



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

THEORY AND PRACTICE OF MEAT PROCESSING

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПЕРЕРАБОТКИ МЯСА

Vol. I (4), 2016

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

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Всероссийский
научно-исследовательский институт мясной
промышленности имени В.М. Горбатова»
Federal State Budgetary Scientific Institution
«The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute»
(FGBNU V.M. Gorbatov VNIIMP).

Теория и практика переработки мяса
Theory and Practice of Meat Processing

Учредитель и издатель: **Founder and publisher:**
Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Всероссийский научно-исследовательский
институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова»
Federal State Budgetary Scientific Institution
«The V.M. Gorbatov All-Russian
Meat Research Institute»

Главный редактор:
Лисицын Андрей Борисович, доктор технических
наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт
мясной промышленности им. В.М. Горбатова»,
г. Москва, Россия

Заместитель главного редактора:
Чернуха Ирина Михайловна, доктор технических
наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный
научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский
научно-исследовательский институт мясной
промышленности им. В.М. Горбатова», г. Москва,
Россия

Научный редактор:
Горбунова Наталия Анатольевна, кандидат
технических наук, ученый секретарь ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт
мясной промышленности им. В.М. Горбатова»,
г. Москва, Россия

Выпускающий редактор:
Захаров Александр Николаевич, кандидат
технических наук, старший научный сотрудник,
заместитель директора ФГБНУ «Всероссийский
научно-исследовательский институт мясной
промышленности им. В.М. Горбатова»,
г. Москва, Россия.

Printing Office:
109316, Talalikhina str. 26, Moscow, Russia,
The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute.
www.meatjournal.ru

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре
Регистрационные данные:
ПИ № ФС77-60789 от 11.02.2015 года
ЭЛ № ФС 77-60810 от 11.02.2015 года
Периодичность — 4 номера в год.
Издается с 2015 года.
Подписано в печать 22.12.16.
Тираж 1000 экз. Заказ № 508.
Типография ВНИИМП.

© ВНИИМП, 2016

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, научный руководитель ФГБНУ «Всероссийский
научно-исследовательский институт холодильной
промышленности», 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, член корреспондент 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
Мелещенко Алексей Викторович, кандидат экономических
наук, директор НПРДУП «Институт мясо-молочной
промышленности», г. Минск, Республика Беларусь
Мирошников Сергей Александрович, доктор
биологических наук, профессор, директор ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт
мясного скотоводства», г. Оренбург, Россия
Римарева Любовь Вячеславовна, доктор технических
наук, профессор, чл.-корр. 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
«Всероссийский научно-исследовательский институт мясной
промышленности им. В.М. Горбатова», г. Москва, Россия
Тимошенко Николай Васильевич, доктор технических
наук, профессор, заведующий кафедрой технология
хранения и переработки животноводческой продукции
Кубанского ГАУ, г. Краснодар, Россия.

**Федеральное агентство
научных организаций**

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

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Всероссийский
научно-исследовательский институт мясной
промышленности имени В.М. Горбатова»
Federal State Budgetary Scientific Institution
«The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute»
(FGBNU V.M. Gorbатов VNIIMP)

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

Учредитель и издатель: **Founder and publisher:**
Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Всероссийский научно-исследовательский
институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова»
Federal State Budgetary Scientific Institution
«The V.M. Gorbатов All-Russian
Meat Research Institute»

Editor-in-Chief:

Lisitsyn Andrey Borisovich, doctor of technical
sciences, professor, Academician of RAS,
Laureate of the state prize of the Russian Federation
in the field of science and technique, Director
of FGBNU «The V.M. Gorbатов All-Russian
Meat Research Institute», Moscow, Russia

Deputy Editor-in-Chief:

Chernukha Irina Mikchailovna, doctor of technical
sciences, professor, corresponding members of RAS,
chief research worker, FGBNU «The V.M. Gorbатов
All-Russian Meat Research Institute», Moscow, Russia

Science editor:

Gorbunova Natalia Anatolievna, candidate
of technical sciences, Academic Secretary of FGBNU
«The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research
Institute», Moscow, Russia

Production editor:

Zakharov Aleksandr Nikolaevich, candidate of technical
sciences, senior research worker, deputy director of
FGBNU «The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research
Institute», Moscow, Russia

Printing Office:

109316, Talalikhina str. 26, Moscow, Russia,
The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute.
www.meatjournal.ru

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре

Регистрационные данные:

ПИ № ФС77-60789 от 11.02.2015 года

ЭЛ № ФС 77-60810 от 11.02.2015 года

Frequency — 4 issues a year.

Published in 2015.

Signed print 22.12.16.

Circulation — 1000 copies. Order № 508.

Printing house — VNIIMP.

© ВНИИМП, 2016

ISSN 2414-438X (Print)

ISSN 2414-441X (Online)

Editorial board:

Bazhenova Baiana Anatolievna, 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

Belozeroz Georgy Avtonomovich, doctor of technical sciences,
Scientific supervisor of FGBNU «The All-Russian Scientific
Research Institute of Refrigeration Industry», Moscow, Russia

Gorlov Ivan Fedorovich, 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

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

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

Dunchenko Nina Ivanovna, 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

Zhailaubayev Zhinibek Dalelovich, doctor of technical sciences,
corresponding member 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

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

Kochetkova Alla Alekseevna, 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

Meliashchenia Aliaksei Viktorovich, 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

Miroshnikov Sergey Alexandrovich, doctor of biological
sciences, professor, Director of FGBNU «The All-Russian
Research Institute of Beef Cattle», Orenburg, Russia

Rimareva Liubov Vyacheslavovna, doctor of technical sciences,
professor, corresponding member 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

Rud Andrey Ivanovich, 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

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

Semenova Anastasiya Arturovna, doctor of technical sciences,
professor, Deputy Director of FGBNU «The V.M. Gorbатов
All-Russian Meat Research Institute», Moscow, Russia

Timoshenko Nikolai Vasilievich, 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

СОДЕРЖАНИЕ

Федулова Л.В., Кашинова Э.Б., Котенкова Е.А. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ IN VITRO ДЛЯ ОЦЕНКИ БИОКОРРИГИРУЮЩИХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	4
Танаа Шехаб ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЯСА ПТИЦЫ.....	11
Батаева Д.С., Минаев М.Ю., Махова А.А. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭНТЕРОТОКСИГЕННЫХ СТАФИЛОКОККОВ В МЯСНОМ СЫРЬЕ	19
Калтович И.В., Дымар О.В. АЛГОРИТМ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ВИДОВ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОСТИ	28
Stefanovskiy V.M., Polyakov I. A., Petrov V.V. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЛАГИ ПРИ ПОДМОРАЖИВАНИИ ГОВЯЖЬЕГО ФАРША	43
Лисицын А.Б., Козырев И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЫШЕЧНОЙ И ЖИРОВОЙ ТКАНЕЙ И МРАМОРНОСТИ ГОВЯДИНЫ.....	51
Битуева Э.Б., Бильтрикова Т.В. ВЛИЯНИЕ ГОМОГЕНАТА РЕДЬКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДЕЛЬНЫХ ФАРШЕЙ	57

CONTENTS

Fedulova L.V., Kashinova E.B., Kotenkova E.A. IMPLEMENTATION OF IN VITRO ASSAY FOR EVALUATION OF BIOCORRECTIVE ACTION OF BIOACTIVE SUBSTANCES AN ANIMAL ORIGIN	4
Thanaa Shehab EFFECT OF COOKING METHODS ON AMINO ACIDS COMPOSITION OF CHICKEN MEAT	11
Bataeva D.S., Minaev M.Yu., Makhova A.A. IDENTIFICATION OF ENTEROTOXIGENIC STAPHYLOCOCCI IN MEAT RAW MATERIALS	19
Kaltovich I.V., Dymar O.V. NEW MEAT PRODUCTS WITH IMMUNOMODULATORY EFFECT CREATION METHOD	28
Stefanovskiy V.M., Polyakov I. A., Petrov V.V. RESEARCH OF MOISTURE MIGRATION DURING PARTIAL FREEZING OF GROUND BEEF.....	43
Lisitsyn A.B., Kozyrev I.V. RESEARCHING OF MEAT AND FAT COLOUR AND MARBLING IN BEEF.....	51
Bitueva E.B., Biltrikova T.V. INFLUENCE OF THE RADISH HOMOGENATE ON THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MODEL MINCED MEAT	57

IMPLEMENTATION OF IN VITRO ASSAY FOR EVALUATION OF BIOCORRECTIVE ACTION OF BIOACTIVE SUBSTANCES AN ANIMAL ORIGIN

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ *IN VITRO* ДЛЯ ОЦЕНКИ БИОКОРРИГИРУЮЩИХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Fedulova L.V., Kashinova E.B., Kotenkova E.A.

The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

Ключевые слова: аорта, *Sus scrofa*, пептиды, биокорректирующее действие, *in vitro*, биологическая активность, эксплантат.

Keywords: aorta, *Sus scrofa*, peptides, biocorrective action, *in vitro*, biological activity, explant.

Аннотация

Известно, что продукты убоя являются источником большого количества биологически активных веществ, обладающих различными биологическими эффектами. На настоящий момент выявлено порядка 220 функциональных пептидов, большинство из которых состоят из 2–10 аминокислотных остатков. В данном исследовании изучена биологическая активность среднемолекулярных (Мм 5–30 кДа) и низкомолекулярных (Мм менее 5 кДа) веществ, содержащихся в аорте *Sus scrofa*, с применением методов *in vitro*. Установлено, что среднемолекулярные и низкомолекулярные фракции, обладают тканеспецифическим действием на органотипические культуры тканей куриных эмбрионов и лабораторных крыс, при этом наблюдается выраженная зависимость биологической активности от молекулярной массы исследуемых образцов. Показано, что, на эксплантаты аорты куриного эмбриона более выраженное действие оказывают среднемолекулярные фракции — индекс площади образующегося монослоя клеток составил $56,6 \pm 5,2$ % (индекс площади монослоя при добавлении низкомолекулярных фракций составил $37,47 \pm 3,27$ %), по отношению к контрольным эксплантатам. Низкомолекулярные фракции оказывали стимулирующее влияние на эксплантаты тканевой аорты стареющих крыс — индекс площади превышал значения среднемолекулярных фракций более чем на 30%.

Abstract

Slaughter products are good source of bioactive substances with different biological effects. Nowadays, approximately 220 functional peptides consisting of 2–10 amino acid residues have been identified. In this study, the biological activity of medium-molecular-weight substances (5–30 kDa, Mw) and low-molecular-weight substances (less than 5 kDa, Mw) extracted from aorta of *Sus scrofa* were investigated *in vitro*. Medium-molecular-weight and low-molecular-weight fractions possessed a tissue specific effect on organotypic tissue cultures of chicken embryos and laboratory rats. Biological activity depended on molecular weight. Medium-molecular-weight fractions possessed higher effect on aortas explants of chicken embryo: area index of cellular monolayer was 56.6 ± 5.2 % (area index of the monolayer was 37.47 ± 3.27 % for low-molecular-weight fraction) in comparison with control explants. The low-molecular-weight fractions stimulated aortic tissues explants of aging rats — area index exceeded area index for medium-molecular-weight fractions by more than 30%.

