Polymyxins	colistin
Quinolones	ciprofloxacin
Drugs used solely to treat tuberculosis or other mycobacterial diseases	isoniazid
АНТИБИОТИКИ ВЫСОКОЙ ВАЖНОСТИ	
Amidinopenicillins	mecillinam
Amphenicols	chloramphenicol
Cephalosporins (1st and 2nd generation) and cephamycins	cefazolin
Lincosamides	clindamycin
Penicillins (anti-staphylococcal)	oxacillin
Pseudomonic acids	mupirocin
Riminofenazines	clofazimine
Steroid antibacterials	fusidic acid
Streptogramins,	quinupristin/dalfopristin
Sulfonamides dihydrofolate reductase inhibitors and combinations	sulfamethoxazole, trimethoprim
Sulfones	dapsone
Tetracyclines	chlortetracycline
ВАЖНЫЕ АНТИБИОТИКИ	
Aminocyclitols	spectinomycin
Cyclic polypeptides	bacitracin
Nitrofurantoin	nitrofurantoin
Nitroimidazoles	metronidazole
Pleuromutilins	retapamulin

Закключение

Таким образом, был идентифицирован риск, **связанный с сырьем животного происхождения**, по своей сути химический (наличие антимикробных химиотерапевтических веществ), но способствующий к проявлению биологического опасного фактора. Он заключается в появлении в естественной среде обитания (в нашем случае это животные и мясо, получаемое от них) «мясных» супербактерий с устойчивостью к современным лечебным антибиотикам. Одним из

путей управления может являться тотальный мониторинг мяса на этапе убой животных и первичной переработки мяса. Особую опасность представляет использование мяса с антибиотикорезистентными штаммами бактерий при производстве мясных продуктов, не предполагающих высокотемпературную обработку, например такие как, сырокопченые мясные изделия, т.к. некоторые устойчивые бактерии горизонтальным переносом передают другим, неустойчивым, гены антибиотикорезистентности.

Introduction

In order to prevent the emergence of hazards associated with the use of food products, it is necessary to develop a system of early detection. To be effective in this system, it is necessary to establish priority areas for food safety monitoring, preferably using a risk-based approach [1].

In world practice, meat is considered as a high-risk product, which is characterized by both biological and chemical risks. Therefore, meat input production control is important for the production of safe food and helps to protect public health. In meat, biological risk factors, such as the most dangerous *Salmonella*, *Campylobacter* and *Escherchia coli O157*, are «traditionally» controlled and identified [2], while chemicals, such as antimicrobials, remain less valued. However, residues of antimicrobial substances or their metabolites may be present in food and enter the consumer's body through food. Among the most adverse effects is considered to be the manifestation of an allergic reaction in the human body to antibiotics [3]. Prolonged exposure or repeated exposure may result in impaired gut microbiota [4].

In addition to the toxicological effect on the human body, the use of antibiotics may have consequences for the development of antibiotic-resistant strains among its microflora [5]. Therefore, an additional risk was identified, which is the development of antibiotic resistance in microorganisms.

In the new report of the World health organization (WHO) noted the problem of microbial resistance to antimicrobial agents, including antibiotics, at the global level [6].

The World health organization (WHO) has published for the first time a list of antibiotic — resistant «priority pathogens» — 12 species of bacteria that pose the greatest threat to human health. The bacteria presented in the list are divided into three groups according to the level of need for new antibiotics: extremely priority, high priority and medium priority.

To the high-priority group includes bacteria with multiple drug resistance, which represents a particularly serious threat to hospital patients and treatment and rehabilitation centers and patients for treatment that require medical devices, such as apparatus for artificial pulmonary ventilation and venous catheters. This group includes *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, and various species of the family *Enterobacteriaceae* (including *Klebsiella*, *E. coli*, *Serratia*,

and *Proteus*). They can cause severe and often fatal infections such as bloodstream infections and pneumonia [7]. These bacteria have developed resistance to a wide range of antibiotics, including carbapenems and third — generation cephalosporins, the most effective available antibiotics for the treatment of multidrug-resistant bacterial infections.

The second and third groups of microorganisms in the list include other bacteria with growing drug resistance that cause diseases such as gonorrhoea [8] and food poisoning (*Salmonella*).

Most of these microorganisms are present in meat and products of its processing, respectively and they can be transmitted to the consumer through these products [9, 10].

The European Union (EU) has banned growth stimulants, antibiotics, such as amoxicillin, anacin, zinc bacitracin, virginiamycin, trainfest, spiramycin, monensin sodium, salinomycin sodium, avilamycin and flavophospholipol for addition to the feed for animals due to the fact that the use of these substances can lead to the emergence of antibiotic-resistant strains of bacteria [11]. The concern of consumers is that different chemicals can be found in food. The EU has taken serious measures by introducing requirements to the maximum level of veterinary drug residues in animal products, including meat, and is represented both by the drug itself and its metabolites [12]. Depending on the nature of the chemical and its metabolites, they may present a toxicological, pharmacological or microbiological hazard to consumers [13].

The aim of the study is to identify the risk of antimicrobial chemotherapeutic agents in the meat of different species of animals, including poultry, currently used in meat processing plants.

Materials and methods

The samples of pork, beef and poultry, selected directly in the meat shops for the production of smoked sausages were investigated. They were tested by a qualitative microbiological method, based on inhibition of growth of the test strain by chemotherapeutic antimicrobial substances. As a test agar, for visual determination the presence of the studied substances in the samples, we used a dense nutrient medium by the Kundrat with the indicator bromkresol purple (production of «Biotermal», Russia). The test strain is *Bacillus stearothermophilus* spores, which due to

their enzymatic activity in the conditions of thermophilic cultivation and in the absence of substances that suppress their growth, are able to form acid and discolor the nutrient agar. The change in the color of the nutrient medium around the localization place of the investigated aliquot indicates the presence of chemotherapeutic antimicrobial substances in the meat.

The procedure for the preparation of aliquots from the test sample of meat involves grinding sample weight of 25.0 g in a knife grinder, then the homogenization in packages with 25.0 cm³ of saline using a homogenizer (production of «AES», France). Extraction was carried out in a thermostat (produced by Binder, Germany) with the temperature of $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ during 90 minutes and periodically stirring. The supernatant was obtained by centrifuging the resulting mixture at 3000 rpm during 10 min., which was then introduced in parallel into two test agar wells in the volume 0.05 cm³. For effective diffusion of the sample into the nutrient agar, Petri dishes with the test material were kept at room temperature during 30 minutes, and then placed in a thermostat (produced by «Binder», Germany) at the temperature of $(65 \pm 1)^\circ\text{C}$ at (3.5 ± 0.5) h.

The absence of growth of the test culture around the well width 2.0 mm or more was evaluated as a positive result, i.e. as the presence of antibiotics or other antimicrobial chemotherapeutic substances in the analyzed sample. However, the lack of growth of the test culture around the well at a width of less than 2.0 mm, or the presence of growth of the test culture with a change in the color of the medium from blue to yellow, was evaluated as a negative result, i.e., as the absence of antibiotics or other antimicrobial chemotherapeutic substances in the analyzed sample.

Meat samples, in which antimicrobial chemotherapeutic agents were found, were examined for the presence of pathogenic and opportunistic microorganisms: *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* and *E. coli*. Classical microbiological methods were used for their detection [14,15,16].

Results and discussion

For the detection of antimicrobial chemotherapeutic agents, studies were conducted of the samples of meat of various animal species, including poultry on their presence. The results are shown in Figure 1.

From the data of Figure 1, we observe the presence of the desired substances in the meat of different species of animals as well as poultry. In the first place in the number of positive samples with antimicrobial chemotherapeutic substances was poultry, in the second and third place pork and beef, respectively. In the study of beef, the proportion of contaminated samples was 26.7 %, pork — 35.3 %, and poultry meat — 42.9 %.

The data of our studies of pork are comparable with the results obtained in 2017 by Hexing Wang with co-authors, who identified antibiotics in 35.3% of all studied pork samples, but in poultry meat positive cases they were found 2 times less and amounted 22.2 % [17].

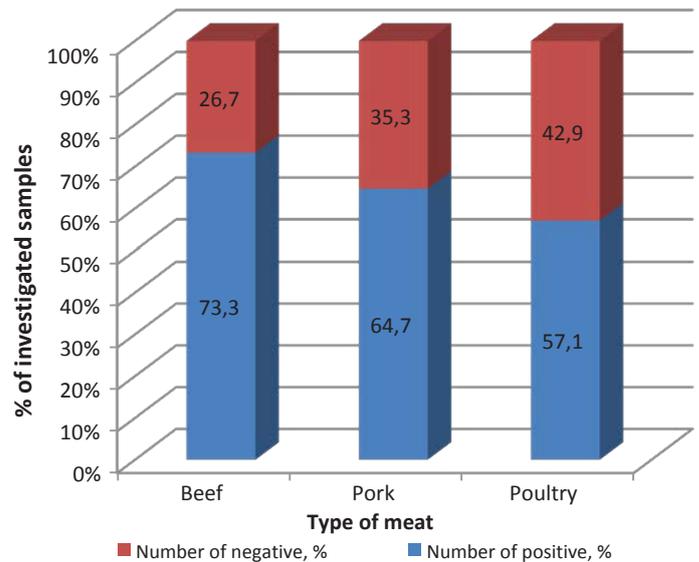


Figure 1. Results of the study of beef, pork and poultry meat for the presence of antimicrobial chemotherapeutic agents

According to Beemer and co-authors (2011) antibiotics are mainly used in the cultivation of pork, calves and chickens. The objects, that should be included in the monitoring and identified as risky, — are products that showed a large percentage of contamination with antimicrobial residues [18].

Thus, the data obtained by us will allow to identify pork and beef, and poultry meat as a risky raw material for the presence of antimicrobial substances. Therefore, there should be constant monitoring of this raw material for the presence of residual amounts of antibacterial drugs. Monitoring of meat for antimicrobial chemotherapeutic agents can be interpreted as an assessment of the compliance of measures taken earlier in the supply chain.

We assumed that meat with antibacterial substances should be free from microorganisms by suppressing their growth with these substances. That is why, we investigated the same samples for *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* and *E. coli* to prove our assumptions.

The results of the study are shown in Figure 2.

There was established in result of researches, that in beef with antimicrobial chemotherapeutic substances

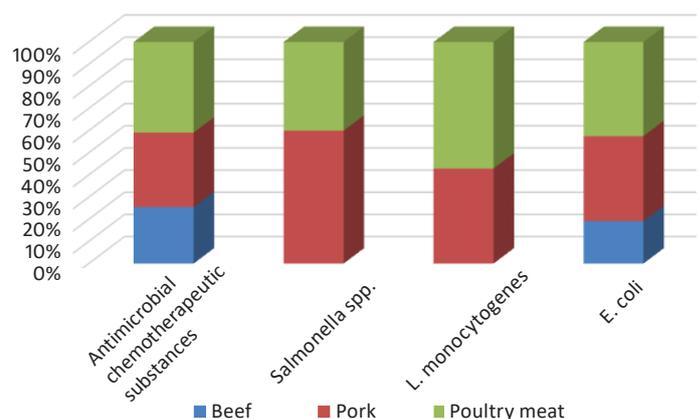


Figure 2. Study results of beef, pork and poultry meat with antimicrobial chemotherapeutic agents for the presence of *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* and *E. coli*

Table 1. List of critical antibiotics for human treatment

Class of antibiotics	Example of medicine
CRITICALLY IMPORTANT ANTIBIOTICS	
Aminoglycosides	gentamicin
Ansamycins	rifampicin
Carbapenems and other penems	meropenem
Cephalosporins (3,4 и 5 поколения)	ceftriaxonecefepime, ceftarolin e
Glycopeptides	vancomycin
Glycylcyclines	tigecycline
Lipopeptides	daptomycin
Macrolides and ketolides	erythromycin, telithromycin
Monobactams	aztreonam
Oxazolidinones	linezolid
Penicillins (natural, aminopenicillins, and antipseudomonal)	ampicillin
Phosphonic acid derivatives	fosfomycin
Polymyxins	colistin
Quinolones	ciprofloxacin
Drugs used solely to treat tuberculosis or other mycobacterial diseases	isoniazid
ANTIBIOTICS OF HIGH IMPORTANCE	
Amidinopenicillins	mecillinam
Amphenicols	chloramphenicol
Cephalosporins (1st and 2nd generation) and cephamycins	cefazolin
Lincosamides	clindamycin
Penicillins (anti-staphylococcal)	oxacillin
Pseudomonic acids	mupirocin
Riminofenazines	clofazimine
Steroid antibacterials	fusidic acid
Streptogramins,	quinupristin/dalfopristin
Sulfonamides dihydrofolate reductase inhibitors and combinations	sulfamethoxazole, trimethoprim
Sulfones	dapsone
Tetracyclines	chlortetracycline
IMPORTANT ANTIBIOTICS	
Aminocyclitols	spectinomycin
Cyclic polypeptides	bacitracin
Nitrofurantoin	nitrofurantoin
Nitroimidazoles	metronidazole
Pleuromutilins	retapamulin

there were no *Salmonella spp.* and *L. monocytogenes*, however, *E. coli* have demonstrated their resistance to them. According to literature data, this microorganism is resistant to cephalotin, ampicillin, cefotaxime, nitrofurantoin, tetracycline, gentamicin [19,20,21].

However, in pork and poultry meat *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* and *E. coli* was detected. Perhaps among this species of animal and poultry strains with the greatest antibiotic resistance.

According to the WHO list «Critical antibiotics for human medicine» version 5 of 2016 presented in the Table. 1 antibiotics are divided into 3 groups: critical, high importance and important.

According to research of the scientists, the most antimicrobial chemotherapeutic substances in the meat of slaughtered animals and poultry are fluoroquinolones, penicillin, ampicillin, streptomycin, chloramphenicol, nitrofurans and antibiotics of the tetracycline group [17,22,23,24].

As can be seen from the data presented, the most detectable antibiotics in animal and poultry meat are included in the WHO list of both the group of important antibiotics and the group of high important and critical antibiotics for medicine. This state of the problem will further contribute to the formation and spread of antibiotic resistance among pathogens.

Conclusion

Thus, the risk associated with raw materials of animal origin, inherently chemical (the presence of antimicrobial chemotherapeutic substances), but contributing to the manifestation of biological hazards was identified. It consists in the appearance in the natural habitat (in our case, animals and meat derived from them) of «meat» super-bacteria with resistance to modern therapeutic antibiotics. One of the way of management can be total monitoring of meat at the stage of slaughter of animals and primary processing of meat. Particular danger is the use of meat with

antibiotic-resistant strains of bacteria in the production of meat products that do not involve high-temperature processing, for example, such as raw smoked meat products,

because some resistant bacteria transfer to other horizontal, unstable, antibiotic resistance genes.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Stärk, K.D.C., Regula, G., Hernandez, J., Fuchs, K., Morris, R.S., Davies, P. (2006). Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. *BMC Health Services Research*, 6(20)
2. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Saponins in *Madhuca Longifolia L.* as undesirable substances in animal feed. (2009). *The EFSA Journal*, 979, 1–36.
3. Strzępa, A., Lobo, F.M., Majewska-Szczepanik, M., Szczepanik, M. (2018). Antibiotics and autoimmune and allergy diseases: Causative factor or treatment? *International Immunopharmacology*, 65, 328–341.
4. Berends, B.R., Van Knapen, F., Snijders, J.M.A. (2001). Veterinary public health: human health hazards associated with the administration of antimicrobials to slaughter animals. *Veterinary Quarterly*, 23(1), 2–10.
5. Gould, I.M., MacKenzie, F.M. (2002). Antibiotic exposure as a risk factor for emergence of resistance: The influence of concentration. *Journal of Applied Microbiology. Symposium Supplement*, 92(1) 78S–84S.
6. Monitoring global progress on antimicrobial resistance. (2018). [Electronic resource: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA0486EN/>. Accessed: 05.09.2018].
7. Юшина, Ю.К., Батаева, Д.С., Соколова, О.В. (2017). Микробные загрязнители мяса: что нового? *Все о мясе*, 4, 37–39.
8. Lin, Y.-H., Huang, H.-C., Hung, C.-H., Lu, Y.-C., Jiang, B.-J., Chou, Y.-W., Lee, S.-H., Liao, C.-H. (2016). Increased incidences of multidrug-resistant gonorrhoea in Taiwanese men: Experiences from a single institute. *Urological Science*, 27(2), 86–90.
9. Abat, C., Rolain, J.-M., Colson, P. (2018). Investigations by the Institut Hospitalo-Universitaire Méditerranée Infection of food and food-borne infections in the Mediterranean Basin and in sub-Saharan Africa. *New Microbes and New Infections*, 26(1), S37-S42.
10. Gómez, D., Azón, E., Marco, N., Carramiñana, J.J., Rota, C., Ariño, A., Yangüela, J. (2014). Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* from meat products and meat-processing environment. *Food Microbiology*, 42, 61–65.
11. Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R. (1999). Current situation and future perspectives of the use of antibiotics as growth promoters. In : Brufau J. (ed.), Tacon A. (ed.). *Feed manufacturing in the Mediterranean region: Recent advances in research and technology*. Zaragoza : CIHEAM, 65–76. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 37). 2. *Conference of Feed Manufacturers of the Mediterranean*, 1998/03/25–27, Reus (Spain) [Electronic resource: <http://om.ciheam.org/om/pdf/c37/99600007.pdf>. Accessed: 10.09.2018].
12. Батаева Д.С., Зайко Е.В. (2016). Риски, связанные с наличием в мясе и в продуктах убоя животных остаточных коли-

13. Nauta, M.J., Andersen, R., Pilegaard, K., Pires, S.M., Ravn-Haren, G., Tetens, I., Poulsen, M. (2018). Meeting the challenges in the development of risk-benefit assessment of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 76, 90–100.
14. ГОСТ 31659–2012 (ISO 6579:2002) «Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. Продукты пищевые». М, Стандартинформ. –2012. – 20 с.
15. ГОСТ 32031–2012 (ISO 6579:2002) «Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*». Москва, Стандартинформ. –2012. –26 с.
16. ГОСТ 30726–2001 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий вида *Escherichia coli*». Москва: Стандартинформ. –2001. –110 с.
17. Wang, H., Ren, L., Yu, X., Chen, Y., He, G., Jiang, Q. (2017). Antibiotic residues in meat, milk and aquatic products in Shanghai and human exposure assessment. *Food control*, 80, 217–255.
18. van Asselt, E.D., van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., Pikke-maat, M.G., van der Fels-Klerx, H.J. (2013). Risk ranking of chemical hazards in food – A case study on antibiotics in the Netherlands. *Food research international*, 54(2), 1636–1642.
19. Fang, J., Shen, Y., Qu, D., Han, J. (2019). Antimicrobial resistance profiles and characteristics of integrons in *Escherichia coli* strains isolated from a large-scale centralized swine slaughterhouse and its downstream markets in Zhejiang, China. *Food control*, 95: 215–222.
20. Martínez-Vázquez, A.V., Rivera-Sánchez, G., Lira-Méndez, K., Reyes-López, M.A., Bocanegra-García, V. (2018). Prevalence, antimicrobial resistance and virulence genes of *Escherichia coli* isolated from retail meat in Tamaulipas, Mexico. *Journal of global antimicrobial resistance*, 14, 266–272.
21. Ojdana, D., Sienko, A., Sacha, P., Majewski, P., Wiczorek, P., Wiczorek, A., Tryniszewska, E. (2018). Genetic basis of enzymatic resistance of *E. coli* to aminoglycosides. *Advances in Medical Sciences*, 63(1), 9–13.
22. Татарникова, О. Г, Мауль, О.Г. (2014). Антибиотики в пищевых продуктах. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 5(49), 208–211.
23. Заугольникова, М.А., Вистовская, В.П. (2016). Изучение контаминации животноводческой продукции остаточными количествами антибиотиков. *Acta Biologica Sibirica*, 2(3), 9–20.
24. Закревский, В.В., Лелеко, С.Н. (2013). Загрязненность мясного сырья нитрофуранами один из индикаторов небезопасности пищевой продукции для потребителей. *Труды VIII всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения»*, 8(1), 381–388.

REFERENCES

1. Stärk, K.D.C., Regula, G., Hernandez, J., Fuchs, K., Morris, R.S., Davies, P. (2006). Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. *BMC Health Services Research*, 6(20)
2. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Saponins in *Madhuca Longifolia L.* as undesirable substances in animal feed. (2009). *The EFSA Journal*, 979, 1–36.
3. Strzępa, A., Lobo, F.M., Majewska-Szczepanik, M., Szczepanik, M. (2018). Antibiotics and autoimmune and allergy diseases: Causative factor or treatment? *International Immunopharmacology*, 65, 328–341.
4. Berends, B.R., Van Knapen, F., Snijders, J.M.A. (2001). Veterinary public health: human health hazards associated with the administration of antimicrobials to slaughter animals. *Veterinary Quarterly*, 23(1), 2–10.
5. Gould, I.M., MacKenzie, F.M. (2002). Antibiotic exposure as a risk factor for emergence of resistance: The influence of concentration. *Journal of Applied Microbiology. Symposium Supplement*, 92(1) 78S–84S.

6. Monitoring global progress on antimicrobial resistance. (2018). [Electronic resource: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA0486EN/>. Accessed: 05.09.2018].
7. Yushina, Y.K., Bataeva, D.S., Sokolova, O.V. (2017). Microbial meat contaminants: what's new? *Vsyo o myase*, 4, 37–39. (In Russian)
8. Lin, Y.-H., Huang, H.-C., Hung, C.-H., Lu, Y.-C., Jiang, B.-J., Chou, Y.-W., Lee, S.-H., Liao, C.-H. (2016). Increased incidences of multidrug-resistant gonorrhoea in Taiwanese men: Experiences from a single institute. *Urological Science*, 27(2), 86–90.
9. Abat, C., Rolain, J.-M., Colson, P. (2018). Investigations by the Institut Hospitalo-Universitaire Méditerranée Infection of food and food-borne infections in the Mediterranean Basin and in sub-Saharan Africa. *New Microbes and New Infections*, 26(1), S37-S42
10. Gómez, D., Azón, E., Marco, N., Carramiñana, J.J., Rota, C., Ariño, A., Yangüela, J. (2014). Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* from meat products and meat-processing environment. *Food Microbiology*, 42, 61–65.
11. Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R. (1999). Current situation and future perspectives of the use of antibiotics as growth

promoters. In : Brufau J. (ed.), Tacon A. (ed.). Feed manufacturing in the Mediterranean region: Recent advances in research and technology. Zaragoza : CIHEAM, 65–76. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 37). 2. *Conference of Feed Manufacturers of the Mediterranean*, 1998/03/25–27, Reus (Spain) [Electronic resource: <http://om.ciheam.org/om/pdf/c37/99600007.pdf>. Accessed: 10.09.2018].

12. Bataeva, D.S., Zaiko, E.V. (2016). Risks associated with the presence of antimicrobial drug residues in meat products and products of animal slaughter. *Theory and practice of meat processing*, 1(3), 4–13. (In Russian)

13. Nauta, M.J., Andersen, R., Pilegaard, K., Pires, S.M., Ravn-Haren, G., Tetens, I., Poulsen, M. (2018). Meeting the challenges in the development of risk-benefit assessment of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 76, 90–100.

14. GOST 31659–2012 (ISO 6579:2002) «Food products. Method for the detection of *Salmonella* spp». Moscow: Standardinform. — 2012. — 20 p. (in Russian)

15. GOST 32031–2012 (ISO 6579:2002) «Food products. Methods for detection of *Listeria monocytogenes*». Moscow: Standardinform. — 2012. — 26 p. (in Russian)

16. GOST 30726–2001 «Food-stuffs. Methods for detection and determination of *Escherichia coli*». Moscow: Standardinform.— 2001. — 110 p. (in Russian)

17. Wang, H., Ren, L., Yu, X., Chen, Y, He, G., Jiang, Q. (2017). Antibiotic residues in meat, milk and aquatic products in Shanghai and human exposure assessment. *Food control*, 80, 217–255.

18. van Asselt, E.D., van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., Pikke-maat, M.G., van der Fels-Klerx, H.J. (2013). Risk ranking of chemi-

cal hazards in food — A case study on antibiotics in the Netherlands. *Food research international*, 54(2),1636–1642.

19. Fang, J., Shen, Y., Qu, D., Han, J. (2019). Antimicrobial resistance profiles and characteristics of integrons in *Escherichia coli* strains isolated from a large-scale centralized swine slaughterhouse and its downstream markets in Zhejiang, China. *Food control*, 95: 215–222.

20. Martínez-Vázquez, A.V., Rivera-Sánchez, G., Lira-Méndez, K., Reyes-López, M.Á., Bocanegra-García, V. (2018). Prevalence, antimicrobial resistance and virulence genes of *Escherichia coli* isolated from retail meat in Tamaulipas, Mexico. *Journal of global antimicrobial resistance*, 14, 266–272.

21. Ojdana, D., Sieńko, A., Sacha, P., Majewski, P., Wiczorek, P., Wiczorek, A., Tryniszewska, E. (2018). Genetic basis of enzymatic resistance of *E. coli* to aminoglycosides. *Advances in Medical Sciences*, 63(1), 9–13.

22. Tatarsnikova, N. A., Maul, O. G. (2014). Antibiotics in food-stuffs. *Journal of Orenburg State Agrarian University*, 5(49), 208–211. (In Russian)

23. Zaugolnikova, M.A., Vistovskaya, V.P. (2016). Contamination of animal products by residual quantity of antibiotics. *Acta Biologica Sibirica*, 2(3), 9–20. (In Russian)

24. Zakrevskiy, V.V., Leleko, S.N. (2013). Contamination of raw meat nitrofurans — one of the indicators unsafe food products to consumers. *Proceedings of the Conference VIII annual all-russian research and practical conference with international participation «Health — the base of human potential: problems and ways to solve them»*, 8(1), 381–388. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Зайко Елена Викторовна — младший научный сотрудник лаборатории «Гигиена производства и микробиологии», Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН
Адрес: 109316 г. Москва, ул. Талалихина 26,
Тел.: +7-495-676-60-11
E-mail: e.zaiko@fncps.ru

Батаева Дагмара Султановна — кандидат технических наук, доцент, руководитель направления микробиологии, ведущий научный сотрудник лаборатории «Гигиена производства и микробиология», Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН
109316, Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: +7-495-676-60-11
E-mail: d.bataeva@fncps.ru
*автор для переписки

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.
Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.
Зайко Е.В. отбирала объекты исследования, выполняла микробиологический анализ, анализировала полученные данные, выполняла описательную часть статьи и корректировала после подачи в редакцию.
Батаева Д.С. разрабатывала научно-методические подходы к проведению работ, определяла объем исследований, анализировала полученные данные, выполняла описательную часть статьи и корректировала после подачи в редакцию
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 23.09.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Elena V. Zaiko — senior research technician of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology», V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: +7-495-676-60-11
E-mail: e.zaiko@fncps.ru

Dagmara S. Bataeva — candidate of technical sciences, docent, Head of the Direction of Microbiology, leading scientific worker of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology» V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: +7-495-676-60-11
E-mail: d.bataeva@fncps.ru
*corresponding author

Contribution

All authors bear responsibility for the work and presented data.
All authors made an equal contribution to the work.
Elena V. Zaiko selected research objects, carried out microbiological analysis, analyzed the data obtained and corrected it after submitting to the editorial office.
Dagmara S. Bataeva developed scientific and methodological approaches to work, determined the scope of research, analyzed the data obtained, performed the narrative and corrected it after submitting to the editorial office.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 23.09.2018

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОТЕОМИКИ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ АВТОЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ СВИНИНЫ

Чернуха И.М., Ахремко А.Г.*

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

Ключевые слова: автолиз, свинина, протеомика, мышечный белок, двумерный электрофорез

Аннотация

При помощи электрофоретических методов с дальнейшей масс-спектрометрической идентификацией было обнаружено 8 белковых веществ, претерпевающие изменения в ходе автолиза. Выявленные белковые вещества имеют различное происхождение: структурные белки (фрагменты тропоминов Т и легкие цепи миозина), а также метаболические белки (креатинкиназа, пируваткиназа и альфа-енолаза). Наиболее выражено проходила декомпозиция фракций тропомина Т быстрых скелетных мышц в 28,0 кДа, 27 кДа и 26,5 кДа.

Идентификация конститутивных белков и выявление продуктов посмертной деградации белковых молекул, делают их хорошими кандидатами маркеров качества мяса, а дальнейшие исследования этих конкретных фрагментов приведут к лучшему пониманию протеолитических активностей, участвующих в посмертном превращении мышц в мясо.

Original scientific paper

APPLICATION OF PROTEOMIC TOOLS: THE AUTOLYTIC CHANGES OF PORK MUSCULAR TISSUE

Irina M. Chernukha, Anastasiya G. Akhremko*

V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: autolysis, pork, proteomics, muscle protein, two-dimensional electrophoresis

Abstract

Eight protein substances that undergo changes during autolysis were found using the electrophoretic methods with the following mass spectrometric identification. The revealed protein substances have different origin: structural proteins (fragments of troponin T and myosin light chains), and metabolic proteins (creatine kinase, pyruvate kinase and alpha-enolase). The decomposition of the fractions of fast skeletal muscle troponin T in 28.0 kDa, 27 kDa and 26.5 kDa was most pronounced.

Identification of constitutive proteins and detection of the products of post — mortem degradation of protein molecules make them suitable candidates for meat quality markers and the following study of these specific fragments will lead to better understanding of the proteolytic activities that take part in the post mortem muscle transformation into meat.

Введение

Многие факторы влияют на качество мяса, в том числе, содержание животных, их рацион питания, уход, а также процесс проведения убоя, разделки и обработки туши. До недавнего времени уделялось мало внимания изучению молекулярных или биологических аспектов качества мяса. Сейчас многие новые возможности открывают методы геномики, протеомики и других «омических» подходов. В сельском хозяйстве протеомика все больше приобретает значение для научных исследований. Основным инструментом протеомики является двумерный электрофорез (2ДЭФ, 2DE).

2ДЭФ представляет собой электрофоретический метод, который позволяет проводить параллельное разделение и анализ 500–2000 отдельных белковых молекул, экстрагированных из сложных образцов. В 2DE-анализе формируются «пятнистые» структуры,

где каждое отдельное пятно представляет собой индивидуальный белок, который мигрирует к своим конкретным координатам в соответствии с его удельной молекулярной массой и зарядом. Интенсивность пятна указывает, насколько клетка произвела этот фактический белок.

В течение последних двух десятилетий 2DE-карты многих видов и тканей были опубликованы [1,2], включая карты свиней [3,4], крупного рогатого скота [5] и курицы [6]. Некоторые из этих карт были использованы для поиска молекулярных маркеров для качества мяса, на сегодняшний день подобные работы сохранили свою актуальность в пищевой отрасли.

Целью работы являлось обоснование перспективности применения протеомики и обсуждение ее использования в мясной науке на примере изучения автолитических превращений в мышцах свиньи.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чернуха И.М., Ахремко А.Г. Применение инструментов протеомики на примере изучения автолитических изменений мышечной ткани свиньи. Теория и практика переработки мяса. 2018; 3(4): 32–37. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-32-37

FOR CITATION: Chernukha I.M., Akhremko A.G. Application of proteomic tools: the autolytic changes of pork muscular tissue. Theory and practice of meat processing. 2018; 3(4): 32–37. (In Russ.). DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-32-37

Материалы и методы

Объектом исследования являлась *M. longissimus dorsi* свинины, отобранная на мясоперерабатывающем предприятии г. Ростов-на-Дону. Образцы хранили при температуре 2 ± 2 °С в условиях промышленного холодильника в течение 120 ч. Пробы на исследования были отобраны через 24, 72 и 120 ч.

Анализ фракционного состава белков исследуемых образцов проводили методом одномерного электрофореза в 12,5% полиакриламидном геле в присутствии додецилсульфата натрия в камере «VE-10» (Helicon, США). В качестве стандарта для электрофореза использовали маркер фирмы «Thermo», США, представляющий собой смесь 11 рекомбинантных белков (250, 150, 100, 70, 50, 40, 30, 20, 15, 10 и 5 кДа). Окрашивание проводили с использованием красителя Кумасси G-250.

В качестве основной протеомной технологии применяли двумерный электрофорез (ДЭФ) по О'Фарреллу с изоэлектрофокусированием в амфолиновом (IEF-PAGE), детекцию белков проводили окрашиванием Кумасси R-250. Для проведения компьютерной денситометрии использовали двумерные электрофореграммы, находившиеся во влажном состоянии. Их полные цифровые изображения и/или изображения отдельных фрагментов получали с использованием сканера Bio-5000 plus (Serva, Германия).

Идентификацию белковых фракций осуществляли после трипсинолиза методами MALDI-TOF MS и MS/MS масс-спектрометрии на MALDI-времетраплетном масс-спектрометре Ultraflex («Bruker», Германия) с УФ-лазером (336 нм) в режиме положительных ионов в диапазоне масс 500–8000 Да с калибровкой их по известным пикам автолиза трипсина. Анализ полученных масс-спектров триптических пептидов выполняли с помощью программы Mascot, опция Peptide Fingerprint («Matrix Science», США), с точностью определения массы МН+ равной 0,01%, осуществляя поиск по базам данных Национального центра биотехнологической информации США (NCBI) [7].

Результаты и обсуждение

Начало протеомики было заложено благодаря одномерному (1D) электрофорезу, предложенный в 1970 году Уильрихом Лэммли [8]. В настоящее время данный метод используется для оценки молекулярно-массового распределения белков в изучаемом образце. На начальном этапе исследований полученные результаты помогают прогнозировать количественное и качественное распределение структурных и тканеспецифичных белковых молекул или оценить влияние различных процессов, например автолитических (Рис. 1).