Введение

Представление о продуктах животноводства, в частности, мясном сырье, как источнике пластичных свойств (белков, жиров, углеводов), претерпело значительные изменения. Последние исследования свидетельствуют о содержании в животных белках значительных количеств аминокислотных последовательностей, обладающих различными биокорректирующими эффектами. Выявлено, что куриный миозин, говяжий коллаген $\alpha 1$, свиной тропонин С обладают широким спектром активностей. Например, говяжий коллаген $\alpha 1$ характеризуется антиамнестическим, антитромботическим, иммуномодулирующим эффектами, регулирует активность слизистой оболочки желудка; куриный миозин — антибактериальной активностью; говяжий коллаген $\alpha 1$ и свиной тропонин С — опиоидными свойствами [1–3]. Показано,

Introduction

Comprehension of livestock products, in particular, meat raw, as a source of essential nutrients (proteins, fats, carbohydrates), was significantly changed. In recent studies animal proteins are claimed as a source of amino acid sequences with different biocorrective effects. It was found that chicken myosin, beef collagen $\alpha 1$ and pork troponin C consisted from a lot of such functional sequences. For example, beef collagen $\alpha 1$ is characterized by anti-amnesic, antithrombotic and immunomodulatory effects, regulates the activity of gastric mucosa; chicken myosin — antibacterial activity; beef collagen $\alpha 1$ and pork troponin C — opioid properties [1–3]. Myosin light chain enriched se-

что легкая цепь миозина богата последовательностями антимикробного действия, полипептид поперечнополосатых мышц — коннектин — пептидами антитромботической, антиамнестической, опиоидной, нейропротекторной, иммуномодуляторной, антиоксидантной и гипотензивной активностями; говяжий, куриный и свиной актин богаты последовательностями-ингибиторами дипептидилпептидазы IV. Помимо этого, коллаген и эластин содержат последовательности, несущие определенные корректирующие свойства за счет высокого содержания функциональных аминокислот — глицина и пролина [4]. Стоит отметить, что в вышеперечисленных и прочих животных белках на настоящий момент идентифицировано более 220 функциональных пептидов, при этом, большинство из изученных пептидов состоят не более чем из 2–10 аминокислотных остатков. При этом, наиболее изученными на настоящий момент являются гипотензивные пептиды, которые по механизму действия делятся на корректоры эндотелиальных клеток-предшественников, ренин-ангиотензиновой системы за счет снижения концентрации ренина или ингибирования ангиотензин-превращающего фермента (АПФ), а также активаторы NO-синтазы. Наряду с этим, показано, что гипотензивные последовательности высвобождаются при гидролизе миозиновой тяжелой цепи куриного бедра и коллагена, говяжьих саркоплазматических белков, свиного небулина, миозина (тяжелая цепь), актина, тропонина C и титина, говяжьего, свиного и куриного тропонина C сердечной мышцы и пр. Например, этим обосновывается содержание дипептидов гипотензивной направленности в мясных цельнокусковых продуктах сухого посола. В исследованиях *in vivo* на SHR мышцах показано, что гидролизаты продуктов обладают эффектом снижения систолического давления до 50 мм.рт.ст. в течение 6–8 часов после внутрижелудочного введения в количестве от 1 до 10 г/кг веса крыс [1].

Содержание в продуктах или сырье таких аминокислот как метионин, пролин, гистидин, триптофан, тирозин, фенилаланил и цистеин, может свидетельствовать о наличии антиоксидантных пептидов. Показано, что последовательности, обладающие антиоксидантными свойствами, высвобождаются при гидролизе говяжьих коллагена $\alpha 1$, тропомиозина $\alpha 1$, саркоплазматических белков печени, свиных миофибриллярных белков, куриного белка и говяжьей крови. В частности, выявлено, что сыровяленые свиные колбасы, в частности, испанская «Чоризо», кантонская колбаса и хорватской «Петровац», в водорастворимой фракции белков содержат множество антиоксидантных пептидов [5].

Таким образом, разработка биологически активных модулей на основе биокорректирующих пептидов из животного сырья путем, является весьма актуальным.

quences with the antimicrobial activity, polypeptide of the cross-striated muscles (connectin) — peptides with the antithrombotic, antiamnesic, opioid, neuroprotective, immunomodulatory, antioxidant and hypotensive activities; beef, chicken and pork actin — sequences- inhibitors of dipeptidyl peptidase IV. In addition, collagen and elastin contain the sequences with specific corrective properties due to high content of functional amino acids — glycine and proline [4]. Nowadays, approximately 220 functional peptides consisting of 2–10 amino acid residues have been identified. Hypotensive peptides are the most studied. According to the mechanism of action, hypotensive peptides are divided into the correctors of endothelial precursor cells, renin–angiotensin system due to reduction of the renin concentration or inhibition of the angiotensin-converting enzyme (ACE) and activators of NO-synthase. Moreover, it was shown that hypotensive sequences are released during hydrolysis of the myosin heavy chain of chicken thigh and collagen, beef sarcoplasmic proteins, pork nebulin, myosin (heavy chain), actin, troponin C and titin, as well as beef, pork and chicken troponin C of the cardiac muscle and *etc.* For example, fermentation and autolysis stimulate enrichment of muscle dry-cured meat products by dipeptides with the hypotensive activity. *In vivo* studies on the SHR mice showed that intragastric administration of product hydrolysates in a dose of 1 to 10 g/kg body weight reduced the systolic blood pressure to 50 mm Hg during 6–8 hours [1].

The content of such amino acids as methionine, proline, histidine, tryptophan, tyrosine, phenylalanyl and cysteine in products or meat raw can indicate the presence of antioxidative peptides. Sequences with antioxidative properties were released after hydrolysis of beef collagen $\alpha 1$, tropomyosin $\alpha 1$, liver sarcoplasmic proteins, pork myofibrillar proteins, chicken protein and beef blood. In particular, it was revealed that raw air dried pork sausages such as Spanish Chorizo, Canton sausage and Croatian Petrovac sausage contain many antioxidant peptides in water soluble fraction of proteins [5].

Therefore, development of biolactive modules on the basis of bio-corrective peptides from animal raw material is quite acute .

Проведенными ранее исследованиями показано, что аорты *Sus scrofa* являются перспективным источником белково-пептидных веществ молекулярной массой (Мм) от 100 кДа до 10 кДа, обладающих гиполипидемической, антиоксидантной активностями, а также способствующих восстановлению функционирования эндотелиального слоя сосудов [6, 7].

Целью данного исследования являлось изучение возможности применения методов *in vitro* для изучения биологической активности среднемолекулярных и низкомолекулярных веществ, содержащихся в аорте *Sus scrofa*.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись низкомолекулярные (молекулярная масса менее 5 кДа) и среднемолекулярные (молекулярная масса от 5 до 30 кДа) ультрафильтраты аорты *Sus scrofa*. Экстракт получали путем экстрагирования измельченных аорт в изотоническом физиологическом растворе (0,9% раствор натрия хлорида) на лабораторной диспергирующей установке (Лаботекс, Россия) в течение 24 ч при 600 об/мин, температуре (2–5) °С, при соотношении сырье: экстрагент 1:5; отделение нерастворимого осадка проводили путем центрифугирования на центрифуге СМ-6М (Elmi, Великобритания) в течение 8 мин при 3500 об/мин. Получение ультрафильтратов с веществами молекулярной массой менее 5 кДа (УФ < 5кДа) и от 5 до 30 кДа (УФ 5–30кДа) производили путем фракционирования экстракта на установке Vivaflow 200 (Sartorius, Германия) с использованием мембран из полисульфона с диаметром пор 30кДа и 5 кДа. Полученные ультрафильтраты хранили при температуре минус (40) °С. Концентрацию белка в экстрактах и ультрафильтратах определяли биуретовым методом на фотометре BioChem SA (HTI, США).

Исследование биологической активности полученных образцов проводили на explantатах тканей сердца (n = 40) и сосудов (n = 40) 10-дневных куриных эмбрионов и explantатах тканей аорты (n = 30) стареющих лабораторных крыс-самцов линии Wistar (450–500 г). Куриные эмбрионы получали путем инкубирования яиц в условиях CO₂ — инкубатора (Lamsystems, Россия) при 38,5 °С в увлажненной атмосфере и концентрацией углекислого газа 5 %. Выделение фрагментов тканей (explantатов) и все манипуляции проводили в условиях асептики в ламинарном боксе (Lamsystems, Россия).

Explantаты (около 1 мм³) помещали в чашки Петри с коллагеновым покрытием (Thermo Fisher Scientific, США), инкубировали 5–7 мин при 37 °С для прикрепления explantатов, затем добавляли питательную среду с внесёнными исследуемыми образцами в концентрации 100 нг/мл. Питательная среда для explantатов тканей куриного эмбриона содержала 35 % раствора Игла, 25 % фетальной сыворотки телен-

Previous studies have shown that *Sus scrofa* aortas are source of proteins and peptides with molecular weight (Mw) of 100 kDa to 10 kDa with hypolipidemic and anti-oxidant activities, as well as stimulating of recovery of endothelial layer in blood vessels [6, 7].

The aim of the study was to evaluate the possibility of *in vitro* methods implementation for investigation of the biological activity of the medium-molecular-weight and low-molecular-weight substances contained in *Sus scrofa* aorta.

Materials and methods

Objects were low-molecular-weight (less than 5 kDa, Mw) and medium-molecular-weight (5–30 kDa, Mw) ultrafiltrates of *Sus scrofa* aorta. Minced aortas were extracted by isotonic physiological solution (0.9% NaCl solution) on a laboratory dispersing equipment (Labotex, Russia) for 24 hours at 600 rpm, temperature of 2–5 °C and ratio of raw material:extractive agent 1:5. Insoluble residue was separated by centrifugation on a centrifuge CM-6M (Elmi, UK) for 8 min at 3500 rpm. The ultrafiltrates with molecular weight less than 5 kDa (UF < 5 kDa) and 5 to 30 kDa (UF 5–30 kDa) were obtained by fractionation on a Vivaflow 200 (Sartorius, Germany) using PES membranes with 30 kDa and 5 kDa pore diameters. Obtained ultrafiltrates were stored at a temperature of –40 °C. A protein concentration in extract and ultrafiltrates was determined by biuret method on BioChem SA analyzer (HTI, USA).

The biological activity was studied on explants of the cardiac (n = 40) and vessel (n = 40) tissues of 10-day old chicken embryos and on explants of the aortic tissues (n = 30) of aging laboratory male Wistar rats (450–500 g). Chicken embryos were obtained by incubation of eggs in CO₂ incubator (Lamsystems, Russia) at 38.5 °C in wetted atmosphere and 5% CO₂ concentration. Isolation of tissue fragments (explants) and all manipulations were carried out in aseptic conditions in a laminar box (Lamsystems, Russia).