На 1D электрофореграмме желтым цветом отмечены зоны, в которых по изменению интенсивности окраски белковых полос можно прогнозировать их количество. Однако серьезным недостатком 1D-электрофореза является то, что анализ ограничивается только

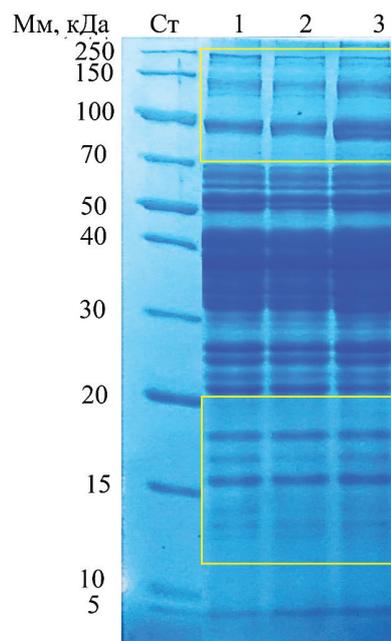


Рис. 1. Электрофореграмма белков мышечной ткани *Sus scrofa*, претерпевающей автолитические изменения. Окрашивание Кумасси G-250. Условные обозначения: Ст — маркеры молекулярной массы; 1–1 сутки автолиза; 2–3 сутки автолиза; 3–5 сутки автолиза

приблизительным определением молекулярной массы, также в одной белковой полосе может содержаться несколько молекул белка с одной молекулярной массой.

Повысить эффективность и разрешающую способность удалось Патрику О'Фарреллу. В 1975 году им был предложен метод 2DE [9], при осуществлении которого белки разделяют по двум различным физико-химическим параметрам [10,11].

Поскольку более 20% мышечной массы (или мяса) состоит из белков, очевидно наличие взаимосвязи между мышечными белками и качеством мяса. Было выявлено, что при автолитических превращениях мышцы свинины претерпевают изменения такие белки (Рис. 2) как пируваткиназа (1), альфа-енолаза (2), креатинкиназа (3), тропонины Т (4,5,6), легкие цепи миозина (7,8).

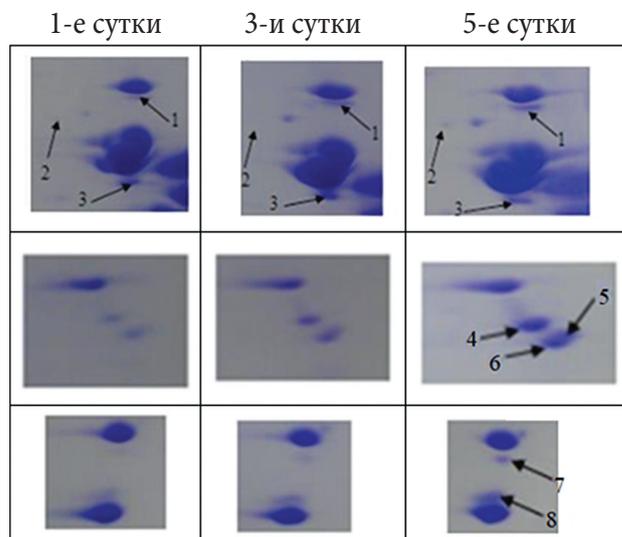


Рис. 2. Фрагменты 2D-электрофореграмм с выявленными признаками автолитических изменений в образцах свинины

Таблица 1. Результаты масс-спектрометрической идентификации (MALDI-TOF MS и MS / MS) белковых фракций, проявляющих изменения на 2ДЕ белков *M. longissimus dorsi Sus scrofa* в процессе автолиза (номера белков соответствуют Рис. 2).

№	Наименование белка; некоторые синонимы, (символ гена)	Номера в Protein NCBI	Мм/рI* (эксп.) **	Мм/рI (расчет.) **
1	pyruvate kinase PKM isoform X6 (PKM2)	545841009	58,0/6,80	58,0/7,62
2	alpha-enolase (ATP5A1)	927145216	52,0/5,80	47,0/6,44
3	creatine kinase M-type (CKM)	194018722	41,0/6,60	43,0/6,61
4	troponin T fast skeletal muscle type (TNNT3)	46389777	28,0/7,90	29,8/7,72
5	troponin T, fast skeletal muscle (TNTF)	55741811	27,0/8,00	32,2/6,05
6	troponin T fast skeletal muscle type (TNNT3)	46389785	26,5/7,95	30,7/8,69
7	MLC1f (MYL1)	117660874	20,0/4,80	21,0/4,90
8	myosin regulatory light chain 2, skeletal muscle isoform (HUMMLC2B)	54607195	15,0/4,65	19,0/4,90

* Мм — молекулярная масса, рI — изоэлектрическая точка

** Мм/рI (эксп.) — полученные оценки по результатам электрофоретической подвижности на ДЭ, а Мм/рI (расчет.) — расчетные оценки, сделанные из данных об аминокислотной последовательности с учетом удаления сигнального пептида, но без учета других постсинтетических модификаций с помощью программы ExPASy Compute pI/Mw tool

Идентифицированные с помощью масс-спектрометрии белки приведены в Табл. 1. Выявленные пятна имеют различное происхождение: структурные белки, а именно тропонины Т и легкие цепи миозина, а также метаболические белки, такие как креатинкиназа, пируваткиназа и альфа-енолаза. Три пятна были идентифицированы как фрагменты тропонина Т в 28,0 кДа, 27 кДа и 26,5 кДа и как показано на рисунке 2, уменьшались по интенсивности, тогда как полноразмерный тропонин Т (43 кДа) не обнаруживался. Повсеместная деградация тропонина Т хорошо известна, и считается, что она связана с нежностью мяса [12].

Изменение интенсивности пятен легких цепей миозина (МЛЦ), предположительно влияет на цвет мяса и его нежность, так как МЛЦ регулируют активацию миофиламента посредством фосфорилирования с помощью связывания ионов кальция.

К третьим суткам увеличивается интенсивность пятна, соответствующего креатинкиназе, а к пятым суткам снова уменьшается. Это связано с трансдукцией энергии в тканях с большими, колеблющимися энергетическими потребностями, такими как скелетная мышца.

Также отмечено нарастание большого аллостерического фрагмента пируваткиназы, который регулирует гликолиз посредством связывания субстрата, фосфоенолпирувата и одной или нескольких активных молекул. Увеличение концентрации пируваткиназы говорит об изменении его активности в результате нековалентного присоединения к её аллостерическому центру специфического метаболита (аминокислоты, нуклеотида и др.).

Значительное увеличение интенсивности альфа-енолазы, как участника биосинтеза аминокислот,

впоследствии может спровоцировать увеличение их количества в мышечной ткани в процессе автолитических изменений.

Таким образом, это исследование дает лучшее понимание изменения протеома во время посмертных превращений в мышцах свиньи. Претерпевали модификацию структурные белки и ферменты, связанные с гликолитическим путем и энергетическим обменом. Дальнейшие исследования посттрансляционных модификаций родственных белков и изменения уровня метаболитов еще предстоит изучить.

Выводы

Двумерный электрофорез является эффективным методом идентификации белков мяса. Протеомными методами изучено 8 белковых молекул, которые были подвержены изменениям в результате посмертных автолитических превращений. Показано, что основным признаком автолитических процессов является появление фрагментов тропонина Т быстрых скелетных мышц, вследствие последовательного уменьшения фрагментов пептидов С- и N- концевой части молекулы.

Выявлено, что метаболические ферменты деградируют в процессе автолиза. Роль этих ферментов в посмертном метаболизме мяса еще не до конца изучена, и результаты проведенного исследования могут помочь сосредоточиться на данных аспектах посмертных изменений, и определить взаимосвязь с качеством мяса.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16–16–10073).

Introduction

Many factors affect meat quality including keeping animals, their diet, handling and the processes of slaughter, carcass cutting and processing. Until recently, little attention was paid to the molecular or biological aspects of meat

quality. Nowadays, the methods of genomics, proteomics and other «omic» approaches open multiple new possibilities. In agriculture, proteomics is becoming more and more important for scientific research. The main tool of proteomics is two-dimensional electrophoresis (2DE).

2DE is an electrophoretic method, which allows performing parallel separation and analysis of 500–2000 individual protein molecules, extracted from complex samples. In 2DE analysis the «spotty» structures are formed, where each individual spot represents an individual protein, which migrates to its own specific coordinates according to its specific molecular weight and charge. The spot intensity shows how much of this actual protein was produced by a cell.

During last two decades, 2DE maps of many species and tissues were published [1,2], including maps of pigs [3,4], cattle [5] and chicken [6]. Several of these maps were used for a search of molecular markers for meat quality; today, these works remain topical in the food industry.

The aim of this work was substantiation of prospectivity of the proteomics use and discussion of its application in the meat industry by the example of the study of the autolytic transformations in the pork muscles.

Materials and methods

The object of the research was pork *M. longissimus dorsi*, obtained from the meat processing plant in the city of Rostov-on-Don. The samples were stored at a temperature of 2 ± 2 °C in the conditions of a commercial refrigerator for 120 hours. The samples for analysis were taken after 24, 72 and 120 hours.

Analysis of the protein fractional composition of the samples under investigation was carried out by one-dimensional electrophoresis in 12.5% polyacrylamide gel in the presence of sodium dodecyl sulfate in a chamber «VE-10» (Helicon, USA). As a standard for electrophoresis, we used the marker of the «Thermo» company (USA), which is a mixture of 11 recombinant proteins (250, 150, 100, 70, 50, 40, 30, 20, 15, 10 and 5 kDa). Staining was carried out using Coomassie G-250.

As the main proteomic technology, two-dimensional electrophoresis (2DE) by O'Farrell with isoelectric focusing in the ampholine gradient (IEF-PAGE) was used; protein detection was carried out by staining with Coomassie R-250. To perform the computer densitometry, two-dimensional electropherograms being in a wet state were used. Their complete digital images and/or images of individual fragments were obtained using a Bio-5000 Plus scanner (Serva, Germany).

Identification of the protein fractions was carried out after trypsinolysis by mass spectrometry MALDI-TOF MS and MS/MS using Ultraflex MALDI TOF mass spectrometer (Bruker, Germany) with the UV laser (336 nm) in the mode of positive ions in the mass range of 500–8000 Da with their calibration by the known peaks of trypsin autolysis. Analysis of the obtained mass spectra of the tryptic peptides was performed using the Mascot program, Peptide Fingerprint option (Matrix Science, USA), with the accuracy of MH⁺ mass detection equal to 0.01%, searching in the databases of the National Center for Biotechnology Information (NCBI, USA) [7].

Results and discussion

Proteomics traces back to one-dimensional (1D) electrophoresis proposed by Ulrich K. Laemmli in 1970 [8]. At present, this method is used to assess the protein molecular weight distribution in the studied sample. At the early stage of investigations, the obtained results help predict quantitative and qualitative distribution of structural and tissue specific protein molecules and assess an impact of different processes, for example, autolysis (Figure 1).

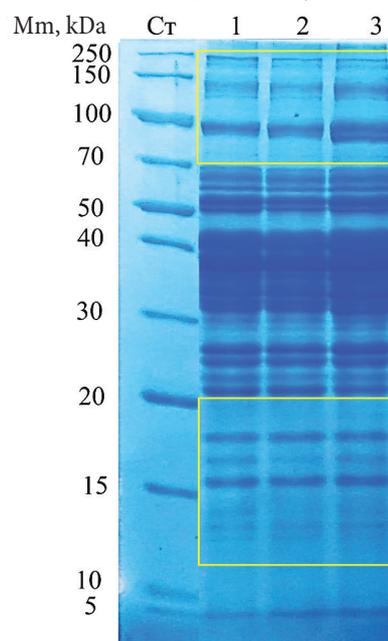


Figure 1. Electropherograms of proteins of *Sus scrofa* muscle tissue undergoing autolytic changes. Staining with Coomassie G-250. Cr — markers of molecular weight; 1–1 day of autolysis; 2–3 days of autolysis; 3–5 days of autolysis

On the 1D electropherograms, the zones, in which a change in the color intensity of the protein bands can be used to predict their quantity, are marked with the yellow color. However, a serious disadvantage of 1D electrophoresis is the fact that analysis is limited only to the approximate detection of the molecular weight and one protein band can contain several protein molecules with the same molecular weight.

Patrick O'Farrell managed to increase the effectiveness and resolving power. In 1975, he proposed the 2DE method [9], in which proteins are separated by two different physico-chemical parameters [10,11].

As more than 20% of muscle mass (or meat) is composed of proteins, the presence of interrelation between muscle proteins and meat quality is evident. It was found that proteins (Figure 2) such as pyruvate kinase (1), alpha-enolase (2), creatine kinase (3), troponins T (4,5,6) and myosin light chains (7,8) undergo changes upon the autolytic transformations of pork muscles.

Proteins identified by mass spectrometry are presented in table 1. The revealed spots have different origin: structural proteins, namely, troponins T and myosin light chains, as well as metabolic proteins such as creatine kinase, pyruvate kinase and alpha-enolase. Three

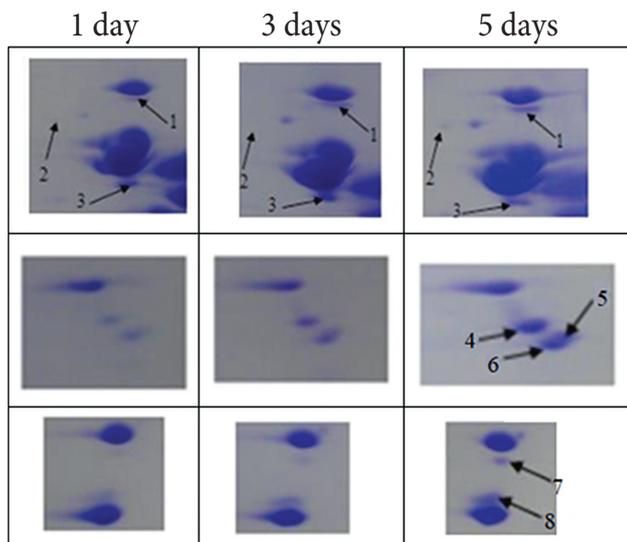


Figure 2. 2DE fragments with revealed signs of the autolytic changes in the studied pork samples

spots were identified as the fragments of troponin T in 28.0 kDa, 27 kDa and 26.5 kDa, and, as shown in Fig. 2, they decreased in intensity, while full-size troponin T (43 kDa) was not found. Extensive degradation of troponin T is well-known and it is believed that it is linked with meat tenderness [12].

A change in the spot intensity of myosin light chains (MLCs) presumably affects the meat color and its tenderness as MLCs regulate activation of the myofilament by phosphorylation by calcium ion binding.

The intensity of the spot that corresponded to creatine kinase increased by the 3rd day, and decreased again by the 5th day. This is associated with energy transduction in tissues with high variable energy requirements such as skeletal muscle.

In addition, an increase in the large allosteric fragment of pyruvate kinase, which regulates glycolysis by linking the substrate, phosphoenolpyruvate, and one or

several active molecules was observed. An increase in the concentration of pyruvate kinase suggests a change in its activity as a result of non-covalent attachment of a specific metabolite (amino acid, nucleotide and others) to its allosteric center.

A significant increase in the intensity of alpha-enolase as a participant of biosynthesis of amino acids can afterwards provoke an increase in their quantity in the muscle tissue in the process of autolytic changes.

Therefore, this study provides a better understanding of proteome changes during postmortem transformations in porcine muscles. The structural proteins and enzymes linked with the glycolytic pathway and energy metabolism were modified. The further research of post-translational modifications of related proteins and changes in the level of metabolites is needed.

Conclusions

Two-dimensional electrophoresis is an effective method for meat protein identification. Eight protein substances that undergo changes during most mortem autolytic transformations were studied by the proteomic methods. It was shown that the main sign of the autolytic processes was an appearance of the fragments of fast skeletal muscle troponin T due to a continuous decrease in the fragments of peptides of C- and N- terminal parts of molecules.

It was found that metabolic enzymes degrade during autolysis. The role of these enzymes in the meat post-mortem metabolism has not been completely elucidated, and the results of the performed study can help focus on these aspects of post-mortem changes and reveal their relationship with meat quality.

Acknowledgements

The study was funded by the grant of the Russian Scientific Foundation (Project No. 16-16-10073).