The explants (about 1 mm³) were transferred into Petri dishes coated with collagen (Thermo Fisher Scientific, USA) and incubated for 5–7 min at 37 °C for explant adhesion. Then, a culture medium with samples was added in a concentration of 100 ng/ml. The culture medium for the explants of the chicken embryo tissues contained 35% of Eagle solution, 25 % of fetal calf serum, 35 % of Hanks' solution, 5 % of chicken embryo extract, 0.6 % of glucose,

ка, 35 % раствора Хенкса, 5 % куриного эмбрионального экстракта, 0,6 % глюкозы, 0,5 ед/мл инсулина, 100 ед/мл бензил — пенициллина, 2 мМ глутамина. Питательная среда для эксплантатов тканей крыс состояла из 35 % среды Игла, 35 % раствора Хенкса, 25 % фетальной бычьей сыворотки и 5 % куриного эмбрионального экстракта. Инкубирование эксплантатов проводили в условиях CO_2 — инкубатора (Lamsystems, Россия) в течение 48 часов при 38,5 °C в увлажненной атмосфере и концентрацией углекислого газа 5 %.

Анализ биологической активности проводили с использованием фазово-контрастного инвертируемого микроскопа (ЛОМО, Россия), путем определения индекса площади (ИП), который рассчитывали, как соотношение площади всего эксплантата, включая периферическую зону роста, к исходной площади эксплантата. За условную единицу площади принимали квадрат окуляра — сетки микроскопа (сторона квадрата при увеличении $3,5 \times 10$ равнялась 150 мкм). Значения ИП выражали в процентах, контрольное значение ИП принимали за 100 % [8]. Контролем служили эксплантаты, инкубированные в питательной среде, без добавления образцов исследования.

Для расчетов использовали программу STATISTICA 10, результаты представлены в виде «Взвешенное среднее значение \pm Стандартное отклонение» ($M \pm m$). Статистическая достоверность — однопараметрическим ANOVA тестом. В качестве значимого уровня выбрана вероятность 0.05.

Результаты и обсуждение

Анализ эксплантатов тканей куриных эмбрионов и крыс через 24 часа после начала культивирования в питательной среде с добавлением исследуемых образцов, показал распластывание фрагментов тканей аорты и сердца на коллагеновой подложке и первичное выселение периферической зоны эксплантата.

Общеизвестно, что формирование периферической зоны эксплантатов зависит от пролиферативных, миграционных и адгезивных свойств различных типов клеток [9]. В данной работе учтен суммарный эффект этих процессов, выраженных в размерах формирующейся зоны выселяющихся клеток.

Через 48 часов культивирования эксплантатов куриных эмбрионов отмечены выраженные зоны — центральная, представленная немигрирующими плотно расположенными клетками, и периферический монослой, формирующийся мигрирующими и пролиферирующими клетками. Выявлены отчетливые изменения роста клеток под влиянием исследуемых веществ белковой природы, предположительно показывающие направленность действия исследуемых образцов. При этом отмечено, что индексы площади эксплантатов тканей сердца и аорты куриного эмбриона при добавлении исследуемых образцов были различны. Добавление среднемолеку-

0.5 units/mL of insulin, 100 units/mL of benzylpenicillin, 2 mM of glutamine. The culture medium for rat tissues explants consisted of 35% of Eagle solution, 35 % of Hanks' solution, 25 % of fetal bovine serum and 5 % of chicken embryo extract. Incubation of the explants was carried out in CO_2 incubator (Lamsystems, Russia) for 48 hours at 38.5 °C in a wetted atmosphere and 5% CO_2 concentration.

An analysis of the biological activity was carried out on inverted phase contrast microscope (LOMO, Russia) by determining an area index (AI), which was calculated as a ratio of the area of the whole explant including the peripheral growth zone to the initial area of the explant. The square of the grid reticle of a microscope (a square side at magnification of 3.5×10 was equal to 150 μm) was taken as reference unit. The values of AI were calculated in percentages; the control value of AI was assumed to be 100 % [8]. The explants incubated in the culture medium without adding the test samples were a control.

STATISTICA 10 program was used for calculation, the results were presented as weighted mean \pm standard deviation ($M \pm m$). Statistical significance was determined by one-way ANOVA-test. The probability value (p-value) of 0.05 was chosen as a significance level.

Results and discussions

Explants of the chicken embryo and rat tissues were analyzed after 24 hours of cultivation in a culture medium with addition of the test samples. The spreading of aortic and cardiac tissues fragments on a collagen substrate was observed as well as peripheral zone primary expulsion of the explant.

Formation of explant peripheral zone depends on the proliferative, migratory and adhesive properties of different cell types [9]. Therefore the sum effect of these processes expressed in forming square zone of expelled cells was taken into account.

After 48 hours two zones in cultivated chicken tissue explants were observed: the central zone was formed by non-migrating densely arranged cells and the peripheral monolayer was formed by migrating and proliferating cells. Test substances consisting of proteins and peptides enhanced cell growth, presumably, due to its tissue specificity. Moreover, it was noticed that area indices of cardiac and aortic tissues explants of chicken embryos with addition of the test samples were different. Addition of UF 5–30 kDa in concentration of 100 ng/ml stimulated

лярных ультрафильтратов экстракта аорты *Sus scrofa* в концентрации 100 нг/мл стимулировало рост эксплантатов сердца куриных эмбрионов на $31,6 \pm 5,4$ %, аорты — на $56,6 \pm 5,2$ %, ($p=0,05$) соответственно. При добавлении в питательную среду низкомолекулярных фракций, наблюдалось достоверное вызвало повышение ИП эксплантатов на $28,6 \pm 5,01$ % и $37,47 \pm 3,27$ %, соответственно (Рисунок 1).

the growth of tissue explants of chicken embryo heart by 31.6 ± 5.4 %, while aorta — by 56.6 ± 5.2 %, ($p \leq 0.05$). Addition of UF <5 kDa caused a significant increase in AI of explants by 28.6 ± 5.01 % and 37.47 ± 3.27 %, respectively (Fig. 1).

Addition of test samples to aortic tissues of aging rats

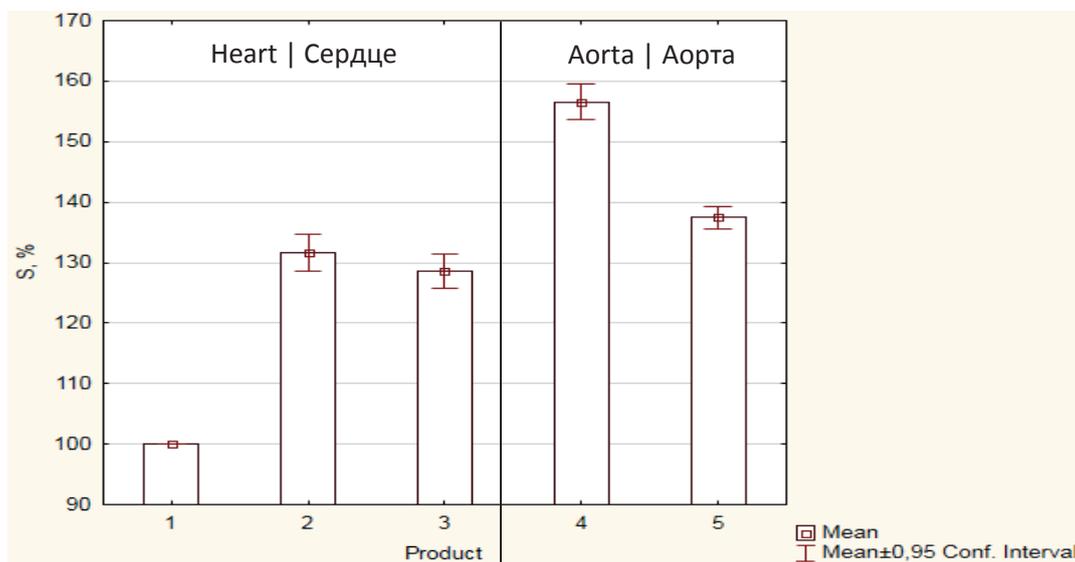


Figure 1. Influence of test samples in a concentration of 100 ng/ml on expelled cells growth in cardiac and aortic tissues of chicken embryos. On the x-axis: samples numbers; on the x-axis : AI, %. Legend: 1 — control; 2, 4 — UF 5–30 kDa; 3, 5 — UF <5 kDa.

Рис. 1. Влияние исследуемых образцов в концентрации 100 нг/мл на рост выселяющихся клеток в зоне роста культуры ткани сердца и аорты куриного эмбриона. По оси x — наименование образцов; по оси y — ИП, %. Условные обозначения: 1 — контроль; 2, 4 — среднемолекулярные ультрафильтраты (5–30 кДа); 3, 5 — низкомолекулярные ультрафильтраты (менее 5 кДа).

Исследования на фрагментах тканей аорты стареющих крыс показали противоположную динамику — наибольшей биологической активностью обладали низкомолекулярные фракции, содержащие вещества молекулярной массой менее 5 кДа. Это выражалось в более интенсивной стимуляции роста монослоя клеток — ИП при добавлении низкомолекулярных ультрафильтратов увеличивался на $26,2 \pm 2,5$ %, при добавлении среднемолекулярных — на $17,6 \pm 3,96$ %, по сравнению с контрольными значениями (Таблица 1).

Полученные данные свидетельствуют о возможности применения методов *in vitro* для изучения биологической активности белково-пептидных комплексов, выделенных из аорты *Sus scrofa*. При этом отмечено, что обнаруженная биологическая активность зависит от молекулярной массы веществ. Так, среднемолеку-

showed opposite dynamic: the highest biological activity was observed in UF <5 kDa. UF <5 kDa more intensively stimulated growth of cell monolayer compared to the control values. Addition of UF <5 kDa increased AI by 26.2 ± 2.5 % while UF 5–30 kDa — by 17.6 ± 3.96 % (Table 1).

Revealed data confirmed the possibility of *in vitro* methods implementation for investigation of biological activity of protein-peptide complexes derived from *Sus scrofa* aorta. Moreover, it was noticed that observed biological activity depended on molecular weight of substances. Thus, medium-molecular-weight fraction (5–30 kDa, Mw) stimulated the growth of aortas tissue explants of chicken embryo on 50 % higher than the low-molecular-weight

Table 1. Influence of test samples on growth of aortic tissue explants of aging rats

Таблица 1. Влияние исследуемых образцов на рост эксплантатов тканей аорты стареющих крыс

Sample	AI, % ИП, %		
	M (mean) M (ср. знач.)	m (standard deviation) m (стнд. откл.)	SE (standard error) SE (стнд. ошибка)
UF 5-30 kDa УФ 5-30 кДа	117.600	3.96	1.294
UF <5 kDa УФ <5 кДа	126.200*	2.513	0.649

* — significant difference from UF 5-30 kDa ($P < 0.05$). | * — достоверное отличие от УФ 5-30 кДа ($P < 0,05$).