Table 1. Results of the mass-spectrometric identification (MALDI-TOF MS and MS / MS) of protein fractions showing changes in 2DE of proteins from *M. longissimus dorsi* of *Sus scrofa* during autolysis (numbers of proteins correspond to Figure 2)

No.	Proteins; several synonyms, (gene symbol)	Numbers in Protein NCBI	Mm/pI (exp.)**	Mm/pI (calc.)**
1	pyruvate kinase PKM isoform X6 (PKM2)	545841009	58.0/6.80	58.0/7.62
2	alpha-enolase (ATP5A1)	927145216	52.0/5.80	47.0/6.44
3	creatine kinase M-type (CKM)	194018722	41.0/6.60	43.0/6.61
4	troponin T fast skeletal muscle type (TNNT3)	46389777	28.0/7.90	29.8/7.72
5	troponin T. fast skeletal muscle (TNNT3)	55741811	27.0/8.00	32.2/6.05
6	troponin T fast skeletal muscle type (TNNT3)	46389785	26.5/7.95	30.7/8.69
7	MLC1f (MYL1)	117660874	20.0/4.80	21.0/4.90
8	myosin regulatory light chain 2. skeletal muscle isoform (HUMMLC2B)	54607195	15.0/4.65	19.0/4.90

* Mm — molecular weight, pI — isoelectric point

** Mm/pI (exp.) — scores obtained by the results of the electrophoretic mobility on DE, Mm/pI (calc.) — estimates made on the basis of the data on the amino acid sequence with consideration for signal peptide removal, but without regard for other post-synthetic modifications using the program ExPASy Compute pI/Mw tool

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ExPASy. SIB Bioinformatics Resource Portal [Электронный ресурс: <http://www.expasy.org/proteomics/> Дата обращения 30.10.2018 г.]
2. База данных «Протеомика мышечных органов» [Электронный ресурс <http://mp.inbi.ras.ru> Дата обращения 30.10.2018 г.]
3. Lametsch, R., Roepstorff, P., Bendixen, E. (2002). Identification of protein degradation during postmortem storage of pig meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(20), 5508–5512.
4. Morzel, M., Chambon, C., Hamelin, M., Santé-Lhoutellier, V., Sayd, T., Monin, G. (2004). Proteome changes during pork meat ageing following use of two different pre-slaughter handling procedures. *Meat Science*, 67(4), 689–696.
5. Bouley, J., Chambon, C., Picard, B. (2004). Mapping of bovine skeletal muscle proteins using two-dimensional gel electrophoresis and mass spectrometry. *Proteomics*, 4(6), 1811–1824.
6. Doherty, M.K., McLean, L., Hayter, J.R., Pratt, J.M., Robertson, D.H.L., El-Shafei, A., Gaskell, S.J., Beynon, R.J. (2004). The proteome of chicken skeletal muscle: changes in soluble protein expression during growth in a layer strain. *Proteomics*, 4(7), 2082–2093.
7. Ковалев, Л.И., Шишкин, С.С., Ковалева, М.А., Иванов, А.В., Вострикова, Н.Л., Чернуха, И.М. (2013). Протеомное изучение белков в образцах свинины и выработанных из нее мясных продуктах. *Все о мясе*, 3, 32–34.
8. Laemmli, U.K., (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680–685.
9. O'Farrell, P.H. (1975). High resolution two-dimensional electrophoresis of proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 250(10), 4007–4021.
10. Chernukha, I.M., Fedulova, L.V., Akhremko, A.G., Kotenkova, E.A. (2017). A comparative study of *Sus scrofa m. Longissimus dorsi* with different changes in quality. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1), 398–402.
11. Замаратская, Г., Ли, Ш. (2017). Протеомика в науке о мясе-современное состояние и перспективы. *Теория и практика переработки мяса*, 2(1), 18–26.
12. Muroya, S., Ohnishi-Kameyama, M., Oe, M., Nakajima, I., Chikuni, K. (2007). Postmortem changes in bovine troponin T isoforms on two-dimensional electrophoretic gel analyzed using mass spectrometry and western blotting: The limited fragmentation into basic polypeptides. *Meat Science*, 75(3), 506–14

REFERENCES

1. ExPASy. SIB Bioinformatics Resource Portal [Electronic resource URL: <http://www.expasy.org/proteomics/> Access data: 30.10.2018 г.]
2. Database «Proteomics of the muscular organs» [Electronic resource URL: <http://mp.inbi.ras.ru> Access data: 30.10.2018 г.]
3. Lametsch, R., Roepstorff, P., Bendixen, E. (2002). Identification of protein degradation during postmortem storage of pig meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(20), 5508–5512.
4. Morzel, M., Chambon, C., Hamelin, M., Santé-Lhoutellier, V., Sayd, T., Monin, G. (2004). Proteome changes during pork meat ageing following use of two different pre-slaughter handling procedures. *Meat Science*, 67(4), 689–696.
5. Bouley, J., Chambon, C., Picard, B. (2004). Mapping of bovine skeletal muscle proteins using two-dimensional gel electrophoresis and mass spectrometry. *Proteomics*, 4(6), 1811–1824.
6. Doherty, M.K., McLean, L., Hayter, J.R., Pratt, J.M., Robertson, D.H.L., El-Shafei, A., Gaskell, S.J., Beynon, R.J. (2004). The proteome of chicken skeletal muscle: changes in soluble protein expression during growth in a layer strain. *Proteomics*, 4(7), 2082–2093.
7. Kovalyov, L.I., Shishkin, S.S., Kovalyov, M.A., Ivanov, A.V., Vostrikova, N.L., Chernukha, I.M. (2013). Proteomic research proteins in a sample of pork meat products. *Vsyo o myase*, 3, 32–34. (In Russian)
8. Laemmli, U.K., (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680–685.
9. O'Farrell, P.H. (1975). High resolution two-dimensional electrophoresis of proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 250(10), 4007–4021.
10. Chernukha, I.M., Fedulova, L.V., Akhremko, A.G., Kotenkova, E.A. (2017). A comparative study of *Sus scrofa m. Longissimus dorsi* with different changes in quality. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1), 398–402.
11. Zamaratskaia, G., Li, S. (2017). Proteomics in meat science-current status and future perspective. *Theory and practice of meat processing*, 2(1), 18–26. (In Russian)
12. Muroya, S., Ohnishi-Kameyama, M., Oe, M., Nakajima, I., Chikuni, K. (2007). Postmortem changes in bovine troponin T isoforms on two-dimensional electrophoretic gel analyzed using mass spectrometry and western blotting: The limited fragmentation into basic polypeptides. *Meat Science*, 75(3), 506–14

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Чернуха Ирина Михайловна — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ведущий научный сотрудник, Экспериментальная клиника-лаборатория биологически активных веществ животного происхождения, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН
109316, Москва, ул. Талалихина, 26

Тел.: +7-495-676-63-21

E-mail: imcher@inbox.ru

Ахремко Анастасия Геннадьевна — младший научный сотрудник, Экспериментальная клиника-лаборатория биологически активных веществ животного происхождения, Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова РАН
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26

Тел.: +7-495-676-92-11

E-mail: a.ahremko@fnpcs.ru

*автор для переписки

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 08.11.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Irina M. Chernukha — doctor of technical sciences, professor, corresponding member to the Russian Academy of Sciences, leading research scientist, Experimental clinic-laboratory «Biologically active substances of an animal origin», V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel: +7-495-676-63-21

E-mail: imcher@inbox.ru

Anastasiya G. Akhremko — research assistant, Experimental clinic-laboratory «Biologically active substances of an animal origin», V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel.: +7-495-676-92-11

E-mail: a.ahremko@fnpcs.ru

*corresponding author

Contribution

Authors equally contributed to the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 08.11.2018

ИССЛЕДОВАНИЕ АРОМАТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ И ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯСА ГОВЯДИНЫ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Ловкис З.В., Почицкая И.М.,* Комарова Н.В.

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию,
Минск, Республика Беларусь

Ключевые слова: термическая обработка, обжарка, меланоидинообразование, цветовое различие

Аннотация

В статье представлены результаты исследований изменения ароматического профиля и цветовых характеристик мяса говядины при различных режимах термической обработки. Установлено более 120 летучих веществ. В образцах подвергнутых краткосрочной и незначительной тепловой обработке обнаружены в значительных количествах 2-метил-бутен, этилгексаноат. В образцах подвергнутых длительной обжарке при небольшой температуре, а также в образцах, подвергнутых более высокотемпературной обработке, но меньшее время были обнаружены 3,5-диметил-4-октанон. Анализ изменения цветовых характеристик показал, что с увеличением температуры нагревания наблюдается существенное потемнение образцов. Максимальная температура нагревания 210 °С оказала наиболее существенное влияние на изменение цвета. После нагревания более 30 минут происходило обугливание образцов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что контролируя температуру и длительность процесса нагревания, можно получать желаемый цвет готового продукта.

Original scientific paper

THE STUDY OF ODOR PROFILE AND COLOR CHARACTERISTICS IN BEEF DURING HEAT TREATMENT

Zenon V. Lovkis, Irina M. Pochitskaya,* Natallia V. Komarova

The Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Key words: heat treatment, roasting, melanoidin forming, color difference

Abstract

The article presents the study results of changes in the odor profile and color characteristics in beef under various heat treatment conditions. More than 120 volatile substances are identified. In samples subjected to short-term and minor heat treatment, 2-methyl-butene and ethyl hexanoate were found in significant amounts. In samples subjected to prolonged roasting at low temperature, as well as in samples subjected to processing at higher temperature for less time period, was found 3,5-dimethyl-4-octanone. Analysis of changes in color characteristics showed that increase in heating temperature results in significant darkening of the samples. The maximum heating temperature of 210 °C had the most significant effect on the color change. After heating for more than 30 minutes, carbonization of the samples occurred. The results indicate that controlling the temperature and duration of heat treatment helps to obtain the finished product of desired color.

Введение

В процессе технологической тепловой обработки пищевых продуктов часто наблюдается изменение их органолептических характеристик (окраски, вкуса и аромата) вследствие образования окрашенных веществ в результате реакции меланоидинообразования, взаимодействия редуцирующих сахаров и свободных аминокислот, реакции неферментативного потемнения, впервые описанной французским ученым Майяром в 1912 г. Данная реакция может проходить в продуктах животного и растительного происхождения, поскольку все они содержат определенное количество редуцирующих сахаров и свободных аминокислот [1,2,3,4].

Процесс меланоидинообразования оказывает определенное влияние на потребительские свойства и качество пищевых продуктов, т. к. наряду с улучшением органолептических показателей и образованием веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, при этом наблюдается накопление токсичных веществ, снижение пищевой ценности вследствие расходования аминокислот [5,6]. В связи с этим исследование данного химического превращения является важным аспектом создания инновационных пищевых продуктов.

Процесс покоричневения (браунинг) во многих продуктах улучшает органолептические показатели,

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ловкис З.В., Почицкая И.М., Комарова Н.В. Исследование ароматического профиля и цветовых характеристик мяса говядины при термической обработке. Теория и практика переработки мяса. 2018; 3(4): 38–48. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-38-48

FOR CITATION: Lovkis Z.V., Pochitskaya I.M., Komarova N.V. The study of odor profile and color characteristics in beef during heat treatment. Theory and practice of meat processing. 2018;3(4): 38–48. (In Russ.). DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-38-48

поскольку при этом продукты приобретают привлекательный золотистый или коричневый цвет (хлебная корочка, кофейные зерна), что повышает на них потребительский спрос [6,7,8,9].

Измерение браунинга можно проводить визуальными наблюдениями или при помощи спектрофотометра. Спектрометрическое определение цветности при длине волны 420–460 нм позволяет получать вполне удовлетворительные результаты при измерении изменения цветности экстрактов пищи или модельных систем. Визуальной оценки цвета зачастую бывает недостаточно, поскольку она весьма субъективна и зависит от физиологического состояния человека. В этой связи актуальным является исследование изменения цвета продуктов питания под влиянием различного температурного и временного воздействия с использованием современных компьютерных технологий.

Цель работы — исследование ароматического профиля и цветовых характеристик мяса говядины при термической обработке.

Материалы и методы

Для исследования влияния термообработки на ароматобразующие компоненты и цветовые характеристики использовано мясо говядины от длинной мышцы спины (L. dorsi), предварительно измельченное на мясорубке. Обжарку проводили в сушильном шкафу марки Binder FD–53 с принудительной конвекцией с автоматической регистрацией температуры внутри шкафа, с точностью 2 °С. Фарш формовали в виде изделий круглой формы диаметром 50 мм, высотой 5 мм, масса каждого изделия составляла около 5 г. Для соблюдения временного режима использовался секундомер С–01. Измерения проводили при температурах 120, 150, 180 и 210 °С с интервалом времени 10 минут на протяжении 2 ч. Для исследования цветовых характеристик образцов проводили фотосъемку в одних условиях для всех образцов: при источнике освещения D65 (стандартный дневной свет), с углом наблюдения не более 2°, каждое измерение проводили однократно; фотоаппарат Canon EOS 750D; объектив Canon EF-S 17–55mm f/2.8 IS USM; режим съемки: ISO 400, f 5.6, выдержка 1/60. Фотографии анализируемых образцов обрабатывали в графическом редакторе Adobe Photoshop CS6.

Цветовое различие (англ. Color difference), формула цветового различия, цветоразность, или цветовое расстояние (расстояние между цветами) — математическое представление, позволяющее численно выразить различие между двумя цветами в колориметрии. Для определения различий двух образцов по координатам цвета существуют несколько формул. Результаты, полученные по этим формулам, в некоторых случаях не согласуются с результатами визуальной оценки. Международной комиссией по

освещению (МКО) для общего пользования рекомендованы следующие расчетные формулы: CIE76, в системе координат цвета L*, a*, b*, CIE94, в цветовом пространстве LCH (L*C*h) и CIEDE2000, включающая поворот цветового угла тона, компенсацию для нейтральных цветов, светлоты, насыщенности цвета и тона [10,11,12].

В работе, с целью количественной и наиболее точной оценки цветового различия или цветового расстояния термически обработанных образцов мяса, использован онлайн-калькулятор «CIE2000 Calculator», позволяющий рассчитать цветоразницу в различных цветовых координатах по стандартам CIEDE2000 [13].

Для получения цветовых характеристик испытуемых образцов используется их фотоизображение с последующей обработкой в графическом редакторе Adobe Photoshop, в котором возможно получить цветовые характеристики. Для оценки изменения окраски используется характеристика ΔE — цветовое различие — которая определяется как разница между двумя цветами в одном из равноконтрастных цветовых пространствах. С помощью инструмента «пипетка» (инструмента для определения цвета) программы Adobe Photoshop считывали шестнадцатеричное значение цвета и координаты цвета в системе RGB. RGB — широко используемая аддитивная цветовая модель. Цветовая модель RGB может использовать разные оттенки основных цветов, разную цветовую температуру (задание «белой точки»), и разный показатель гамма-коррекции.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования изменения цвета исследуемых образцов в зависимости от различных температурно-временных режимах представлены на Рис. 1. Переход от красного цвета контрольного образца к светло серому через бежевый объясняется денатурацией миоглобина. Дальнейший нагрев образцов приводил к их браунингу. Образование меланоидиновых пигментов происходило тем интенсивнее, чем выше была температура. Причем, даже длительное воздействие температуры 120 °С не приводило к существенному изменению цвета исследуемых образцов. При температуре 180 °С наблюдалось достаточно заметное изменение окраски, причем уже начиная с 30 минут нагревания. Затем, с увеличением температуры до 210 °С независимо от длительности нагревания происходило обугливание исследуемых образцов [14,15].

Фотографии анализируемых образцов представлены на Рис. 1.

Результаты изучения цветоразницы, визуальные и числовые характеристики изменения цвета исследуемого мяса говядины, обжаренного при различных температурно-временных программах представлены в Табл. 1.

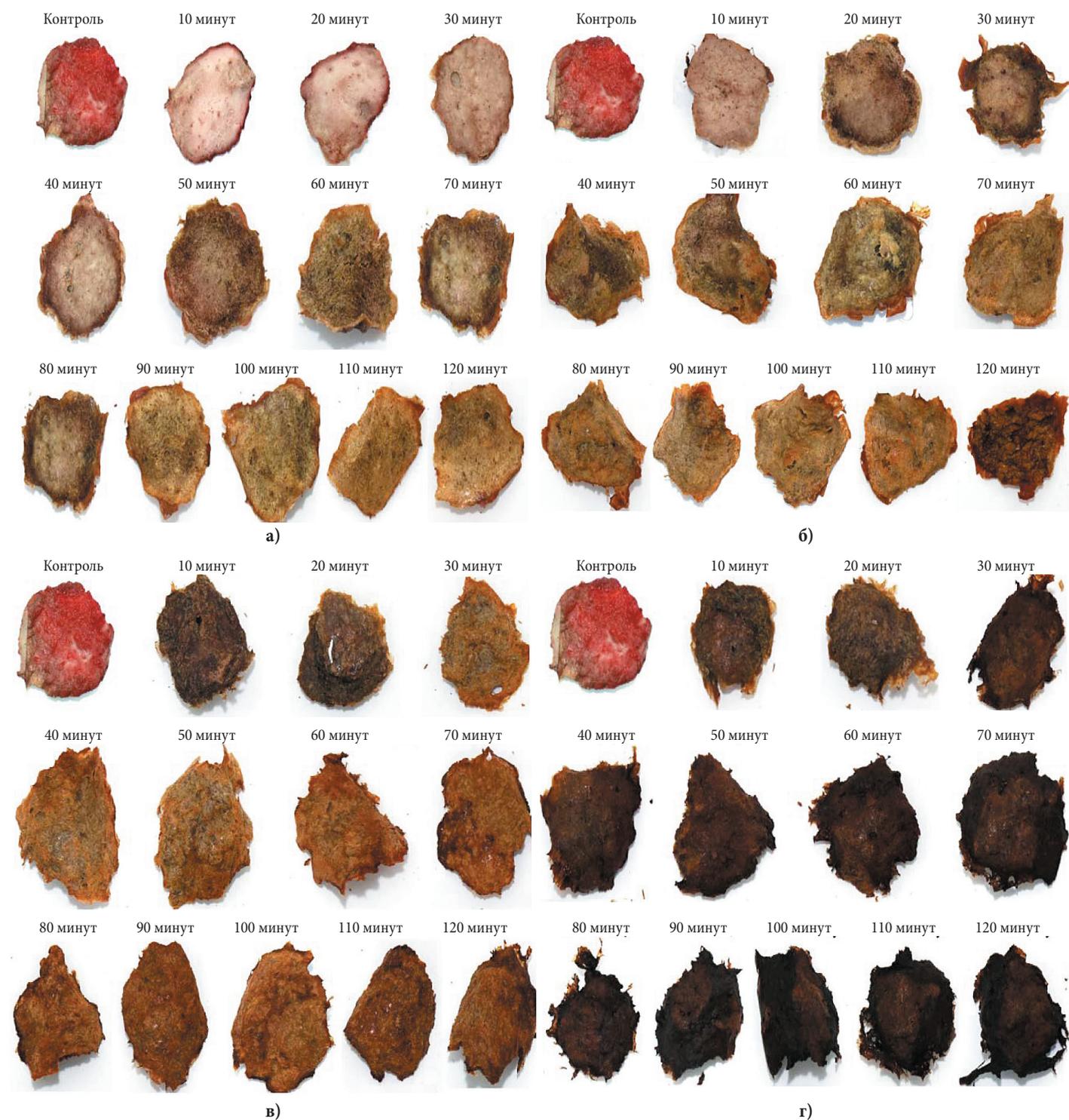


Рис. 1. Образцы мяса говядины, подвергнутого тепловой обработке при температуре: а) — 120 °С, б) — 150 °С, в) — 180 °С, г) — 210 °С

Визуальное восприятие образцов, подвергнутых термообработке, показало, что при температуре 120 °С и 150 °С цвет образцов практически не изменяется. Однако, сравнение числовых значений цвета позволяет отметить происходящие изменения в образцах.