лярная фракция (Мм 5–30 кДа) стимулировала рост эксплантатов тканей аорты куриных эмбрионов более чем на 50% активнее, чем низкомолекулярная фракция (Мм менее 5 кДа). При этом выраженных эффектов на фрагменты сердца куриного эмбриона не выявлено. Отмечено, что низкомолекулярная фракция обладала более выраженным эффектом на эксплантаты тканей аорты стареющих крыс — ИП превышал значение эксплантатов, инкубируемых с добавлением средномолекулярных фракций, до 30%. Стоит отметить, что при старении происходят различные изменения, характеризующиеся снижением биосинтеза белков, регуляторных пептидов в соответствующих органах и тканях, нарушения взаимодействия «регулятор-мишень» и прочее. Полученные данные свидетельствуют о возможности использования ультрафильтратов в качестве регуляторов гомеостаза, включая межклеточный сигналинг, что открывает возможности дальнейшего исследования выделенных веществ, их разделения и изучения молекулярно-биологического механизма действия.

Выводы

В результате исследования показана возможность применения методов *in vitro* для изучения биологической активности и направленности действия белково-пептидных веществ, выделенных из аорты *Sus scrofa*.

Исследуемые образцы оказывали выраженное влияние на развитие и рост эксплантатов тканей куриных эмбрионов и стареющих крыс в зависимости от их молекулярной массы. Так, средномолекулярные фракции, содержащие вещества массой 5–30 кДа, оказывают выраженный биологический эффект на эксплантаты аорты куриного эмбриона (увеличивая индекс площади эксплантатов на $56,6 \pm 5,2\%$, по сравнению с контрольными значениями). Низкомолекулярные фракции, содержащие вещества менее 5 кДа, напротив, оказывали более выраженное стимулирующее действие на эксплантаты аорты стареющих крыс — ИП превышал показатели средномолекулярных фракций более чем на 30%.

fraction (less than 5 kDa, Mw). However, both medium and low-molecular-weight fractions did not intensively influence on heart fragments of chicken embryo. It was observed that low-molecular-weight fraction significantly affected on aortas tissue explants of aging rat: AI was on 30% higher compared with medium-molecular-weight fraction. Aging is traditionally associated with different changes such as decrease in protein and regulatory peptides biosynthesis in corresponding organs and tissues, as well as with disorder in «regulator-target» interaction and others. Obtained data confirmed the possibility of ultrafiltrates application as regulators of homeostasis including intercellular signaling. Nevertheless, further research of isolated substances and its separation are necessary for explanation of molecular biological mechanism of action.

Conclusion

Obtained result confirmed the possibility of *in vitro* methods implementation for investigation of biological activity and tissue specificity of protein-peptide substances derived from *Sus scrofa* aorta.

Test samples influenced on proliferation and growth of tissue explants of chicken embryos and aging rats. Observed effects depended on molecular weight of fractions. Thus, medium-molecular-weight fractions containing the substances with molecular weight of 5–30 kDa predominantly stimulated the growth of aortas explants of chicken embryo (AI of explants increased by $56.6 \pm 5.2\%$ compared with control values), while low-molecular-weight fractions containing the substances with molecular weight low than 5 kDa more primarily stimulated the growth of aortic explants of aging rats: AI was more than 30% than in medium-molecular-weight fraction.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ahhmed A.M. A review of meat protein hydrolysates and hypertension / A.M. Ahhmed, M. Muguruma // *Meat science*. — 2010. — № 86. — P. 110–118.
2. Lafarga T. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients / T. Lafarga, M. Hayes // *Meat science*. — 2014. — № 98. — P. 227–239.
3. Mine Y. *Nutraceutical Science and Technology (Book 4). Nutraceutical Proteins and Peptides in Health and Disease* / Y. Mine, F. Shahidi // USA: Taylor & Francis Group, — 2006. — P. 688.
4. Bauchart, C. Small peptides (<5 kDa) found in ready-to-eat beef meat / C. Bauchart, D. Re`mond, C. Chambon, P. Patureau Mirand, I. Savary-Auzeloux, C. Reyne`s, M. Morzel // *Meat science*. — 2006. — № 74. — P. 658–666.
5. Udenigwe C.C. Meat proteome as source of functional biopeptides / C.C. Udenigwe, A. Howard // *Food Research International*. — 2013. — № 54. — P. 1021–1032.
6. Чернуха И.М. Влияние тканеспецифичных биомолекул на дисфункцию эндотелия при атеросклерозе / И.М. Чернуха, Л.В. Федулова, Е.А. Котенкова // *Все о мясе*. — 2016. — № 1. — С. 46–49.
7. Котенкова Е.А. Применение биотехнологических и протеомных методов при разработке продуктов питания гиполлипидемического и вазопротекторного действия : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.18.04, 05.18.07 / Котенкова Е. А.; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т мясной пром-сти им. В.М. Горбатова]. — Москва, 2015. — С. 7.
8. Назаренко А.Б. Способ получения биологически активного комплекса и биологически активный белково-полипептидный комплекс / А.Б. Назаренко, М.А. Соколов, И.Н. Жукова // Патент РФ 2428196 от 10.09.2011
9. Хавинсон В.Х. Тканеспецифическое действие пептидов в культуре тканей крыс разного возраста / В.Х. Хавинсон, В.В. Малинин, Н.И. Чалисова, Е.И. Григорьев // *Успехи геронтологии* — 2002. — Т. 3. — № 9. — С. 248–252.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Федулова Лилия Вячеславовна — кандидат технических наук, заведующий Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова, 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Телефон: раб. 8-495-676-92-11
E-mail: fedulova@vniimp.ru

Кашнинова Эльта Басанговна — научный сотрудник Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова, 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Телефон: раб. 8-495-676-92-11
E-mail: vivarium@vniimp.ru

Котенкова Елена Александровна — кандидат технических наук, научный сотрудник Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова, 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Телефон: раб. 8-495-676-92-11
E-mail: lazovlena92@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 14.10.2016

REFERENCES

1. Ahhmed A.M. A review of meat protein hydrolysates and hypertension / A.M. Ahhmed, M. Muguruma // *Meat science*. — 2010. — № 86. — P. 110–118.
2. Lafarga T. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients / T. Lafarga, M. Hayes // *Meat science*. — 2014. — № 98. — P. 227–239.
3. Mine Y. *Nutraceutical Science and Technology (Book 4). Nutraceutical Proteins and Peptides in Health and Disease* / Y. Mine, F. Shahidi // USA: Taylor & Francis Group, — 2006. — P. 688.
4. Bauchart, C. Small peptides (<5 kDa) found in ready-to-eat beef meat / C. Bauchart, D. Re`mond, C. Chambon, P. Patureau Mirand, I. Savary-Auzeloux, C. Reyne`s, M. Morzel // *Meat science*. — 2006. — № 74. — P. 658–666.
5. Udenigwe C.C. Meat proteome as source of functional biopeptides / C.C. Udenigwe, A. Howard // *Food Research International*. — 2013. — № 54. — P. 1021–1032.
6. Chernukha I.M. Effect of tissue specific biomolecules on endothelial dysfunction in atherosclerosis / I.M. Chernukha, L.V. Fedulova, E.A. Kotenkova // *Vse o myase*. — 2016. — № 1. — P. 46–49.
7. Kotenkova E.A. Use of the biotechnological and proteomic methods in development of food products with hypolipidemic and vasoprotective action: author's abstract of the dissertation ... candidate of technical sciences: 05.18.04, 05.18.07 / Kotenkova E.A. [The venue of defense: The V.M. GorbatoV All-Russian Meat Research Institute]. — Moscow, 2015. — P. 27.
8. Nazarenko A.B. A method for obtaining a biologically active complex and biologically active protein-polypeptide complex / A.B. Nazarenko, M.A. Sokolov, I.N. Zhukova // RF Patent 2428196 of 10.09.2011
9. Khavinson V.Kh. Tissue specific action of peptides in the tissue culture of rats of different ages / V.Kh. Khavinson, V.V. Malinin, N.I. Chalisova, E.I. Grigoriev // *Uspekhi Gerontologii (Advances in Gerontology)* — 2002. — Vol. 3. — № 9. — P. 248–252.

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Fedulova Liliya — candidate of technical sciences, head of Experimental clinic — laboratory of biologically active substances of an animal origin, The V.M. GorbatoV All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-92-11
E-mail: fedulova@vniimp.ru

Kashinova Elta — research scientist of Experimental clinic — laboratory of biologically active substances of an animal origin, The V.M. GorbatoV All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-92-11
E-mail: vivarium@vniimp.ru

Kotenkova Elena — candidate of technical sciences, research scientist of Experimental clinic — laboratory of biologically active substances of an animal origin, The V.M. GorbatoV All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-92-11
E-mail: lazovlena92@yandex.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declares no conflict of interest.

Received 14.10.2016

EFFECT OF COOKING METHODS ON AMINO ACIDS COMPOSITION OF CHICKEN MEAT

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЯСА ПТИЦЫ

Thanaa Shehab

Al-Fu'at University, Deir Ezzor, Syria

Ключевые слова: методы приготовления, микроволновая обработка, мясо птицы, аминокислоты.

Keywords: cooking methods, microwave, chicken, amino acids.

Аннотация

Мясо птицы является важной составляющей сирийской диеты. Увеличение производства мяса птицы, его широкое использование в заведениях общественного питания диктует необходимость наличия подробной информации о качестве и содержании питательных веществ в нем. Установлено, что кулинарные методы обработки по-разному воздействуют на наличие питательных веществ в мясе птицы. Таким образом, данное исследование проводилось с целью оценить воздействие приготовления в микроволновой печи на состав аминокислот мяса (филе и бедро) цыплят-бройлеров по сравнению с традиционными методами кулинарной обработки: отвариванием, приготовлением под давлением и поджариванием.

Abstract

Chicken meat is an important item in the Syrian diet. The increasing production of chickens and their potential in restaurants and food service operation implies the need for more detailed information regarding their quality and nutrient retention. Cooking methods have different effects on the values of nutrients of chicken. Therefore, this study was carried out to evaluate the effect of microwave cooking in amino acids composition of chicken meat (breast & thigh) as compared with some conventional methods, i.e. boiling, pressure and roasting.

Введение

В Сирии мясо птицы занимает лидирующее положение по производству и потреблению среди всех других видов мяса птицы. Оно стало вторым по популярности потребляемым мясом и, скорее всего, сохранит свои позиции. Данный вид сырья является хорошим источником белка и многих нутриентов, и содержит относительно небольшое количество жира, особенно, при условии его использования без кожи. Мясо цыплят-бройлеров также характеризуется возможностью использования для разных целей при планировании меню, легкостью приготовления, стабильным качеством и наличием широкого ассортимента предварительно упакованных, брендовых, сырых и готовых к употреблению и подачи продуктов.