Значения в системе Red — Green — Blue (красный — зелёный — синий) изменялись соответственно изменению цвета при нагревании.

Наиболее существенные изменения претерпевала цветовая разница, так, уже после 10 минут нагревания она в сравнении с контролем изменилась более, чем в 2 раза. Термообработка образцов при темпе-

ратуре 180 °С показала, что увеличение температуры приводило к более интенсивному цвету. В сравнении с контролем при температуре 180 °С отмечалось более существенное изменение значений в системе Red — Green — Blue. Отмечено значительное снижение значения Blue в течение всего периода термообработки, его величина в сравнении с контролем после выдержки 120 минут снизилась в 2 раза.

Максимальная температура нагревания 210 °С оказала наиболее существенное влияние на изменение цвета. После нагревания более 30 минут происходило обугливание образцов.

Таблица 1. Анализ изменения цвета мяса говядины при различных температурно-временных программах

Характеристика цвета	Контроль	Продолжительность обжарки, мин											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>Температура 120 °С</i>													
Шестнадцатеричное значение цвета	ас4f47	е0b7a4	ссаа96	b48f74	af8e73	805c42	755738	8d704f	876b4c	917042	8b6e41	8a6436	916c3f
Образец цвета													
Значение в системе Red, Green, Blue	172, 79, 71	224, 183, 164	204, 170, 150	180, 143, 116	175, 142, 115	128, 92, 66	117, 87, 55	141, 112, 79	135, 107, 75	145, 112, 66	139, 110, 65	138, 100, 54	145, 108, 63
Цветоразница (ΔE)	0	28,13	30,15	21,59	31,17	8,18	29,18	12,50	28,73	25,43	24,60	24,19	15,46
<i>Температура 150 °С</i>													
Шестнадцатеричное значение цвета	ас4f47	а88168	825f46	805e43	6d5034	765739	806742	846138	805931	8b6941	8c673a	875d33	583018 ??
Образец цвета													
Значение в системе Red, Green, Blue	172, 79, 71	168, 129, 102	130, 95, 71	128, 94, 67	109, 80, 51	118, 87, 57	128, 103, 66	132, 97, 56	128, 89, 49	139, 105, 65	140, 103, 57	135, 93, 51	88, 48, 24
Цветоразница (ΔE)	0	20,69	14,21	21,06	11,93	28,38	26,84	10,27	21,80	15,83	26,51	22,39	23,13
<i>Температура 180 °С</i>													
Шестнадцатеричное значение цвета	ас4f47	593e31	614534	815b36	8a623a	815732	85512b	7a4727	7a4626	724124	7d4a2a	693b21	6d3e23
Образец цвета													
Значение в системе Red, Green, Blue	172, 79, 71	89, 62, 49	97, 69, 52	129, 91, 54	138, 98, 58	129, 87, 51	133, 81, 43	122, 71, 39	122, 70, 38	114, 65, 36	125, 74, 42	105, 59, 33	109, 62, 35
Цветоразница (ΔE)	0	18,74	3,95	10,04	9,99	22,80	11,11	11,48	18,84	20,00	8,28	18,60	4,10
<i>Температура 210 °С</i>													
Шестнадцатеричное значение цвета	ас4f47	54392a	573f30	4e2c1b	4a2e21	47271d	42261c	422920	3f2821	33241f	31221d	36221a	33201b
Образец цвета													
Значение в системе Red, Green, Blue	172, 79, 71	84, 57, 42	87, 63, 48	78, 44, 27	74, 46, 33	71, 39, 29	66, 38, 28	66, 41, 32	63, 40, 33	51, 36, 31	49, 34, 29	54, 34, 26	51, 32, 27
Цветоразница (ΔE)	0	12,60	17,93	24,45	24,67	22,02	21,45	21,27	26,56	25,26	28,14	25,27	30,59

Значения в системе Red — Green — Blue при данной температуре были максимально низкими, стремились к нулю (абсолютно черный цвет) в сравнении со всеми остальными вариантами. Цветовая разница с увеличением длительности температурного воздействия изменялась незначительно.

Идентификация ароматобразующих соединений осуществлялась сравнением экспериментальных масс спектров со спектрами библиотеки NIST (National Institute of Standards and Technology) [16]. Соединения идентифицировались на основании высокой степени подобия масс спектров и с учетом порядка выхода соединений в соответствии с индексом Ковача. Общее содержание компонентов и содержания отдельных групп компонентов рассчитывали суммированием площадей пиков отдельных компонентов. Относительное содержание отдельных компонентов и их групп рассчитывалось относительно общего содержания компонентов и выражалось в процентах от суммы площадей всех пиков, за исключением фоновых и не идентифицированных пиков.

В ходе исследований было обнаружено более 150 летучих веществ, из которых идентифицировано было 115 и которые вносят существенный вклад в аромат мясного фарша и мясного фарша при термической обработке. В основном, это карбонильные соединения и спирты, сложные эфиры и некоторые другие соединения. Так было обнаружено: 11 эфиров, 14 гетероциклических соединений, 3 непредельных углеводорода, 5 терпенов, 9 спиртов, 4 кислоты, 19 альдегидов из которых 9 непредельных и 4 азосоединения.

При термической обработке проводимой при температуре 120 °С в течении 60–90 минут и при температурной обработке при 150 °С в течении 30–60 минут был обнаружен пропен–2-амин–1 в значительных концентрациях. При термической обработке при 120 °С были обнаружены гексаналь и метоксифенилосим, которые не были обнаружены при других температурных режимах обработки мясного фарша.

2-этил–6-метил пиразин и 1-метил-пирролидон–2 были обнаружены при длительной среднетемпературной обработке мясного фарша.

3-этил–2,5-диметил пиразин был обнаружен при коротко временной и длительной среднетемпературной обработке мясного фарша, тогда как 2-пентил-пиридин был обнаружен в значительных количества в образцах, прошедших высокотемпературную обработку при 180–210 °С.

В ходе анализа были обнаружены следующие группы веществ:

- альдегиды: гексаналь, гептаналь, октаналь, нонаналь, деканаль, декадиеналь–2,4, бензальдегид, бензацетальдегид;
- кетоны: бутанон–2, гептанон–2, октандион–4,5, октанон–2, нонанон–2, деканон–2, 2,3-гександион;

- спирты: бутанол–1, фурфуроловый спирт, гептанол–1, пропен–2-ол–3, октен–1-ол–3, гексен–1-ол–3, 2-этилгексанол–1, октанол–1, 2-метил пропанол–2;
- терпены: лимонен;
- азо- и серу- содержащие соединения: 1,1-диметилэтил диазен, пропен–2-амин–1,1,3, 2-этилпиридин, 2,4,4-триметил 2-пентанамин, 2-этилпиридин, 2,5-диметилпиримидин, тетразол–5-амин, 2-этил–6-метил пиразин, 1-метил-пирролидон–2, 3-этил–2,5-диметил пиразин, 2-гексил тиофен;
- фурановые: 2-фуранметанол, 2-пентил фуран.

Заключение

В ходе исследований влияния термообработки на ароматобразующие компоненты и цветовые характеристики образцов животного (мясо говядины) происхождения было установлено более 120 летучих веществ: карбонильные соединения и низшие жирные кислоты, спирты, сложные эфиры и некоторые серосодержащие соединения. При краткосрочной и незначительной тепловой обработке установлены в больших количествах 2-метил-бутен, этилгексаноат. В образцах подвергнутых длительной обжарке при и небольшой температуре, а также в образцах, подвергнутых более высокотемпературной обработке, но меньшее время были обнаружены 3,5-диметил–4-октанон. Карвон был установлен в образцах подвергнутых длительной низкотемпературной обработке или менее продолжительной более высокотемпературной обработке. Во многих образцах было обнаружено значительное количество фурфурола и бензальдегида и фенилэтилового спирта, что хорошо совпадает с данными, описанными в литературных источниках.

Анализ изменения цветовых характеристик показал, что с увеличением температуры нагревания наблюдается существенное потемнение образцов. Если, при температуре 120 °С наблюдается еще незначительное изменение цвета даже после 2-х часового воздействия температуры, то при увеличении температуры до 180–210 °С уже за первые 10 минут цвет образца темнеет и в последующем меняется незначительно.

Оценка цвета образцов с использованием компьютерных технологий в качестве технического зрения показала, что максимальная температура нагревания 210 °С оказывала наиболее существенное влияние на изменение цвета. После нагревания более 30 минут происходило обугливание образцов. Значения в системе Red — Green — Blue при данной температуре были максимально низкими, стремились к нулю (абсолютно черный цвет) в сравнении со всеми остальными вариантами.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что контролируя температуру и длительность процесса нагревания, можно получать желаемый цвет готового продукта, что важно для создания продуктов с заданными органолептическими характеристиками.

Introduction

During the technological heat treatment of food products, their organoleptic characteristics (color, taste and odor) often change due to the formation of colored substances, melanoidins, as a result of reducing sugars interaction with free amino acids, i.e. the reaction of non-enzymatic browning first described by the French scientist Maillard in 1912. This reaction take place in products of animal and vegetable origin, since all of them contain a certain amount of reducing sugars and free amino acids [1,2,3,4].

The process of melanoidin forming has a certain effect on consumer properties and food quality, because along with the improvement of sensory properties and the formation of substances with antioxidant properties, accumulation of toxic compounds and decrease in nutritional value occur due to utilization of amino acids [5,6]. In this regard, the study of this chemical transformation is important for development of innovative food products.

The process of browning improves sensory properties of various products, since their color transforms into attractive golden or brown (bread crust, coffee beans), which increases consumer demand for them [6,7,8,9].

Browning measurement may be carried out by visual observation or using a spectrophotometer. Spectrometric color determination at a wavelength of 420–460 nm makes it possible to obtain quite satisfactory results when assessing the change in color of food extracts or model systems. Visual color evaluation is often not enough, since it is very subjective and depends on a physiological state of the person. In this regard, it is relevant to study the change in food color under various temperature and teat treatment duration using modern computer technology.

The purpose of the work is to study the odor profile and color characteristics of beef during heat treatment.

Materials and methods

To study the effect of heat treatment on odor forming components and color characteristics, L. dorsi beef muscle previously minced in a meat grinder was used. Roasting was performed in Binder FD–53 drying chamber with forced convection and automatic recording of the temperature inside the chamber, with an accuracy of 2 °C. Minced meat was molded in round-shaped products with a diameter of 50 mm and a height of 5 mm; the weight of each product was about 5 g. For duration measurement, C–01 stop watch was used. The measurements were carried out at temperatures of 120, 150, 180, and 210 °C with periods of 10 minutes for 2 hours. To study the color characteristics, photographs were taken under the same conditions for all samples: D65 light source (standard daylight), viewing angle of not more than 2°, each measurement was performed once; Canon EOS 750D camera; Canon EF-S 17–55mm f/2.8 IS USM lens; ISO 400, f 5.6, shutter speed 1/60. Images of the analyzed samples were processed in Adobe Photoshop CS6 graphic editor.

Color difference is a mathematical representation that allows to numerically express the difference between two colors in colorimetry. To determine the difference in color values between two samples, there are several equations. The results obtained from these equations are in some cases inconsistent with the results of visual assessment. The following general equations are recommended for use by the International Commission on Illumination (CIE): CIE76 in L*, a*, b* values, CIE94 in LCH (L*C*h) color coordinate system and CIEDE2000 including the rotation of the tone angle, compensation for neutral colors, lightness, saturation and tone [10,11,12].

In current work, in order to quantitatively and most accurately assess the color difference of heat-treated meat samples, the online calculator, «CIE2000 Calculator», was used that allows to calculate the color difference in various color coordinates according to CIEDE2000 standards [13].

To obtain the color characteristics of the studied samples, their photo images are used followed by processing in Adobe Photoshop graphic editor, in which color characteristics may be determined. To estimate the change in color, ΔE parameter (color difference) is used, which is defined as the difference between two colors in uniform color space. Using the eyedropper tool (color determination tool) in Adobe Photoshop, the hexadecimal color value and color coordinates in RGB were obtained. RGB is a widely used additive color model. RGB color model may use various shades of primary colors, various color temperatures («white point» setting), and various gamma-correction values.

Results and discussion

The study results for the color change in the samples depending on the different temperature and duration are presented in Figure 1. The change from red in the control sample to light gray through beige is due to myoglobin denaturation. Further heating of the samples led to their browning. The higher the temperature was the more intensely melanoidin pigments formed. Moreover, even prolonged exposure to a temperature of 120 °C did not lead to a significant change in the color of the studied samples. At a temperature of 180 °C, a significant change in color was observed even during 30 minutes of heating. Then, with an increase in temperature up to 210 °C, carbonization of the samples occurred regardless of heating duration [14,15].

Images of the analyzed samples are shown in Figure 1.

The results of the color difference study, the visual and numerical characteristics of the color change in the studied beef samples roasted at various temperatures and time periods are presented in Table 1.

The visual perception of the samples subjected to heat treatment showed that at a temperature of 120 °C and 150 °C sample color practically did not change. However, comparison of color numerical values makes it possible to determine the changes occurring in the samples.



Figure 1. Beef samples subjected to heat treatment at a temperature of: a) — 120°C, b) — 150°C, c) — 180°C, d) — 210°C

The values in Red Green Blue system changed according to the change in color during heating.

The most significant changes were noted in color difference, i.e. after 10 minutes of heating, it changed by more than 2 times compared to the control. Heat treatment at a temperature of 180°C showed that an increase in temperature led to more intense color. At a temperature of 180°C, a more significant change was observed in the values of Red Green Blue system compared to the control. A significant decrease in Blue value during the entire period of heat treatment was noted, and after 120 minutes its value decreased by 2 times in comparison with the control.

The maximum heating temperature of 210°C had the most significant effect on color change. After heating for more than 30 minutes, carbonization of the samples occurred.

The values in Red Green Blue system at this temperature were as low as possible, tending to zero (absolutely black color) in comparison with all other treatments. Increased duration of temperature exposure slightly effected the color difference.

Odor forming compounds were identified by comparing the test mass spectra with the reference spectra of the NIST (National Institute of Standards and Technology)

Table 1. Analysis of the color change in beef samples roasted at various temperatures and time periods

Color characteristic	Control	Roasting duration, min											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>Temperature 120 °C</i>													
Hexadecimal color value	ac4f47	e0b7a4	ccaa96	b48f74	af8e73	805c42	755738	8d704f	876b4c	917042	8b6e41	8a6436	916c3f
Color sample													
Value in Red Green Blue system	172, 79, 71	224, 183, 164	204, 170, 150	180, 143, 116	175, 142, 115	128, 92, 66	117, 87, 55	141, 112, 79	135, 107, 75	145, 112, 66	139, 110, 65	138, 100, 54	145, 108, 63
Color difference (ΔE)	0	28.13	30.15	21.59	31.17	8.18	29.18	12.50	28.73	25.43	24.60	24.19	15.46
<i>Temperature 150 °C</i>													
Hexadecimal color value	ac4f47	a88168	825f46	805e43	6d5034	765739	806742	846138	805931	8b6941	8c673a	875d33	583018 ??
Color sample													
Value in Red Green Blue system	172, 79, 71	168, 129, 102	130, 95, 71	128, 94, 67	109, 80, 51	118, 87, 57	128, 103, 66	132, 97, 56	128, 89, 49	139, 105, 65	140, 103, 57	135, 93, 51	88, 48, 24
Color difference (ΔE)	0	20.69	14.21	21.06	11.93	28.38	26.84	10.27	21.80	15.83	26.51	22.39	23.13
<i>Temperature 180 °C</i>													
Hexadecimal color value	ac4f47	593e31	614534	815b36	8a623a	815732	85512b	7a4727	7a4626	724124	7d4a2a	693b21	6d3e23
Color sample													
Value in Red Green Blue system	172, 79, 71	89, 62, 49	97, 69, 52	129, 91, 54	138, 98, 58	129, 87, 51	133, 81, 43	122, 71, 39	122, 70, 38	114, 65, 36	125, 74, 42	105, 59, 33	109, 62, 35
Color difference (ΔE)	0	18.74	3.95	10.04	9.99	22.80	11.11	11.48	18.84	20.00	8.28	18.60	4.10
<i>Temperature 210 °C</i>													
Hexadecimal color value	ac4f47	54392a	573f30	4e2c1b	4a2e21	47271d	42261c	422920	3f2821	33241f	31221d	36221a	33201b
Color sample													
Value in Red Green Blue system	172, 79, 71	84, 57, 42	87, 63, 48	78, 44, 27	74, 46, 33	71, 39, 29	66, 38, 28	66, 41, 32	63, 40, 33	51, 36, 31	49, 34, 29	54, 34, 26	51, 32, 27
Color difference (ΔE)	0	12.60	17.93	24.45	24.67	22.02	21.45	21.27	26.56	25.26	28.14	25.27	30.59

database [16]. The compounds were identified on the basis of high similarity of the mass spectra and taking into account the retention time order of the compounds in accordance with the Kovats index. The total content of components and component groups was calculated by summing the peak areas of individual components. The relative content of individual components and their groups was calculated relative to the total content of components and expressed as a percentage of the sum of all peak areas, with the exception of background and unidentified peaks.