Во многих странах объемы пищевых продуктов, подвергнутых кулинарной обработки с использованием микроволновых воздействий, увеличиваются год от года из-за удобства и сокращения продолжительности процесса. Улучшение конструкции микроволновых печей высокой мощности обеспечивает быстрые и экономичные методы производства пищевых продуктов с высокими органолептическими свойствами и пищевой ценностью [13].

В пищевой промышленности микроволновая обработка применяется для пастеризации упакованных продуктов, стерилизации, для отепления замороженных продуктов, предварительной обработки продуктов из мяса птицы и снеков. Использование микро-

Introduction

In Syria chicken occupies a major place in production and consumption among poultry. It has become the second most popular meat eaten and is most likely to maintain this position. Chicken meat is a good source of protein and many nutrients, and is relatively low in fat, especially if the skin is removed. Chicken meat is also characterized by versatility in menu planning, ease of preparation, consistent quality, and the availability of wide range of pre-packaged, branded, raw and ready to eat and serve products.

In many countries microwave cooking and processing have increased over the years because of its convenience and time saving. Improvements in the design of high-powered microwave ovens offer rapid and economic methods for manufacturing food products of high organoleptic properties and nutritional value [13].

In the food industry microwaves are used for pasteurization of packaged products, for sterilization, tempering of frozen foods, precooking of poultry products and snack food also. Microwave use becomes of great importance because of its extensive utilization at home for cooking, thawing and re-heating. It is used also in research due for nutrient retention in processed food [11].

волн приобретает большое значение из-за широкого применения в домашних условиях для приготовления, размораживания и разогрева. Они также используются в исследованиях для обеспечения сохранения нутриентов в переработанных пищевых продуктах [11].

Alfaia et al. [3] установили, что время нагревания, температура, метод приготовления и состав мышц являются важными переменными, которые могут оказывать влияние на конечные желательные характеристики мяса. Хотя изменения в мясе, вызванные термообработкой, изучаются в течение многих лет и широко обсуждаются (*Tornberg*, [14]), только в небольшом количестве работ сообщается о влиянии различных условий термообработки на содержание аминокислот и минеральных веществ (*Wilkinson, et al.*, [17]). Кроме того, состав нутриентов термообработанного мяса в доступных базах данных довольно ограничен.

Happich et al. [7] сообщили о том, что качество заменимых аминокислот варьирует, и что эти вариации в основном объясняются различиями в глицине, гидроксипролине и гидроксипролине. Общие заменимые аминокислоты поставляют азот для синтеза в организме каких-либо заменимых аминокислот, которых может не хватать. Кроме того, *Barr et al.* [5] and *Hamm* [6] сообщили о том, что количество валина, лейцина, изолейцина и гистидина было больше в мясе куриной грудке, в то время как мясо бедра имело больше глицина, гидроксипролина, гидроксипролина, треонина и серина.

Результаты исследований указывают на то, что район выращивания и соответствующие практики менеджмента, по всей вероятности, оказывают влияние на содержание почти половины аминокислот в мясе. Помимо этого, установлено, что мясо от самцов содержало больше гидроксипролина по сравнению с мясом самок.

Abd El-Wahed [2] сообщает, что свежее мясо грудок и бедер содержит те же индивидуальные аминокислоты с небольшими вариациями в их количестве. Кроме того, *Ibrahim and Shams El-Din* [8] сообщают, что содержание аминокислот в мясе куриных грудок включает лизин 11,12; треонин 4,24; валин 5,22; изолейцин 5,40; гистидин 4,11; аргинин 5,88; аспарагиновую кислоту 8,88; глутаминовую кислоту 4,92; серин 4,05; пролин 4,07; глицин 4,11; аланин 5,98; тирозин 3,77 (г/100 г белка).

Сообщается, что лизин теряется в результате реакции окисления жира при температурах ниже 100 °C, в то время как при высоких температурах (т.е., 115–130 °C), потери не зависели от присутствия жира (*Lea et al.*[9]). Однако, *Macy et al.* [10] установили, что концентрации большинства свободных аминокислот увеличивались при термообработке порционных кусков для жарки до достижения температуры в центре куска 77 °C за исключением треонина, серина, глутаминовой кислоты, гистидина и аргинина. Общее увеличение содержания аминокислот объясняется гидролизом

Alfaia et al. [3] found the heating time, temperature, cooking method and muscle composition to be the important variables, which may influence the final desirable characteristics of meat. Although meat changes induced by cooking have been studied for many years and extensively discussed (*Tornberg*,[14]), only few reports have specifically dealt with the influence of different cooking conditions on the amino acid and mineral contents (*Wilkinson, et al.*, [17]). Moreover, the nutrient composition of cooked meat available in food composition databases is quite limited.

Happich et al. [7] reported that the quantity of non-essential amino acids varies, and that this variation is largely accounted for by the difference in glycine, hydroxylsine and hydroxyproline. Total non-essential amino acids supply nitrogen for the synthesis in the body of any of the non-essential amino acids, which may be lacking. Besides, *Barr et al.* [5] and *Hamm* [6] reported that amounts of valine, leucine, isoleucine and histidine were great in breast meat, whereas, thigh meat had more glycine, hydroxyproline, hydroxylysine, threonine and serine.

Furthermore, results indicated that area of production and related management practices appeared to influence the concentration of about half of the amino acids. Moreover, meat from males contained more hydroxyproline than that from females.

Abd El-Wahed [2] reported that the fresh breast and leg meat contained the same individual amino acids with a slight variation in their amount. Besides, *Ibrahim and Shams El-Din* [8] reported that amino acids content of breast chicken meat contained lysine 11,12, threonine 4,24, valine 5,22, isoleucine 5,40, histidine 4,11, arginine 5,88, aspartic acid 8,88, glutamic acid 4,92, serine 4,05, proline 4,07, glycine 4,11, alanine 5,98, tyrosine 3,77(g/100g protein).

It was reported that lysine was lost by reaction with autoxidizing fat at temperatures below 100 °C, while at high temperatures(i.e. 115–130 °C) the loss was apparently independent of the presence of fat (*Lea et al.*[9]). However, *Macy et al.* [10] found that most free amino acids increased in concentration during cooking of roasts to an internal temperature of 77 °C with the exception of threonine, serine, glutamic acids, histidine and arginine. They attributed this general increase in amino acids content to hydrolysis of protein by proteolytic enzymes. Most free amino acids decreased during heating, when isolated from the tissue by dialysis. Besides, heat treatment (at 163 °C) was found to

белка протеолитическими ферментами, а количество большинства свободных аминокислот при жарке снижается. Помимо этого, было установлено, что термообработка (при 163 °С) увеличивает концентрации серина, глутаминовой кислоты и валина, изолейцина, лейцина, тирозина, фенилаланина и аргинина в мясе (*Usborn et al.*, [15]).

Кроме того, *Hamm* [6] провел анализ образцов мяса грудок и бедер от бройлеров, выращенных и переработанных в четырех районах США на их аминокислотный состав. В пересчете на процентное содержание белка количество валина, лейцина, изолейцина и гистидина было достоверно больше в грудках, а глицина, гидроксипролина, гидроксизилина, треонина и серина было больше в мясе бедер. В то же время, *Moawad*, [12] сообщил, что общее количество аминокислот, общее количество незаменимых и заменимых аминокислот в термообработанной говядине было 86,34; 33,01 и 53,33 г/16 г N, соответственно.

В этой связи, целью данной работы было изучение влияния различных способов обработки (варка, обработка давлением, обжарка и микроволновая обработка) на аминокислотный состав мяса бройлеров (бедер и грудок).

Материалы и методы

Использованные в данном исследовании бройлеры были получены на местных рынках Дамаска. Их вес был в диапазоне между (1100–1400 г) и средний возраст — 8 недель.

Цыплята были забиты, вручную ощипаны, очищены и вымыты водой. Крылья, шеи и головы были удалены вручную. Тушки были нарезаны на четыре части (два куса грудок и два куса бедер). Части кур (бедр и грудки) были термообработаны следующими методами:

- 1 — варка: части цыплят (бедр и грудки) были обработаны в кипящей воде в количестве достаточном для того, чтобы покрыть их в соотношении 2:1 (вода: цыпята) в течение 30 мин.
- 2 — варка под давлением: части кур цыплят (бедр и грудки) были помещены в кастрюлю-скороварку и термообработаны в течение 20 мин.
- 3 — поджаривание: части цыплят (бедр и грудки) были поджарены в предварительно нагретой обычной электропечи до 180 °С в течение нескольких минут.
- 4 — термообработка в микроволновой печи: два бедр и две грудки были помещены на блюдо для запекания и термообработаны в микроволновой печи при высоком уровне мощности в течение 20 мин. — 10 мин. с одной стороны и 10 мин. с другой стороны.

Влагу, золу, общие липиды и общий белок определяли в соответствии с методами, рекомендованными А.О.А.С.[4]. Все определения проводили в трехкратной повторности и регистрировали средние значения.

raise the concentration of serine, glutamic acid and valine, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine and arginine in meat (*Usborn et al.*, [15]).

In addition, *Hamm* [6] analyzed broiler breast and thigh meat samples from birds grown and processed in four locations of the U.S. for their amino acid composition. On percent protein basis amounts of valine, leucine, isoleucine and histidine were significantly greater in breast and glycine, hydroxyproline, hydroxylysine, threonine and serine were greater in thigh meats. Meanwhile, *Moawad*, [12] reported that the total amino acids, total essential amino acids and non-essential amino acids for fresh cooked beef meat were found to be 86,34, 33,01 and 53,33g/16g N respectively.

Therefore, the aim of this research was to study the effect of different cooking methods (boiling, pressure-cooking, roasting and microwave) on amino acids composition of chicken meat (thighs and breasts).

Materials and methods

The broilers used in this study were obtained from the local Damascus markets. Their weight ranged between (1100–1400 g) and the average age 8 weeks.

Chickens were slaughtered, plucked by hand, cleaned and washed with water. The wings, neck and heads were removed by hand. The carcasses were then cut into four parts (two breast pieces and two thighs). Chicken parts (thighs and breasts) were cooked by the following methods:

- 1 — Boiling: Chicken parts (thighs and breasts) were cooked in sufficient amounts of boiling water to cover it at ratio 2:1 (water: chicken) for 30 minutes.
- 2 — Pressure-cooking: Chicken parts (thighs and breasts) were placed in a pressure cooker and cooked for 20 minutes.
- 3 — Roasting: Chicken parts (thighs and breasts) were roasted by using a preheated conventional electric oven to 180 °C for minutes.
- 4 — Cooking by microwave oven: Two thighs and two breasts were placed in a baking dish and cooked in Microwave oven on a high power level for 20 minutes, 10 minutes on one side and 10 minutes on the other.

Moisture, ash, total lipids and total protein were determined according to the methods recommended by the A.O.A.C.[4]. All determination was performed in triplicates and the mean values were reported.

Amino acids were determined at the laboratories of agriculture faculty. High performance Amino Acid Analyzer was used as described by *Winder and Eggum*, [16]. Acid hydrolysis was performed in sealed ampoules for the de-

Аминокислоты определяли в лабораториях на сельскохозяйственном предприятии. Был использован высокоэффективный аминокислотный анализатор, как описано *Winder and Eggum*, [16]. Кислотный гидролиз был проведен в герметичных ампулах для определения всех аминокислот помимо метионина, цистеина и триптофана. Метионин был определен в гидролизатах окисленной пробы как метионин сульфон, цистеин как цистеиновая кислота.

Образцы были взвешены (20–30 мг) в ампулах и было добавлено 5 мл 6 N HCl. Ампулы затем были запаяны под вакуумом. Образцы затем нагревали в печи при 110°C в течение 24 ч. Запаянные ампулы были открыты и соляная кислота была выпарена под вакуумом. Натрий-цитратный буфер (pH 2,2) был использован для растворения образцов и для разведения их до требуемого объема. Для аминокислотного анализа был использован фильтрованный гидролизат в высокоэффективном аминокислотном анализаторе (был введен образец объемом 50 µл).

Представленные в таблицах данные являются средними значениями трех проведенных одновременно исследований. Статистический анализ был основан на однофакторном дисперсионном анализе; были сформированы гомогенные группы в соответствии с критерием Дункана для $P < 0,05$. Данные были статистически проанализированы, используя STATISTICA (программную систему для анализа данных).

Результаты и обсуждение

Образцы мяса куриных грудок и бедер были проанализированы на содержание в них влаги, белка, жира и золы. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Анализ данных в таблице 1 показывает, что содержание влаги в мясе куриных грудок было приблизительно на 1% выше по сравнению с образцами мяса куриных бедер. Количество влаги в грудках и бедрах составило 74,15 и 73,07%, соответственно.

Как и ожидалось, процент жира в мясе куриных грудок был значительно ниже по сравнению с мясом бедер ($P < 0,05$). Среднее содержание жира куриных грудках и бедрах было 12,18 и 21,65% (в пересчете на сухую массу), соответственно.

Как видно из таблицы 1 мясо куриных грудок и бедер содержало 3,94 и 3,72% золы (в пересчете на сухую массу), соответственно.

Аминокислотный состав мяса куриных грудок и бедер показан в таблице 2. Из результатов, представленных в таблице, видно, что мясо куриных грудок и бедер содержит те же аминокислоты с небольшими различиями в их количестве ($P > 0,05$). Схожие результаты были установлены *Abd El-Wahed* [2]. Результаты приведенные в таблице 2, показывают, что мясо куриных грудок содержало большее количество серина, гистидина, аргинина, треонина, валина, ме-

termination of all amino acids other than methionine, cysteine and tryptophan. In the oxidized hydrolysis, methionine was determined as methionine sulphone and cysteine was detected in the form of cysteine acid.

Samples were weighed (20–30 mg) in the ampoules and 5 mls. of 6 N HCl were added. The ampoules were then sealed under vacuum. Samples were then heated in an oven at 110°C for 24 hours. The sealed ampoules were then opened and the hydrochloric acid was evaporated under vacuum. Sodium citrate buffer (pH 2,2) was used to dissolve the samples and to dilute it to the required volume. The filtrated hydrolysate was used for the amino acid analysis in High Performance Amino Acid Analyzer (a sample of 50 µL-volume was injected).

Numbers presented in the tables are the mean values of three concurrent iterations. Statistical analysis was based on the one-way analysis of variance; homogeneous groups were formed according to the Duncan test for $P < 0,05$. The data were statistically analysed using STATISTICA (data analysis software system).

Results and discussion

Fresh raw chicken breast and thigh meat samples were analyzed for their moisture, protein, fat, and ash. The obtained results are, hereafter shown in Table 1.

The analysis data in Table 1 indicated that the moisture content of chicken breast samples was approximately 1,0 % higher than thigh meat samples. The percentages of moisture of fresh raw breast and thigh meat were 74,15 and 73,07 %, respectively.

As expected, the percentage of fat in chicken breast meat was significantly lower than that in thigh meat ($P < 0,05$). Average fat contents of fresh raw chicken breast and thigh meat were 12,18 and 21,65 % (on dry weight basis), respectively.

It could be noticed that fresh raw chicken breast and thigh meat contained 3,93 and 3,72 % ash (on dry weight basis), respectively.

Table 1. Chemical composition of fresh raw chicken meat (On dry weight basis)

Табл. 1. Химический состав мяса куриных грудок и бедер (в пересчете на сухую массу)

Indicators Показатели	Constituents (%) Содержание (%) в куриных:	
	Breast грудках	Thigh бедрах
Moisture Влага	74,15	73,07
Total protein Общий белок	82,94	73,56
Total lipids Общие липиды	12,18	21,65
Total ash Общая зола	3,93	3,72

тионина, изолейцина, лейцина, фенилаланина и лизина, в то время как мясо куриных бедер содержало большее количество аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, глицина, аланина, цистеина и тирозина. *Hamm* [6] сообщил о сходных результатах. Так, им установлено, что на аминокислотный состав мяса бройлеров оказывают влияние район выращивания, порода, пол и возраст. Было обнаружено, что общие заменимые и незаменимые аминокислоты в мясе куриных грудок составляют 88,95 и 87,11; 50,49 и 51,37, а также 38,49 и 35,74 г/16 г N, соответственно. Однако мясо куриных грудок содержало больше незаменимых и меньше заменимых аминокислот по сравнению с мясом куриных бедер ($P < 0,05$), что показано в таблице 2.

Влияние времени термообработки на содержание аминокислот в мясе цыплят-бройлеров представлено в таблице 3. Из результатов в этой таблице ясно, что термообработка образцов мяса с куриных грудок или бедер приводила к некоторому снижению всех аминокислот. Образцы мяса куриных грудок или бедер, обработанных под давлением, сохраняли наибольшее содержание общих незаменимых, заменимых и общих аминокислот, а затем в порядке убывания количества аминокислот следовали следующие тепловые методы обработки: варка, обработка в микроволновой печи и поджаривание ($p < 0,05$). Однако, существенные различия между способами термообработки в отношении содержания аминокислот в образцах мяса куриных грудок или бедер не были

The amino acid composition of fresh raw chicken breast and thigh meat is shown in Table 2. From the result illustrated in the table, it could be noticed that the fresh raw chicken breast and thigh meat contained the same individual amino acids with a slight differences ($P > 0,05$) in their amounts. Similar results were found by *Abd El- Wahed* [2]. The results in the same table indicated that the fresh raw chicken breast meat contained greater amounts of serine, histidine, arginine, threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine and lysine, while fresh raw chicken thigh meat contained greater amounts of aspartic acid, glutamic acid, glycine, alanine, cysteine and tyrosine. *Hamm* [6] reported approximately the same results, and he found that the amino acid composition of raw broilers meat is influenced by area of production, strain, sex and age. The total non-essential and essential amino acids of fresh raw chicken breast and thigh meats were found to be 88,95 and 87,11; 50,49 and 51,37 as well as 38,49 and 35,74g/16g N, respectively. However, fresh raw chicken breast meat contained more total essential and less non-essential amino acids than fresh raw chicken thigh meat ($P < 0,05$) as shown in the same Table 2.

The effect of cooking treatments on amino acids content of chicken meat is shown in Table 3. From the results in the table, it is clear that cooking of either fresh breast or thigh meat samples caused some decrease in all of their amino acids. The chicken breast and thigh meat samples cooked by pressure retained the highest percentages of total essential, non-essential and total amino acids, followed in a decreasing order by boiling, microwave and roasting methods

Table 2. Amino acids composition of fresh raw chicken meats (g/16g N)

Табл. 2. Аминокислотный состав мяса цыплят-бройлеров (г/16 г N)

Amino acids Аминокислоты	Breast Грудки	Meat Бедра
Essential amino acids незаменимые аминокислоты		
Threonine треонин	3,09	2,80
Valine валин	5,87	4,62
Methionine метионин	2,92	2,50
Isoleucine изолейцин	5,01	4,79
Leucine лейцин	7,65	7,30
Tyrosine тирозин	2,48	2,55
Phenylalanine фенилаланин	3,59	3,44
Lysine лизин	7,85	7,74
Total essential amino acids Всего незаменимых аминокислот	38,46	35,74
Non- essential amino acids заменимые аминокислоты		
Aspartic acid аспарагиновая кислота	8,95	9,32
Serine серин	3,20	3,14
Glutamic acid глутаминовая кислота	16,09	16,54
Glycine глицин	5,23	6,56
Alanine аланин	5,71	6,01
Histidine гистидин	3,87	2,75
Arginine аргинин	6,32	5,70
Cysteine цистеин	1,12	1,35
Total non- essential amino acids Всего заменимых аминокислот	50,49	51,37
Total determined amino acids Общие определенные аминокислоты	88,95	87,11

Table 3. Effect of cooking methods on amino acids composition of fresh raw chicken meat
Табл. 3. Влияние методов термообработки на аминокислотный состав мяса цыплят-бройлеров

Amino acids g/16g N Аминокислоты г/16г N	Breast Грудки					Thigh Бедро				
	Cooking methods методы термообработки					Cooking methods методы термообработки				
	Uncooked без термообработки	Boiling варка	Pressure давление	Microwave микроволновая обработка	Roasting обжаривание	Uncooked без термообработки	Boiling варка	Pressure давление	Microwave микроволновая обработка	Roasting обжаривание
<i>Essential amino acids незаменимые аминокислоты</i>										
Threonine треонин	3,09	2,92	2,95	3,01	2,93	2,80	2,65	2,61	2,56	2,44
Valine валин	5,87	5,51	5,53	5,42	5,24	4,62	4,36	4,35	4,17	4,01
Methionine метионин	2,92	2,36	2,42	2,25	2,16	2,50	1,83	1,92	1,85	1,80
Isoleucine изолейцин	5,01	4,85	4,91	4,86	4,80	4,79	4,59	4,73	4,51	4,35
Leucine лейцин	7,65	6,93	6,95	7,02	6,95	7,30	6,41	6,52	6,36	6,21
Tyrosine тирозин	2,48	2,21	2,27	2,11	1,98	2,55	2,14	2,10	2,03	1,95
Phenylalanine фенилаланин	3,59	3,24	3,26	3,15	3,11	3,44	2,97	3,02	2,95	2,83
Lysine лизин	7,85	6,98	7,08	6,91	6,85	7,74	6,78	6,86	6,73	6,65
Total Всего	38,46	35,00	35,42	34,73	34,02	35,74	31,73	32,11	31,16	30,24
<i>Non-essential amino acids заменимые аминокислоты</i>										
Aspartic аспарагиновая кислота	8,95	8,72	8,83	8,64	8,55	9,32	8,91	8,96	8,75	8,59
Serine серин	3,20	3,06	3,11	3,02	2,98	3,14	2,93	2,97	2,96	2,87
glutamic глутаминовая кислота	16,09	15,81	15,90	15,81	15,74	16,54	16,16	16,21	15,95	15,83
Glycine глицин	5,23	4,96	5,02	4,93	4,85	6,56	6,25	6,32	6,18	6,12
Alanine аланин	5,71	5,41	5,46	5,30	5,26	5,01	5,76	5,81	5,72	5,61
Histidine гистидин	3,87	3,58	3,61	3,48	3,39	2,75	2,39	2,45	2,34	2,26
Arginine аргинин	6,32	5,90	5,39	5,81	5,77	5,70	5,18	5,23	5,10	4,94
Cysteine цистеин	1,12	0,96	0,98	0,93	0,87	1,35	1,17	1,10	1,14	0,97
Total Всего заменимых аминокислот	50,49	48,40	48,84	47,92	47,41	51,40	48,75	49,05	48,14	47,19
Total determined amino acids Общие аминокислоты	88,95	83,40	84,21	82,65	81,43	87,11	80,48	81,16	79,30	77,43