In the research, more than 150 volatile substances were detected, of which 115 were identified and which significantly contribute to minced meat odor during heat treatment. These are mainly carbonyl compounds and alcohols, esters, and some other compounds. The following substances were detected: 11 esters, 14 heterocyclic compounds, 3 unsaturated hydrocarbons, 5 terpenes, 9 alcohols, 4 acids, 19 aldehydes including 9 unsaturated aldehydes, and 4 azo compounds.

During heat treatment at a temperature of 120 °C for 60–90 minutes and at a temperature of 150 °C for 30–60 minutes, propen-2-amine-1 was detected in significant concentrations. During heat treatment at 120 °C, hexanal and methoxyphenyl oxime were detected, which were not detected under the other temperature conditions of minced meat processing.

2-ethyl-6-methyl pyrazine and 1-methyl pyrrolidinone-2 were detected after prolonged medium-temperature processing of minced meat.

3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine was detected during short-term and long-term medium-temperature processing of minced meat, whereas 2-pentyl pyridine was detected in significant amounts in samples subjected to high-temperature processing at 180–210 °C.

The analysis revealed the following groups of substances:

- aldehydes: hexanal, heptanal, octanal, nonanal, decanal, decadienal-2,4, benzaldehyde, benzacetaldehyde;
- ketones: butanone-2, heptanone-2, octandion-4,5, octanone-2, nonanon-2, decanon-2, 2,3-hexanedione;
- alcohols: butanol-1, furfuryl alcohol, heptanol-1, propen-2-ol-3, octene-1-ol-3, hexene-1-ol-3, 2-ethylhexanol-1, octanol-1, 2-methyl-propanol-2;
- terpenes: limonene;

- azo- and sulfur-containing compounds: 1,1-dimethylethyl-diazene, propen-2-amine-1,1,3, 2-ethylpyrrole, 2,4,4-trimethyl-2-pentanamine, 2-ethylpyridine, 2,5-dimethylpyrimidine, tetrazol-5-amine, 2-ethyl-6-methyl-pyrazine, 1-methyl-pyrrolidon-2, 3-ethyl-2,5-dimethyl-pyrazine, 2-hexyl-thiophene;
- furans: 2-furanmethanol, 2-pentyl-furan.

Conclusions

In the studies of the effect of heat treatment on odor forming components and color characteristics in animal products (beef), more than 120 volatile substances were detected: carbonyl compounds and lower fatty acids, alcohols, esters, and some sulfur-containing compounds. After short-term and low-temperature treatment, 2-methyl-butene and ethyl hexanoate were found in large quantities. In samples subjected to prolonged roasting at low temperatures, as well as in samples subjected to processing at a higher temperature but for less time period, 3,5-dimethyl-4-octanone was detected. Carvone was found in samples subjected to long-term and low-temperature treatment or shorter but higher temperature treatment. Many samples contained a significant amount of furfural, benzaldehyde and phenylethyl alcohol, which is in good agreement with the data reported in the literature.

Analysis of changes in color characteristics showed that a significant darkening of the samples was observed with increasing temperature. At a temperature of 120 °C, there is still a slight color change even after 2 hours of exposure, but as the temperature rises up to 180 to 210 °C, the samples darken in the first 10 minutes and subsequently their color changes slightly.

Color evaluation using computer technology as an artificial vision showed that the maximum heating temperature of 210 °C had the most significant effect on color change. After heating for more than 30 minutes, carbonization of the samples occurred. At this temperature, the values in Red Green Blue system were as low as possible, tending to zero (absolutely black color) in comparison with all other treatments.

The results obtained indicate that controlling the temperature and duration of the heat treatment helps to obtain the finished product of desired color, which is important for creating products with given sensory characteristics.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Дамодаран, Ш., Паркин, К.Л. Феннема, О.Р. (2017). Химия пищевых продуктов. СПб, Профессия. — 1040 с. ISBN: 978-5-904757-24-3
2. Ioannou, I., Ghoul, M. (2013). Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal*, 9, 310–341.
3. Moreira, A.S.P., Nunes, F.M., Domingues, M.R., Coimbra, M.A. (2012). Coffee melanoidins: Structures, mechanisms of formation and potential health impacts. *Food and Function*, 3(9), 903–915.
4. Andrewes, P. (2012). Changes in Maillard reaction products in ghee during storage. *Food Chemistry*, 135(3), 921–928.
5. Brudzynski, K. (2012). Honey Melanoidins: Emerging Novel Understanding on the Mechanism of Antioxidant and Antibacterial Action of Honey (Book Chapter). Honey: Current Research and Clinical Applications. Nova Science Publishers, Inc. — 2012. — 222 p.
6. Amarowicz, R. (2009). Antioxidant activity of Maillard reaction products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109–111.
7. Jouquand, C., Niquet-Léridon, C., Jacolot, P., Petit, N., Marier, D., Gadonna-Widehem, P. (2018). Effects of Maillard Reaction Products on Sensory and Nutritional Qualities of the Traditional French Baguette. *Journal of Food Science*, 83(10), 2424–2431.
8. Holman, B.W.B., Mao, Y., Coombs, C.E.O., van de Ven, R.J., Hopkins, D.L. (2016). Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability. *Meat Science*, 121, 104–106.
9. Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Braghieri, A. (2013). Measurement of meat color using a computer vision system. *Meat Science*, 93(1), 111–118.
10. CIE. Improvement to industrial colour-difference evaluation. Vienna: CIE Publication № 142–2001, Central Bureau of the CIE. — 2001. — 6 p.
11. Mokrzycki, W.S., Tatol, M. (2011). Color difference ΔE — A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4), 383–411.
12. Sharma, G., Wu, W., Dalal, E.N. (2005). The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations. *Color research and application*, 30(1), P. 21–30.
13. CIE2000 Calculator [Электронный ресурс: <http://colormine.org/delta-e-calculator/Cie2000>. — Дата обращения 24.01.2018]
14. Беляева, М.А. (2004). Математические описания денатурации миозина, актина, тропомиозина, миоглобина мяса в процессе тепловой обработки. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 5–6. 63–65.
15. Chansataporn, W., Prathumars, P., Nopharatana, M., Siriwattanayotin, S., Tangduangdee, C. (2018). Kinetics of Maillard reaction in a chicken meat model system using a multiresponses modeling approach. *International Journal of Chemical Kinetics-Accepted manuscript*.
16. The NIST 14 Mass Spectral Library (NIST11/2014/EPA/NIH). Software/Data Version (NIST14); NIST Standard Reference Database, Number 69, June 2014. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899 [Электронный ресурс: <http://webbook.nist.gov>. Дата обращения 17.01.2018]

REFERENCES

1. Dadomaran, Sh., Parkin, K.L. Fennema, O.R. (2017). Food Chemistry. St. Petersburg: Professiya. — 1040 p. ISBN: 978-5-904757-24-3 (In Russian)
2. Ioannou, I., Ghoul, M. (2013). Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal*, 9, 310–341.
3. Moreira, A.S.P., Nunes, F.M., Domingues, M.R., Coimbra, M.A. (2012). Coffee melanoidins: Structures, mechanisms of formation and potential health impacts. *Food and Function*, 3(9), 903–915.
4. Andrewes, P. (2012). Changes in Maillard reaction products in ghee during storage. *Food Chemistry*, 135(3), 921–928.
5. Brudzynski, K. (2012). Honey Melanoidins: Emerging Novel Understanding on the Mechanism of Antioxidant and Antibacterial Action of Honey (Book Chapter). Honey: Current Research and Clinical Applications. Nova Science Publishers, Inc. — 2012. — 222 p.
6. Amarowicz, R. (2009). Antioxidant activity of Maillard reaction products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109–111.
7. Jouquand, C., Niquet-Léridon, C., Jacolot, P., Petit, N., Marier, D., Gadonna-Widehem, P. (2018). Effects of Maillard Reaction Products on Sensory and Nutritional Qualities of the Traditional French Baguette. *Journal of Food Science*, 83(10), 2424–2431.
8. Holman, B.W.B., Mao, Y., Coombs, C.E.O., van de Ven, R.J., Hopkins, D.L. (2016). Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability. *Meat Science*, 121, 104–106.
9. Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Braghieri, A. (2013). Measurement of meat color using a computer vision system. *Meat Science*, 93(1), 111–118.
10. CIE. Improvement to industrial colour-difference evaluation. Vienna: CIE Publication № 142–2001, Central Bureau of the CIE. — 2001. — 6 p.
11. Mokrzycki, W.S., Tatol, M. (2011). Color difference ΔE — A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4), 383–411.
12. Sharma, G., Wu, W., Dalal, E.N. (2005). The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations. *Color research and application*, 30(1), P. 21–30.
13. CIE2000 Calculator [Electronic resource: <http://colormine.org/delta-e-calculator/Cie2000>. Access date 24.01.2018]
14. Belyaeva, M.A. (2004). Mathematical formulation for the denaturation of myosin, actin, tropomyosin, and myoglobin in meat during heat treatment. *Academic bulletin. Food Technology*, 5–6, 63–65. (In Russian)
15. Chansataporn, W., Prathumars, P., Nopharatana, M., Siriwattanayotin, S., Tangduangdee, C. (2018). Kinetics of Maillard reaction in a chicken meat model system using a multiresponses modeling approach. *International Journal of Chemical Kinetics-Accepted manuscript*.
16. The NIST 14 Mass Spectral Library (NIST11/2014/EPA/NIH). Software/Data Version (NIST14); NIST Standard Reference Database, Number 69, June 2014. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899 [Electronic resource: <http://webbook.nist.gov>. Access date 17.01.2018]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Ловкис Зенон Валентинович — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, генеральный директор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию

220037, Беларусь, Минск, ул. Козлова, 29

Тел.: +375-17-294-09-96

E-mail: info@belproduct.com

Почицкая Ирина Михайловна — кандидат сельскохозяйственных наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию

220037, Беларусь, Минск, ул. Козлова, 29

Тел.: +375-17-294-36-04

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

*автор для переписки

Комарова Наталья Викторовна — кандидат технических наук, заведующий лабораторией физико-химических исследований, Республиканский контрольно-испытательный комплекс по качеству и безопасности продуктов питания, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию

220037, Беларусь, Минск, ул. Козлова, 29

Тел.: +375-17-294-12-65

E-mail: aleko-2006@tut.by

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 02.10.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Zenon V. Lovkis — doctor of technical sciences, professor, corresponding member to the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, General director, The Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus

220037, Belarus, Minsk, Kozlova str., 29

Tel: +375-17-294-09-96

E-mail: info@belproduct.com

Irina M. Pochitskaya — candidate of agricultural sciences, head of Republican control and testing complex on quality and food safety, The Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus

220037, Belarus, Minsk, Kozlova str., 29

Tel.: +375-17-294-36-04

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

*corresponding author

Natallia V. Komarova — candidate of technical sciences, head of the laboratory of physical and chemical research the Republican control and testing complex on quality and food safety, The Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus

220037, Belarus, Minsk, Kozlova str., 29

Tel.: +375-17-294-12-65

E-mail: aleko-2006@tut.by

Contribution

Authors equally contributed to the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 02.10.2018

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ NOR И PSE СВИНИНЫ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЮФО

Орлова О.Н.,* Мкртчян В.С., Скрыпник Л.В. Кричун Л.В.

Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: свиньи, транспортирование, стресс, PSE свинина, предубойная подготовка, органолептические свойства, влагосвязывающая способность, потери при варке

Аннотация

В работе представлены результаты исследований изучения органолептических (цвет, консистенция, водянистость) и функционально-технологических (рН, влагосвязывающая способность и потери сока при варке) свойств мышечной ткани NOR и PSE свинины, полученной от животных, транспортированных на расстояния 50 и 170 км, в зависимости от предубойной подготовки. Экспериментальные данные систематизации свойств свинины и расчета количественного значения свойств мяса позволили установить принадлежность свинины к качественным группам NOR и PSE и сформировать банк данных органолептических и функционально-технологических показателей мышечной ткани свинины, поступающей на мясоперерабатывающие предприятия Южного Федерального округа. Показано, что свинина от отдохнувших животных имела более высокие органолептические и функционально-технологические показатели и более высокие качественные уровни свойств мяса. Результаты проведенных исследований подтверждают положительное влияние предубойной подготовки свиней на качество получаемого от них мясного сырья.

Original scientific paper

THE STUDY OF ORGANOLEPTIC AND FUNCTIONAL-TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PORK MUSCLE TISSUE NOR AND PSE AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE SOUTHERN FEDERAL DISTRICT

Olga N. Orlova,* Vitaliy S. Mkrtychyan, Ludmila V. Skripnik, Ludmila V. Krichun

North-Caucasian Branch of the V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

Key words: pigs, transportation, stress, PSE pork, pre-slaughter preparation, organoleptic properties, moisture binding capacity, losses during cooking

Abstract

The paper presents the results of studies of organoleptic (color, consistency, water content) and functional-technological (pH, moisture binding capacity and loss of juice during cooking) properties of muscle tissue of NOR and PSE pork, obtained from animals transported at distances of 50 and 170 km, depending on pre-slaughter preparation. Experimental data of systematization of pork properties and calculation of the quantitative value of meat properties allowed to establish pork belonging to the quality groups NOR and PSE and to form a data bank of organoleptic and functional-technological parameters of pork muscle tissue entering the meat processing enterprises of the Southern Federal district. It is shown, that pork from rested animals had higher organoleptic and functional-technological parameters and higher quality levels of meat properties. The results of the studies confirm the positive impact of pre-slaughter preparation of pigs on the quality of their meat raw materials

Введение

Свинина относится к основному сырью мясной промышленности, наряду с говядиной и бараниной, и играет важную роль в формировании качества мясной продукции [1].

Интенсификация свиноводства, широкое внедрение промышленной технологии разведения и откорма свиней, с узкоспециализированной генетической направленностью выведения животных с повышенной долей мышечной ткани, их низкая устойчивость

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Орлова О.Н., Мкртчян В.С., Скрыпник Л.В. Кричун Л.В. Исследование органолептических и функционально-технологических свойств мышечной ткани NOR и PSE свинины на мясоперерабатывающих предприятиях ЮФО. Теория и практика переработки мяса. 2018;3(4): 49-57. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-49-57

FOR CITATION: Orlova O.N., Mkrtychyan V.S., Skripnik L.V., Krichun L.V. The study of organoleptic and functional-technological properties of pork muscle tissue NOR and PSE at the industrial enterprises of the Southern Federal District. Theory and practice of meat processing. 2018; 3(4): 49-57. (In Russ.). DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-49-57

к стрессу и т.д., приводят к получению мяса с нетрадиционными характеристиками в виде PSE свинины [2,3].

PSE свинина имеет нехарактерные технологические свойства и качественные показатели, что существенно затрудняет его использование при производстве качественных мясных продуктов. Применение PSE мяса приводит к увеличению потерь влаги при термической обработке, бледной окраске, появлению кисло-го привкуса и несвойственной данному виду продукта консистенции.

Переработка PSE свинины требует дополнительных затрат труда, времени и материальных средств.

Положение усугубляется тем, что свиноводство Ростовской области ЮФО не может обеспечить население свининой по объективным причинам, в первую очередь связанным с крайне напряженной эпизодической ситуацией по африканской чуме свиней [4]. Мясоперерабатывающие предприятия области вынуждены вести закупку свиней в соседних регионах, при этом транспортирование животных отрицательно влияет на их состояние и качество получаемого при убое мясного сырья [5,6,7,8,9,10].

Поэтому разработка и внедрение мер, обеспечивающих устранение причин, вызывающих появление свинины с пороком PSE при транспортировании свиней от животноводческих хозяйств и предубойном содержании их на мясоперерабатывающих предприятиях Южного Федерального округа весьма актуальна.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния транспортировки и предубойной выдержки свиней на органолептические и функционально-технологические показатели мышечной ткани свинины в условиях предприятий Южного Федерального округа.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования по данной проблеме проводились в два этапа. На первом этапе устанавливалась принадлежность свинины к группе свойств по шкале PSE-NOR-DFD, а на втором этапе проводились исследования пищевой ценности и функционально-технологических свойств свинины.

Объектами исследований в данной работе являлись:

- свиньи полутуши, полученные при убое откормочного молодняка свиней,
- поясничная часть длиннейшей мышцы спины.

Принадлежность свинины к качественным группам PSE, NOR и DFD устанавливали по результатам физико-химических (pH) и органолептических (цвет, водянистость, консистенция) исследований технологических свойств свинины и расчета количественного значения свойства мяса (СМ) в соответствии с требованиями «Временной технологической инструкции оценки говядины и свинины по группам свойств в шкале PSE-NOR-DFD» (Москва, 1997 г.).

Измерение активной кислотности (pH) проводили согласно ГОСТ 51478–99 «Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH)» при помощи портативного прибора pH метра марки «METTLER TOLEDO».

Визуальную оценку цвета осуществляли с применением эталонов цвета.

Визуальную оценку консистенции проводили путем нажатия пальцем на мышцу с последующей оценкой времени и степени исчезновения ямки, возникающей после нажатия.

Визуальную оценку водянистости устанавливали по степени намокаемости фильтровальной бумаги, прикладываемой к мышце.

Цвет, консистенция и водянистость являются качественными характеристиками, поэтому перевод их в количественные уровни для определения группы свойств свинины, проводили в соответствии с таблицей 2 технологической инструкции.

Суммарный показатель количественного значения свойств (СМ) рассчитывали по формуле:

$$CM = -5,4 + pH + 0,60 \times C + 0,25 \times K + 0,15 \times B,$$

где:

pH — измеренное значение pH,

C — оценка цвета по 9-ти уровневой шкале,

K — оценка консистенции, имеющей 5-уровневую шкалу,

B — оценка водянистости, имеющей 5-уровневую шкалу.

Качественный уровень, соответствующий расчетному количественному значению свойств мяса, определяли по таблице 2 технологической инструкции.

Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 9793–74 (Определение влаги высушиванием в сушильном шкафу при температуре (150 ± 2) °С).

Влагосвязывающую способность определяли методом Грау-Гамма в модификации ВНИИМП.

Потери сока при варке устанавливали по разнице массы пробы до и после термической обработки в течение 20 минут по методике ВНИИМП.

Результаты и обсуждение

Убой свиней в количестве 63 голов проводился на мясоперерабатывающих предприятиях ООО «ВЕПОЗ-ТОРГОВЫЙ ДОМ» (г. Ростов-на-Дону) и ЗАО АГРОФИРМА «РЕСПЕКТ» (Ростовская область, Каменский район). Для исследований отбирали свиней, поступавших на убой и переработку из хозяйств Ростовской области (ЗАО «СКВО», ЗАО АГРОФИРМА «РЕСПЕКТ»), Краснодарского края (ЗАО «Гранит»).

Транспортирование скота осуществлялось спецавтотранспортом на следующие расстояния: Ростовская область — 50 км (время в пути — 1,0 ч.), Ростовская область и Краснодарский край — 170 км (время в пути 3,5 ч). Отдых и поение животных проводились в соответствии с технологической инструкцией по приемке и предубойной подготовке скота (Москва,

1995 г.). Вместе с тем, с целью получения экспериментальных данных о влиянии предубойной выдержки на функционально-технологические свойства мяса, убой части свиней, перевозимых на расстояние 50 и 170 км осуществлялся без отдыха животных, «с колес».

Через сутки после убоя из охлажденных полутуш, находящихся в камерах охлаждения (температура 0–4°C и влажность 90%), выделяли образцы для анализов из поясничной части длиннейшей мышцы спины.

По результатам физико-химических (рН) и органолептических (цвет, водянистость, консистенция) исследований свойств свинины и расчета количественного значения свойства мяса (СМ) была установлена принадлежность свинины к качественным группам по 5-ти уровневой шкале, а также функционально-технологические свойства свинины.

По результатам мониторинга был сформирован банк данных органолептических и функционально-

Таблица 1. Результаты органолептических, физико-химических и функционально-технологических исследований свинины, полученной от животных, транспортируемых из хозяйств на расстояние 50 км

Характеристики	Показатели в зависимости от предубойного содержания				
	без отдыха		с отдыхом		
	всего, шт	уд. вес, %	всего, шт	уд. вес, %	
Количество животных	12	100	11	100	
Среднее значение рН24	5,48		5,59		
Цвет	бледное	2	17	—	—
	бледно розовое	4	33	2	18
	розовое	6	50	9	82
Водянистость	водянистое	2	17	2	18
	влажное	6	50	3	27
	слабо влажное	4	33	5	46
	суховатое	—	—	1	9
Консистенция	рыхлое	2	17	1	9
	слабо упругое	6	50	3	27
	упругое	4	33	7	64
Среднее значение свойства мяса	3,26		3,77		
Качественный уровень свойства мяса	NOR	—	—	4	36
	умеренное PSE	10	83	7	64
	ярко выраженное PSE	2	17	—	—
Влаго-связывающая способность, %	NOR	—		61,29	
	умеренное PSE	53,94		52,03	
	ярко выраженное PSE	43,89		—	
	среднее значение	52,27		55,40	
Потери сока при варке, %	NOR	—		21,68	
	умеренное PSE	23,91		24,73	
	ярко выраженное PSE	27,49		—	
	среднее значение	24,50		23,62	

технологических показателей мышечной ткани свинины от свиней, поступающих на мясоперерабатывающие предприятия Южного Федерального округа. Банк данных включает исследования 63 образцов свинины.

Обработанные результаты исследований органолептических, физико-химических и функционально-технологических исследований свинины, полученной от животных, транспортируемых из хозяйств на различные расстояния представлены в Табл. 1 и Табл. 2.

Из Табл. 1 видно, что свинина, полученная от животных, транспортируемых на расстояние 50 км с отдыхом, имела более высокие органолептические показатели — более интенсивный цвет, плотную консистенцию, меньшую водянистость и, как следствие, более высокое среднее значение свойства мяса — на 0,51 и качественные уровни свойства мяса.

Функционально-технологические свойства мяса от отдохнувших свиней имели более высокие средние

Таблица 2. Результаты органолептических, физико-химических и функционально-технологических исследований свинины, полученной от животных, транспортируемых из хозяйств на расстояние 170 км

Характеристики	Показатели в зависимости от предубойного содержания				
	без отдыха		с отдыхом		
	всего, шт	уд. вес, %	всего, шт	уд. вес, %	
Количество животных	20	100	20	100	
Среднее значение рН24	5,58		5,73		
Цвет	бледно-желтое	1	5	—	—
	бледное	1	5	—	—
	бледно розовое	5	25	4	20
	розовое	12	60	12	60
Водянистость	интенсивно розовое	1	5	4	20
	влажное	5	25	—	—
	слабо влажное	15	75	18	90
Консистенция	суховатое	—	—	2	10
	рыхлое	1	5	—	—
	слабо упругое	11	55	10	50
Среднее значение свойства мяса	упругое	8	40	10	50
	3,53		4,09		
	Качественный уровень свойства мяса	NOR	8	40	12
умеренное PSE		10	50	8	40
ярко выраженное PSE		2	10	—	—
Влаго-связывающая способность, %	NOR	58,47		63,91	
	умеренное PSE	49,98		57,98	
	ярко выраженное PSE	44,09		—	
	среднее значение	52,79		61,54	
Потери сока при варке, %	NOR	25,83		22,18	
	умеренное PSE	27,87		25,09	
	ярко выраженное PSE	32,94		—	
	среднее значение	27,56		23,35	

значения: рН — на 0,11; влагосвязывающей способности — 3,13 % и более низкое среднее значение потерь сока при варке — на 0,88 %.

Из Табл. 2 видно, что свинина, полученная от животных, транспортируемых на расстояние 170 км с отдыхом имела более высокие органолептические показатели — более интенсивный цвет, плотную консистенцию, меньшую водянистость и, как следствие, более высокое среднее значение свойства мяса — на 0,56 и качественные уровни свойства мяса.

Функционально-технологические свойства мяса от отдохнувших свиней также имели более высокие средние значения: рН — на 0,15; влагосвязывающей способности — на 8,75 % и более низкое среднее значение потерь сока при варке — на 4,21 %.

На Рис. 1 наглядно представлены результаты исследования влагосвязывающей способности свинины в зависимости от расстояния, на которые были транспортированы животные, и различий их предубойной подготовки.

На Рис. 1 показано, что предубойная выдержка свиней способствует значительному увеличению влагосвязывающей способности мяса, что косвенно подтверждает снятие последствий транспортного стресса животных в процессе отдыха. При этом наиболее выражено положительное влияние предубойной подготовки при транспортировании свиней на расстояние 170 км по сравнению — с 50 км.

На Рис. 2 представлены результаты исследования потерь сока при варке свинины в зависимости от транспортировки и предубойной подготовки животных.

На Рис. 2 показано, что предубойная выдержка свиней способствует значительному уменьшению потерь сока при варке мяса, что косвенно подтверждает снятие последствий транспортного стресса животных в процессе отдыха. При этом наиболее выражено положительное влияние предубойной подготовки при транспортировании свиней на расстояние 170 км по сравнению — с 50 км.

Полученные результаты исследований положительного влияния предубойной подготовки свиней на органолептические и функционально-технологические свойства свинины согласуются с результатами исследований отечественных и зарубежных авторов [7,8,11,12,13].

Полученные экспериментальные данные изменения органолептических и функционально-технологических показателей мышечной ткани мяса свиней в зависимости от транспортировки и предубойной выдержки на примере предприятий Южного Федерального Округа будут использованы для разработки рекомендаций по совершенствованию предубойного содержания свиней с целью предотвращения формирования мяса с пороком PSE.

Выводы

Результаты проведенных исследований органолептических и функционально-технологических свойств мышечной ткани NOR и PSE свинины на мясоперерабатывающих предприятиях Южного федерального округа свидетельствуют о положительном влиянии на качество мясного сырья предубойной подготовки

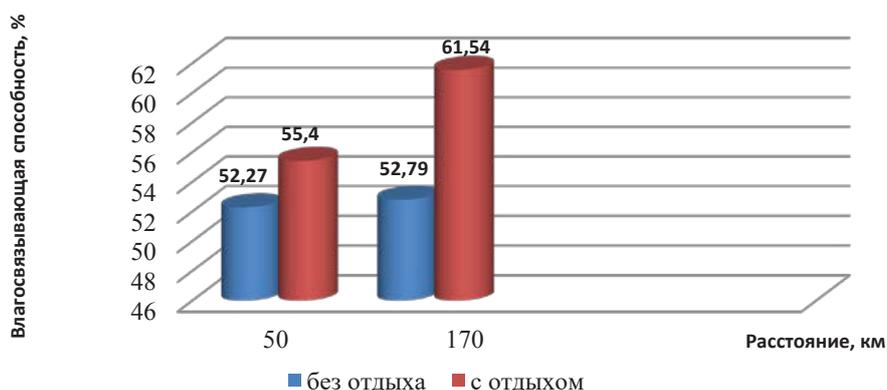


Рис. 1. Влагосвязывающая способность свинины, в зависимости от расстояния транспортировки и предубойной выдержки животных

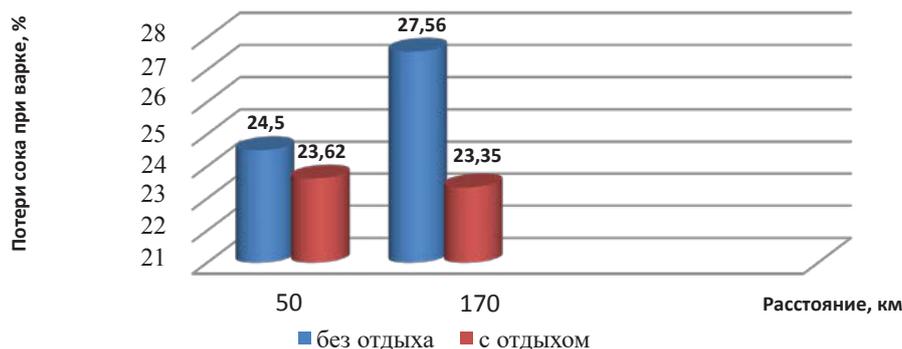


Рис. 2. Потери сока при варке свинины, в зависимости от расстояния транспортировки и предубойной выдержки животных

животных, транспортированных на расстояние 50 и 170 км. Свилина отдохнувших животных имела:

- более высокие органолептические показатели — более интенсивный цвет, плотную консистенцию и меньшую водянистость;
- более высокое среднее значение свойств мяса — на 0,51–0,56 и, соответственно, более высокие качественные уровни свойств мяса;

- более высокие функционально-технологические свойства — более высокое среднее значение pH — на 0,11–0,15 и влагосвязывающую способность — на 3,13 % — 8,75 % и более низкие средние значения потери сока при варке — на 0,88 % — 4,21 %.

Предубойная подготовка свиней обеспечивала улучшение качества мясного сырья за счет снятия транспортного стресса.

Introduction

The pork refers to the main raw materials of the meat industry, along with beef and lamb, and plays an important role in shaping the quality of meat products [1].

The intensification of pig breeding, wide introduction of industrial technology of breeding and fattening of pigs, with a highly specialized genetic orientation of breeding animals with a high proportion of muscle tissue, their low resistance to stress and etc., lead to the production of meat with non-traditional characteristics in the form of PSE pork [2,3].

The PSE pork has uncharacteristic technological properties and quality indicators, which significantly complicates its use in the production of quality meat products. The use of PSE meat leads to increasing in moisture loss during heat treatment, pale color, the appearance of sour taste and uncharacteristic consistency of this type of product.

Processing of PSE pork requires additional labor, time and material resources.

The situation is aggravated by the fact that the pig breeding of the Rostov region of the Southern Federal district cannot provide the population with pork for objective reasons, primarily due to the extremely tense episodic situation by African pigs fever [4]. Meat processing enterprises of the region are forced to purchase pigs in neighboring regions, while the transportation of animals adversely affects their condition and the quality of meat raw materials obtained during slaughter [5,6,7,8,9,10].

That is why, the development and implementation of measures to eliminate the reasons that cause the appearance of pork with PSE defect in the transportation of pigs from livestock farms and their pre-slaughter content in meat processing enterprises of the Southern Federal district is very actual.

The purpose of this work was to study the effect of transportation and pre-slaughter exposure of pigs on organoleptic and functional-technological parameters of pork muscle tissue in the Southern Federal district.

Materials and methods

Experimental studies of this problem were carried out in two stages. At the first stage, pork belonging to the group of properties on the PSE-NOR-DFD scale was established, and at the second stage, the nutritional value and functional-technological properties of pork were studied.

The objects of research in this work were:

- pork carcasses obtained at slaughter of fattening young pigs,
- the lumbar part of the longest muscles of the back.

Pork belonging to the qualitative groups PSE, NOR and DFD was determined by the results of physico-chemical (pH) and organoleptic (color, water content, consistency) studies of technological properties of pork and the calculation of the quantitative value of meat properties (MP) in accordance with the requirements of the «Temporary technological instructions for the evaluation of beef and pork by groups of properties in the PSE-NOR-DFD scale» (Moscow, 1997).

Measurement of active acidity (pH) was performed according to GOST 51478–99 «Test method of the hydrogen ion concentration (pH) determination» with the help of portable device pH meter «METTLER TOLEDO».

The visual assessment of color was carried out using color standards.

The visual assessment of consistency was carried out by pressing a finger on the muscle followed by an assessment of the time and degree of disappearance of the fossa, that occurs after pressing.

The visual assessment of water content was determined by the degree of wetness of the filter paper applied to the muscle.

Color, consistency and water content are qualitative characteristics, so their transfer to quantitative levels to determine the group of properties of pork was carried out in accordance with table 2 of the technological instruction.

The total indicator of the quantitative value of the properties (MP) was calculated by the formula:

$$MP = -5.4 + pH + 0.60 \times C + 0.25 \times K + 0.15 \times V,$$

where:

pH — measured pH value,

C — color rating on a 9-level scale,

K — assessment of consistency with a 5-level scale,

V — assessment of water content having a 5-level scale.

The qualitative level corresponding to the calculated quantitative value of meat properties was determined according to table 2 of the technological instruction.

The mass fraction of moisture was determined according to GOST 9793–74 (determination of moisture by drying in a drying case at the temperature of $(150 \pm 2) ^\circ\text{C}$).

The water binding capacity was determined by the press-method of Grau-Gamma in the modification of VNIIMP.

The juice losses during cooking were determined by the difference in the mass of the sample before and after heat treatment during 20 minutes by the VNIIMP method.

Results and discussion

The slaughter of 63 goals was conducted at the meat processing plants OOO «WEPOS-TRADING HOUSE» (Rostov-on-don), CJSC AGROFIRM «RESPECT» (the Rostov region, Kamensky district). For research were selected pigs, delivered for slaughter and processing from farms in Rostov region (CJSC «SKVO», CJSC AGROFIRM «RESPECT»), Krasnodar Territory (CJSC «Granit»).