обнаружены ($P > 0,05$). В результате термообработки под давлением образцов мяса куриных грудок или бедер, было установлено, что общие аминокислоты снижались с 88,95 до 84,21 и с 87,11 до 81,16 г/16 г N, соответственно. При этом, они снижались с 88,95 до 81,43 и с 87,11 до 77,43 г/16 г N в образцах мяса грудок и бедер, обработанных поджариванием, соответственно. Исследования показали значительное снижение количества серосодержащих аминокислот, т.е., лейцина, тирозина, фенилаланина и лизина (как незаменимых аминокислот), а также серина, глицина, аланина, гистидина и аргинина (как заменимых аминокислот), в то же время было отмечено небольшое снижение в содержании других аминокислот после термообработки образцов мяса куриных грудок или бедер.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что термообработка образцов мяса куриных грудок или бедер приводила к снижению всех аминокислот. Снижение содержания аминокислот может быть связано как с потерей мясного сока, так и с денатурацией белков при термообработке.

($P < 0,05$). However, no significant differences were found among cooking methods on amino acids content ($P > 0,05$) in either chicken breast or thigh meat samples. As a result of cooking of fresh breast and thigh meat samples by pressure, the total amino acids were found to decrease from 88,95 to 84,21 and from 87,11 to 81,16 g/16g N, respectively. Meanwhile, they decreased from 88,95 to 81,43 and from 87,11 to 77,43 g/16gN, in the fresh breast and thigh meat samples cooked by roasting respectively. Marked amounts of sulphur containing amino acids, i.e. leucine, tyrosine, phenylalanine and lysine (as essential amino acids) as well as serine, glycine, alanine, histidine and arginine (as non-essential amino acids) were destroyed, while as slight decrease was noticed in all the other amino acid contents under cooking of chicken breast or thigh meat samples.

Furthermore, from the same obtained results it was clear that cooking of either fresh breast or thigh meat samples caused some decrease in all their amino acids. The reduction of amino acid content might be attributed to their loss with drippings separated during cooking as well as by the heat destruction.

Выводы

Полученные результаты исследования могут быть резюмированы следующим образом:

- Не прошедшие кулинарную обработку образцы мяса куриной грудки имели более высокое содержание влаги, общего белка и золы, но более низкое содержание общих липидов;
- Не прошедшее кулинарную обработку мясо куриных грудок и бедер содержало одинаковое количество отдельных аминокислоты с небольшими изменениями в их количестве ($P > 0,05$);
- Не прошедшее кулинарную обработку мясо куриной грудки содержит большее количество незаменимых и меньшее количество заменимых аминокислот, чем неприготовленное мясо куриного бедра ($P < 0,05$);
- Образцы мяса куриной грудки и бедра, приготовленные под давлением, сохранили самое высокое количество незаменимых и заменимых аминокислот, а затем в порядке убывания следовали методы варки, обработки в микроволновой печи и поджаривания ($p < 0,05$). Однако, существенные различия между изучаемыми образцами не были обнаружены в отношении содержания аминокислот ($P > 0,05$).

Conclusion

The obtained results from this study could be summarized as follows:

- Uncooked chicken breast meat samples had higher contents of moisture, total protein, and ash but lower contents of total lipids than uncooked thigh meat.
- Fresh raw chicken breast and thigh meat contained the same individual amino acids with a slight variation in their amounts ($P > 0,05$).
- Fresh raw chicken breast meat contained more total essential and less non-essential amino acids than fresh raw chicken thigh meat ($P < 0,05$).
- The chicken breast and thigh meat samples cooked by pressure retained the highest amount of total essential, non-essential and total amino acids, if compared in a decreasing order with boiling, microwave and roasting methods, ($P < 0,05$) but no significant difference among these cooking methods for amino acid contents were found ($P > 0,05$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abd El-Baki, M.M.; Taha, R.A.; El-Zayet, F.M.M.; El-Dashlouty, A.A. and Fouda; Z.M.A. (1983). Influence of some pre-freezing treatments on the chemical and physical properties of chicken meat. Proc. 29th Euro. Meeting of meat Res. Workers, Parma, 464.
2. Abd EL-wahed W.A.H. (1986). Effect of preparation and cooking methods on the constituents and characteristics of poultry meat. PH.D. Thesis, Faculty of Agric., Cairo Univ.
3. Alfaia, C.M.G.A.; Alves, S.P.A.; Lopes, A.F.; Fernandes, M.J.E.; Costa, A.S.H.; Castro, M.L.F.; Fontes, C.M.G.A.; Bessa, R.J.B., & Prates, J.A.M. (2010). Effect of household cooking methods on fatty acids conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. Meat Science, 84, 769–777.
4. AOAC International (2000). Official methods of analysis of AOAC International (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: Association of Analytical Communities.
5. Barr, A. J.; Goodnight, J.H.; Sall, J. P. and Helwig, J.T. (1976). "A Users Guide SAS 76" SAS Institute, Raleigh, N.C.; U.S.A.
6. Hamm, D. (1981). Amino acid composition of breast and thigh meat from broilers produced in four locations of United States. J. Food Sci., 46: 1122–1124.
7. Happich, M.L.; Whitmore, R.A.; Fearheller, S.; Taylor, M.M.; Swift, C.E.; Naghaski, J.; Booth A.N. and Alsmeyer, R.H. (1975). Composition and protein efficiency ratio of partially defatted chopped beef and partially defatted beef fatty tissue and combinations with selected proteins. J. Food Sci., 40: 35–40.
8. Ibrahim, H.M. and Shams El-Din, M.H.A. (1989). Chemical composition and protein quality of chicken breast muscles. Grasas Y. Aceites, 40(2): 97–101.
9. Lea, C.H.; McForlane, J.J. and Parr, L.J. (1960). Chemical changes in meat due processing. J. Sci. Food Agric., 11: 690–695.
10. Macy, R.L. Jr.; Naurman, H.D. and Bailey, M.F. (1964). Soluble flavor odor precursors of meat. 1-Qualitative study of certain amino acids, carbohydrates, non-amino acid nitrogen compound and phosphoric acid esters of beef, Pork and lamb. J. Food Sci. 29: 136–148.
11. Mills, E.N.C. and Morgan M.R.A. (1990). Using biotechnology in the assessment of food quality. Food Technology Intr. Europ. Ed. Turner, A. Aterling publication International Ltd. P. 227.
12. Moawad, R.K. (1987). Effect of freezing and cooking on the chemical composition and biological quality of beef meat. MSc. Thesis, Faculty of Agric., Cairo Univ.

REFERENCES

1. Abd El-Baki, M.M.; Taha, R.A.; El-Zayet, F.M.M.; El-Dashlouty, A.A. and Fouda; Z.M.A. (1983). Influence of some pre-freezing treatments on the chemical and physical properties of chicken meat. Proc. 29th Euro. Meeting of meat Res. Workers, Parma, 464.
2. Abd EL-wahed W.A.H. (1986). Effect of preparation and cooking methods on the constituents and characteristics of poultry meat. PH.D. Thesis, Faculty of Agric., Cairo Univ.
3. Alfaia, C.M.G.A.; Alves, S.P.A.; Lopes, A.F.; Fernandes, M.J.E.; Costa, A.S.H.; Castro, M.L.F.; Fontes, C.M.G.A.; Bessa, R.J.B., & Prates, J.A.M. (2010). Effect of household cooking methods on fatty acids conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. Meat Science, 84, 769–777.
4. AOAC International (2000). Official methods of analysis of AOAC International (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: Association of Analytical Communities.
5. Barr, A. J.; Goodnight, J.H.; Sall, J. P. and Helwig, J.T. (1976). "A Users Guide SAS 76" SAS Institute, Raleigh, N.C.; U.S.A.
6. Hamm, D. (1981). Amino acid composition of breast and thigh meat from broilers produced in four locations of United States. J. Food Sci., 46: 1122–1124.
7. Happich, M.L.; Whitmore, R.A.; Fearheller, S.; Taylor, M.M.; Swift, C.E.; Naghaski, J.; Booth A.N. and Alsmeyer, R.H. (1975). Composition and protein efficiency ratio of partially defatted chopped beef and partially defatted beef fatty tissue and combinations with selected proteins. J. Food Sci., 40: 35–40.
8. Ibrahim, H.M. and Shams El-Din, M.H.A. (1989). Chemical composition and protein quality of chicken breast muscles. Grasas Y. Aceites, 40(2): 97–101.
9. Lea, C.H.; McForlane, J.J. and Parr, L.J. (1960). Chemical changes in meat due processing. J. Sci. Food Agric., 11: 690–695.
10. Macy, R.L. Jr.; Naurman, H.D. and Bailey, M.F. (1964). Soluble flavor odor precursors of meat. 1-Qualitative study of certain amino acids, carbohydrates, non-amino acid nitrogen compound and phosphoric acid esters of beef, Pork and lamb. J. Food Sci. 29: 136–148.
11. Mills, E.N.C. and Morgan M.R.A. (1990). Using biotechnology in the assessment of food quality. Food Technology Intr. Europ. Ed. Turner, A. Aterling publication International Ltd. P. 227.
12. Moawad, R.K. (1987). Effect of freezing and cooking on the chemical composition and biological quality of beef meat. MSc. Thesis, Faculty of Agric., Cairo Univ.

13. Mudgett, R.E. (1989). Microwave food processing. Food Technol., 43(1): 117–126.
14. Tornberg, E. (2005). Effect on heat on meat proteins- implications on structure and quality of meat products. Meat Science, 70, 493–508.
15. Usborn, W.R.; Kemp, J.D. and Moody, W.G. (1968). Relation of protein compound and free amino acids to both quality. J. Animal Sci., 27: 590–595.
16. Widner, K. and Eggum, B.O.(1966). Protein hydrolysis. A description of the method used at the department of animal physiology in Copenhagen. Acta Agriculture Scandinavia, 16: 115–118.
- C.F. The method of amino acid analyzer, Food and feed Lab., Agric. Research Center, Ministry of Agric., Giza, Egypt (1997).
17. Wilkinson, B.H.P.; Lee, E., Purchas; R.W.&Morel, P.C.H. (2014). The retention and recovery of amino acids from pork longissimus muscle following cooking to either 60 or 70 °C. Meat Science, 96, 361–365.