The transportation of the cattle was carried out by special vehicles at the following distances: Rostov region — 50 km (travel time — 1.0 hour), Rostov region and Krasnodar territory — 170 km (travel time — 3.5 hours). Rest and animals watering were carried out in accordance with the

Table 1. Results of organoleptic, physico-chemical and functional-technological studies of pork obtained from animals transported from farms at the distance of 50 km

Characteristics		Indicators depending on the pre-slaughter content			
		without rest		with rest	
		total, pcs	specific weight, %	total, pcs	specific weight, %
Number of animals		12	100	11	100
Average pH24		5.48		5.59	
Color	Pale	2	17	—	—
	Pale pink	4	33	2	18
	Pink	6	50	9	82
Watery	Watery	2	17	2	18
	Wet	6	50	3	27
	Slightly wet	4	33	5	46
	Dryish	—	—	1	9
Consistency	Loose	2	17	1	9
	Weakly elastic	6	50	3	27
	Elastic	4	33	7	64
The average value of properties of meat		3.26		3.77	
Level of quality properties of meat	NOR	—	—	4	36
	Medium PSE	10	83	7	64
	Brightly expressed PSE	2	17	—	—
Moisture binding capacity, %	NOR	—		61.29	
	Medium PSE	53.94		52.03	
	Brightly expressed PSE	43.89		—	
	Average	52.27		55.4	
The loss of juice during cooking, %	NOR	—		21.68	
	Medium PSE	23.91		24.73	
	Brightly expressed PSE	27.49		—	
	Average	24.5		23.62	

technological instructions for acceptance and pre-slaughter preparation of cattle (Moscow, 1995). At the same time, in order to obtain experimental data on the effect of pre-slaughter content on the functional-technological properties of meat, the slaughter of pigs, transported at the distance of 50 and 170 km was carried out without resting animals, «from the wheels.»

A day after the slaughter, the samples were isolated for analysis from the lumbar part of the longest back muscle from the chilled carcasses saved in the cooling cases (temperature 0–4 ° C and moisture 90%).

According to the results of physico-chemical (pH) and organoleptic (color, water content, consistency) studies of pork properties and calculation of the quantitative value of meat properties (MP), there was established that the pork belonging to the qualitative groups on a 5-level scale, as well as functional- technological properties of pork.

According to the results of monitoring, there was formed the data bank of organoleptic and functional-technological indicators of pork muscle tissue from pigs,

Table 2. Results of organoleptic, physico-chemical and functional-technological studies of pork obtained from animals transported from farms at the distance of 170 km

Characteristics		Indicators depending on the pre-slaughter content			
		without rest		with rest	
		specific weight, %	specific weight, %	total, pcs	specific weight, %
Number of animals		20	100	20	100
Average pH24		5.58		5.73	
Color	Pale yellow	1	5	—	—
	Pale	1	5	—	—
	Pale pink	5	25	4	20
	Pink	12	60	12	60
	Intensely pink	1	5	4	20
Watery	Wet	5	25	—	—
	Slightly wet	15	75	18	90
	Dryish	—	—	2	10
Consistency	Loose	1	5	—	—
	Weakly elastic	11	55	10	50
	Elastic	8	40	10	50
The average value of properties of meat		3.53		4.09	
Level of quality properties of meat	NOR	8	40	12	60
	Medium PSE	10	50	8	40
	Brightly expressed PSE	2	10	—	—
Moisture binding capacity, %	NOR	58.47		63.91	
	Medium PSE	49.98		57.98	
	Brightly expressed PSE	44.09		—	
	Average	52.79		61.54	
The loss of juice during cooking, %	NOR	25.83		22.18	
	Medium PSE	27.87		25.09	
	Brightly expressed PSE	32.94		—	
	Average	27.56		23.35	

entering the meat processing enterprises of the Southern Federal district. The data bank includes studies of 63 pork samples.

he processed results of studies of organoleptic, physico-chemical and functional-technological studies of pork obtained from animals transported from farms at different distances are presented in the Table 1 and Table 2.

From Table 1. we can see, that pork obtained from animals transported at the distance of 50 km with rest, had higher organoleptic characteristics — more intense color, dense consistency, less watery and, as a consequence, a higher average value of meat properties — 0.51 and quality levels of meat properties.

Functional-technological properties of meat from rested pigs had higher average values: pH–0.11; moisture-binding capacity–3.13 % and a lower average value of juice losses during cooking–0.88 %.

From Table 2. we can see, that pork obtained from animals transported at the distance of 170 km with rest, had higher organoleptic characteristics — more intense color, dense consistency, less watery and, as a result, a higher average value of meat properties — by 0.56 and qualitative levels of meat properties.

Functional-technological properties of meat from rested pigs also had higher average values: pH–0.15; moisture-binding capacity–8.75 % and a lower average loss of juice during cooking–4.21 %.

On the Figure 1 the results of the study of the pork moisture-binding capacity depending on the distance to which the animals were transported, and the differences in their pre-slaughter preparation are clearly presented.

On the Figure 1 it is shown, that the pre-slaughter exposure of pigs contributes to a significant increase in the moisture-binding capacity of meat, which indirectly confirms the removal of the consequences of transport stress of animals during rest. At the same time, the most pronounced positive effect of pre-slaughter preparation in the transportation of pigs at the distance of 170 km in compare with 50 km.

On the Figure 2 there were presented the results of the study of the juice loss during cooking of pork depending on the transport and slaughter of animals training.

On the Figure 2 it is shown that pre-slaughter exposure of pigs contributes to a significant reduction in juice losses during the meat cooking, which indirectly confirms the removal of the effects of transport stress of animals during rest. At the same time, the most pronounced positive effect of pre-slaughter preparation in the transportation of pigs at a distance of 170 km in compare with 50 km.

The results of the studies of the positive effect of pre-slaughter pigs on organoleptic and functional-technological properties of pork are consistent with the results of studies of domestic and foreign authors [7,8,11,12,13].

The obtained experimental data on changes in organoleptic and functional-technological parameters of the muscle tissue of pig depending on the transportation and pre-slaughter exposure on the example of enterprises of the Southern Federal District will be used to develop recommendations for improving the pre-slaughter content of pigs in order to prevent the formation of meat with PSE defect.

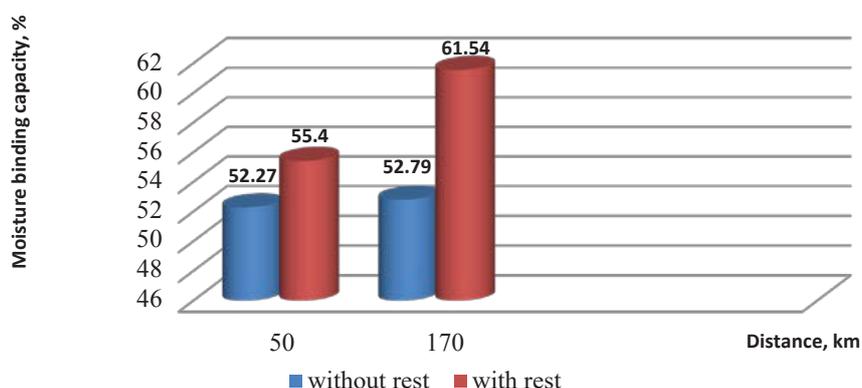


Figure 1. Moisture binding capacity of pork, depending on the distance transportation and pre-slaughter of animals

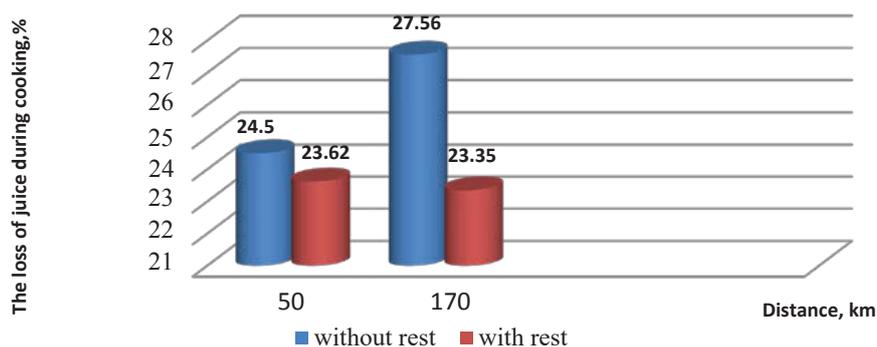


Figure 2. Loss of juice during the pork cooking, depending on the distance of transportation and pre-slaughter exposure of animals

Conclusion

Research results of organoleptic and functional-technological properties of muscle tissue NOR and PSE pork at the industrial enterprises of the Southern Federal district show a positive impact on the quality of raw meat slaughter preparation of the animals, transported to a distance of 50 and 170 km. Pork rested animals had:

— higher organoleptic characteristics — more intense color, dense consistency and less watery;

— higher average value of meat properties — by 0.51–0.56 and, accordingly, higher quality levels of meat properties;

— higher functional-technological properties — higher average pH — 0.11–0.15 and moisture-binding capacity — 3.13 %–8.75 % and lower average values of juice loss during the cooking—0.88 % — 4.21 %.

Pre-slaughter preparation of pigs provided the improvement of meat raw materials quality due to removal of transport stress.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицын, А.Б., Чернуха, И.М., Кузнецова, Т.Г., Орлова, О.Н., Мкртчян В.С. (2001). Химический состав мяса: справочные таблицы общего химического, аминокислотного, жирнокислотного, в итаминного, макро- и микроэлементного составов и пищевой (энергетической и биологической) ценности мяса. М., ВНИИМП. — 101 с.
2. Орлова, О.Н., Мкртчян, В. С., Скрипник, Л. В., Дмитриева, Л.С. (2018). Результаты мониторинга качества мяса, получаемого при убое свиней на мясоперерабатывающих предприятиях ЮФО. *Вестник Донского государственного аграрного университета*, 1–1(27), С. 34–41.
3. Мкртчян, В. С., Скрипник, Л. В., Ерошенко, В.И., Кричун, Л.В. (2018). Исследования функционально-технологических свойств мышечной ткани свинины, поступающей на мясоперерабатывающие предприятия ЮФО. *Вестник Донского государственного аграрного университета*, 3–1(29), 90–95.
4. Петрова, О.Н., Коренной, Ф.И., Таценко, Е.Е., Караулов, А.К., Гуленкин, В.М. (2018). Прогноз по африканской чуме свиней в Российской Федерации на 2018год. [Электронный ресурс http://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/iac/asf/publications/asf_prognoz18.pdf. Дата обращения: 02.10.2018 г.]
5. Максимов, Г.В., Ленкова, Н.В., Максимов, А.Г. (2014). Способ оценки стрессоустойчивости свиней. *Ветеринарная патология*, 3–4(49–50), 62–68.
6. Кудряшов, Л.С., Кудряшова, О.А. (2012). Влияние стресса животных на качество мяса. *Мясная индустрия*, 1, 12–15.

7. Joo, S.-T. (2018). Determination of water-holding capacity of porcine musculature based on released water method using optimal load. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(4), 823–828.
8. Adzitey, F., Nurul, H. (2011). Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences — a mini review. *International Food Research Journal*, 18(1), 11–20.
9. Володина, М.С., Слащилина, Т.В. (2014). Стрессы у животных. Влияние стрессов на продуктивность. Профилактика стрессов. *Молодежный в ектор развития аграрной науки. Материалы 65-й студенческой научной конференции*, 11–15.
10. Лешуков, К.А., Мамаев, А.В., Менькова, А.А. (2012). Использование функциональной системы биологически активных центров свиней при профилактике транспортного стресса. *Вестник Орловского государственного аграрного университета*, 6(39), 90–92.
11. Первичная переработка мяса — российские реалии. [Электронный ресурс: <http://www.jarvis-russia.ru/artlpg.php?elibrary.ru/item.asp?id=18> Дата обращения 20.11.2018]
12. Влияние транспортирования животных на их состояние и качество мяса. (2014). *Все о мясе*, 3, 43–48.
13. Плященко, С.И., Сидоров, В.Т. Стрессы у сельскохозяйственных животных. [Электронный ресурс: <http://zav.ansya.ru/health/s-i-plyashenko-v-t-sidorov-stressi-u-seleskohozyajstvennih-jiv/pg-7.html> Дата обращения 20.11.2018]

REFERENCES

1. Lisitsyn, A.B., Chernukha, I.M., Kuzmetsova, T.G., Orlova, O.N., Mkrтчyan, V.S., (2011). The chemical composition of meat: reference tables of the general chemical, aminoacid, fatty acid, vitamin, macro — and microelement compositions and food (energy and biological) value of meat. M, VNIIMP. — 101 p. (In Russian)
2. Orlova, O.N., Mkrтчyan, V.S., Skripnik, L.V., Dmitrieva, L.C. (2018). Results of monitoring of the meat quality obtained by slaughter of pigs for meat-processing enterprises of the Southern Federal District. *Vestnik of Don State Agrarian University*, 1–1(27), 34–40. (In Russian)
3. Mkrтчyan V.S., Skripnik L.V., Eroshenko V.I., Krichun L.V. (2018). The results of the monitoring of meat quality, obtained at slaughter pigs the meat-processing enterprises of the Southern Federal District. *Vestnik of Don State Agrarian University*, 3–1(29), 90–95. (In Russian)
4. Petrova, O.N., Korennoy, F.I., Tatsenko, E.E., Karaulov, A.K., Gulenkin, V.M. (2018) Forecast of the African fever of pigs in the Russian Federation for 2018. [Electronic resource: http://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/iac/asf/publications/asf_prognoz18.pdf. Access date: 02.11.2018 г.] (In Russian)
5. Maksimov, G.V., Lenkova, N.V., Maksimov, A.G. (2014). A method for assessing the stress resistance of pigs. *Veterinary Pathology*, 3 — 4(49–50), 62–68. (In Russian)
6. Kudryashov, L.S., Kudryashova, O.A. (2012). The effect of animal stress on the meat quality. *Meat industry*, 1, 8–11. (In Russian)

7. Joo, S.-T. (2018). Determination of water-holding capacity of porcine musculature based on released water method using optimal load. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(4), 823–828
8. Adzitey, F., Nurul, H. (2011). Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences — a mini review. *International Food Research Journal*, 18(1), 11–20.
9. Volodina, M.S., Slascilina, T.V. (2014). The stress of animals. The impact of stress on productivity. Prevention of stress. Youth vector of development of agricultural science. *Proceedings of the 65th student scientific conference*, 11–15. (In Russian)
10. Leschukov, K.A., Mamaev, A.V., Menkova, A.A. (2012). The use of the functional system of pigs biologically active centers in the prevention of transport stress. *Vestnik Ore/GAU*, 6(39), 90–92. (In Russian)
11. Primary processing of meat -Russian realities. [Electronic resource: <http://www.jarvis-russia.ru/artlpg.php?elibrary.ru/item.asp?id=18> Access date 20.11.2018] (In Russian)
12. Influence of animals transportation on their condition and quality of meat. (2006). *Vsyo o myase*, 3, 43–48. (In Russian)
13. Plyaschenko, S.I., Sidorov V.T. Стрессы у сельскохозяйственных животных. [Electronic resource:: <http://zav.ansya.ru/health/s-i-plyashenko-v-t-sidorov-stressi-u-seleskohozyajstvennih-jiv/pg-7.html> Access date 20.11.2018] (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Орлова Ольга Николаевна — кандидат экономических наук, директор, Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН
344000, Ростов-на-Дону, ул. Лермонтовская, 203
Тел.: +7-863-264-67-62,
E-mail:WNIIMP-DON@yandex.ru

Мкртчян Виталий Суменович — старший научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН
344000, Ростов-на-Дону, ул. Лермонтовская, 203
Тел.: +7-863-264-67-62,
E-mail:WNIIMP-DON@yandex.ru

Скрышник Людмила Владимировна — научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН
344000, Ростов-на-Дону, ул. Лермонтовская, 203
Тел.: +7-863-264-67-62,
E-mail:WNIIMP-DON@yandex.ru

Кричун Людмила Викторовна — научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН
344000, Ростов-на-Дону, ул. Лермонтовская, 203
Тел.: +7-863-264-67-62,
E-mail:WNIIMP-DON@yandex.ru

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 14.11.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Olga N. Orlova — candidate of economic sciences, director, North-Caucasian Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
344000, Rostov-on-Don, Lermontovskaya St., 203
Tel: +7-863-264-67-62,
E-mail:WNIIMP-DON@yandex.ru

Vitaly S. Mkrtychyan — senior research scientist, North-Caucasian Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
344000, Rostov-on-Don, Lermontovskaya St., 203
Tel: +7-863-264-67-62,
E-mail:WNIIMP-DON@yandex.ru

Ludmila V. Skripnik — research scientist, North-Caucasian Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
344000, Rostov-on-Don, Lermontovskaya St., 203
Tel: +7-863-264-67-62,
E-mail:WNIIMP-DON@yandex.ru

Ludmila V. Krichun — research scientist, North-Caucasian Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
344000, Rostov-on-Don, Lermontovskaya St., 203
Tel: +7-863-264-67-62,
E-mail:WNIIMP-DON@yandex.ru

Contribution

Authors equally contributed to the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 14.11.2018