13. Mudgett, R.E. (1989). Microwave food processing. Food Technol., 43(1): 117–126.
14. Tornberg, E. (2005). Effect on heat on meat proteins- implications on structure and quality of meat products. Meat Science, 70, 493–508.
15. Usborn, W.R.; Kemp, J.D. and Moody, W.G. (1968). Relation of protein compound and free amino acids to both quality. J. Animal Sci., 27: 590–595.
16. Widner, K. and Eggum, B.O.(1966). Protein hydrolysis. A description of the method used at the department of animal physiology in Copenhagen. Acta Agriculture Scandinavia, 16: 115–118.
- C.F. The method of amino acid analyzer, Food and feed Lab., Agric. Research Center, Ministry of Agric., Giza, Egypt (1997).
17. Wilkinson, B.H.P.; Lee, E., Purchas; R.W.&Morel, P.C.H. (2014). The retention and recovery of amino acids from pork longissimus muscle following cooking to either 60 or 70 °C. Meat Science, 96, 361–365.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Танаа Шехаб — доцент, департамент науки о пище, Агрономический факультет, Университет Аль-Фуарт Сирия, Дейр-Аль-Зор, ул. Халид Бин Аль Валид
Тел.: +963–944–393–708
E-mail: Thanayasser@Hotmail.com

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несет автор и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 05.10.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Thanaa Shehab — associate prof., Foods Science Department, Faculty of Agriculture, Al-Fuuart University Syria, Deir Ezzor, Khalid Bin Al Waleed str.
Tel.: +963–944–393–708
E-mail: Thanayasser@Hotmail.com

Contribution

Author have responsibility for the information in manuscript and are equally responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The author declare no conflict of interest.

Received 05.10.2016

IDENTIFICATION OF ENTEROTOXIGENIC STAPHYLOCOCCI IN MEAT RAW MATERIALS

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭНТЕРОТОКСИГЕННЫХ СТАФИЛОКОККОВ В МЯСНОМ СЫРЬЕ

Bataeva D.S., Minaev M.Yu., Makhova A.A.

The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

Ключевые слова: энтеротоксигенные *S. aureus*, контаминация мясного сырья, сырокопченые колбасы, идентификация.

Keywords: enterotoxigenic *S. aureus*, contamination of raw meat, fermented sausages, detected.

Аннотация

Определена необходимость обновления критериев безопасности мясного сырья, используемого для производства сырокопченых колбас. Установлено наличие в мясном сырье энтеротоксигенных штаммов *S. aureus*. Отработана методика и предложены ПЦР-подходы идентификации и скрининга энтеротоксигенных штаммов и их токсинов в мясном сырье. Для идентификации энтеротоксигенности выявленных стафилококков были найдены и изучены консервативные участки последовательностей генов-мишеней *S. aureus*, отвечающие за выработку различных видов энтеротоксинов (A, B, E, C, D). Также сконструированы короткие фрагменты нуклеиновой кислоты (праймеры), соответствующие этим выявленным генам.

В результате идентификации было установлено, что 2 выявленных штамма *S. aureus* являлись энтеротоксигенными. Один из них продуцировал токсины типа A и E (штамм NG1), а второй — токсины типа C и E (штамм NG2). Чувствительность и специфичность метода ПЦР в реальном времени позволила проводить не только идентификацию чистых культур, но и скрининг энтеротоксигенных штаммов и их токсинов в продукте. Даны рекомендации использовать методику в производственном контроле на наличие энтеротоксигенных штаммов *S. aureus* в мясном сырье, используемом для производства сырокопченых колбас.

Abstract

The need to renew the safety criteria for meat raw material used in production of fermented sausages was determined. The presence of the enterotoxigenic *S. aureus* strains in meat raw material was established. The method was mastered and the PCR approaches to identification and screenings of enterotoxigenic strains and their toxins in meat raw material were proposed. In order to identify enterotoxigenicity of detected staphylococci, the conservative regions of the *S. aureus* target gene sequences responsible for production of different types of enterotoxins (A, B, E, C, D) were found and studied. In addition, short fragments of a nuclear acid (primers) corresponding to these revealed genes were constructed.

As a result of identification, it was established that two isolated strains of *S. aureus* were enterotoxigenic. One of them produced type A and E toxins (strain NG1) and another produced type C and E toxins (strain NG2). The sensitivity and specificity of the real-time PCR method allowed not only identification of pure cultures but also screening of enterotoxigenic strains and their toxins in a product. The use of this method in the production control for the presence of the enterotoxigenic strains of *S. aureus* in meat raw material used in fermented sausage manufacture was recommended.

Введение

Стафилококковые токсикозы занимают ведущее место в этиологии пищевых отравлений, например в Финляндии, Испании и США они на 1-м месте, во Франции, ФРГ, Греции, Югославии и Канаде на 2-м месте, а в Великобритании на 3-м месте [1].

Причиной пищевых интоксикаций стафилококковой этиологии являются энтеротоксины, продуцируемые энтеротоксигенными штаммами *S. aureus*. Эти микроорганизмы продуцируют шесть серологических типов токсинов: A, B, C, D, E, F.

При этом отдельные штаммы *S. aureus* могут продуцировать сразу несколько типов токсинов [2, 3, 4, 5]. При алиментарном заражении летальная доза — $LD_{50} = 4 \times 10^{-5}$ мг/кг.

Одним из источников отравления являются мясо и мясопродукты. Энтеротоксины золотистого стафи-

Introduction

Staphylococcal toxicoses occupy the leading position in etiology of food poisoning. For example, they are ranked first in Finland, Spain and the USA, the second in France, Germany, Greece, Canada and the states of the former Yugoslavia, and the third in the UK [1].

The causes of food-borne intoxications of staphylococcal etiology are enterotoxins produced by the enterotoxigenic strains of *S. aureus*. These microorganisms produce six main serological types of toxins: A, B, C, D, E, F.

Moreover, individual *S. aureus* strains can produce several toxin types simultaneously [2, 3, 4, 5]. Upon alimentary infection, the lethal dose is $LD_{50} = 4 \times 10^{-5}$ mg/kg.

One of the sources of poisoning is meat and meat products. *S. aureus* enterotoxins persist in meat food systems

лококка длительно сохраняются в мясных пищевых системах даже при отсутствии бактериальных клеток, что и предопределяет возможность возникновения токсикозов.

Энтеротоксины в мясном фарше, в сыром, а также в вареном мясе могут накапливаться за 14–16 ч при температуре 35–37 °С, в паштетах — за 10–12 ч, а в готовых кулинарных мясных изделиях при комнатной температуре хранения — за 3 ч.

Контаминация мяса микроорганизмами *Staphylococcus aureus* может произойти при жизни животных в результате перенесенных заболеваний.

При ветеринарно-санитарной экспертизе органов и тканей убойных животных могут быть выявлены единичные или множественные абсцессы в лимфоузлах, во внутренних органах и в мышечной ткани, которые обусловлены различными инфекционными болезнями животных, (актиномикоз, коринебактериоз, псевдотуберкулез, туберкулез, стафилококкоз и др.). Стафилококки выявляют из абсцессов поражающих органы и ткани: у крупного рогатого скота поражение составляет — 7 % от числа обследованных туш, у свиной — 4%, у овец — 13%.

Золотистый стафилококк является наиболее частым возбудителем стафилококкозов среди всех стафилококков и на его долю приходится от 9 до 89% случаев заболеваний [6].

При поступлении мясного сырья, со скрытыми внутренними абсцессами, может происходить контаминация фарша, предназначенного для производства мясных изделий. В случае производства вареных, варено-копченых колбас или консервов происходит инактивация патогенных и условно-патогенных микроорганизмов за счет тепловой обработки. В то время как, ферментированные изделия, технология которых не предусматривает высокого температурного воздействия, могут стать благоприятной средой для развития стафилококков и соответственно и причиной токсикозов.

Нормативная документация РФ не предусматривает исследования мяса на *S. aureus* и выявления энтеротоксина в готовой мясной продукции. Безопасность продукции, например сырокопченной, определяется достижением порогового уровня влаги на уровне 30% и отсутствием другого микроорганизма — *E. coli* в одном грамме продукта [7].

В зарубежной практике при производстве ферментированных колбас GMP существует алгоритм расчета времени ферментации по формуле

$$(T - 60^{\circ}\text{F}) \times H,$$

где T — температура созревания, °F; H — время процесса, ч; в течение которого достигается пороговая величина pH продукта, при которой *S. aureus* не образует энтеротоксинов.

Этот алгоритм определяет максимальное количество времени, при определенной температуре ферментации

for a long time even in the absence of the bacterial cells, which predetermines a possibility of toxicosis.

Enterotoxins in minced meat, raw and cooked meat can accumulate during 14–16 hours at a temperature of 35–37 °C, in pâtés during 10–12 hours and in ready culinary meat products during 3 hours at a room temperature.

Meat contamination with *S. aureus* can occur during animal life as a result of past diseases.

Upon veterinary-sanitary inspection of organs and tissues of slaughter animals, individual or multiple abscesses in the lymphatic nodes, in the internal organs and muscle tissue can be revealed, which are conditioned by various infectious diseases of animals (actinomycosis, corynebacteriosis, pseudotuberculosis, staphylococcosis and others). Staphylococci are isolated from abscesses that affect organs and tissues: in cattle, the lesions account for 7% of the inspected carcasses, in pigs for 4%, in sheep for 13%.

S. aureus is the most frequent infectious agent of staphylococcosis among all staphylococci and accounts for 9 to 89% cases of disease [6].

Upon entering meat raw material with hidden internal abscesses, contamination of minced meat intended for meat product manufacture can occur. In case of manufacturing cooked or cooked and smoked sausages, or canned foods, pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms are inactivated due to thermal treatment. However, fermented products, which technology does not stipulate an exposure to a high temperature, can become a favorable environment for staphylococcal development and, therefore, a cause of toxicosis.

The normative documentation of the RF does not stipulate meat analysis for *S. aureus* and detection of the enterotoxin in finished meat products. Product safety in fermented products, for example, is determined by reaching a threshold moisture level of 30% and the absence of *E. coli* in one gram of a product [7].

In foreign practice, when producing fermented sausages adhering to GMP, there is an algorithm for calculation of fermentation duration according to the equation

$$(T - 60^{\circ}\text{F}) \times H,$$

where T is a temperature of ageing, °F; H — process time, h, during which a product reaches the threshold pH value, at which *S. aureus* does not produce enterotoxins.

This algorithm determines maximum time at a specific sausage fermentation temperature, during which the pH

колбас, за которое рН продукта должно снизиться до значения 5,3. Это значение выражается в произведении «°F/часы». Температура в этой формуле определяется как разница между температурой созревания и «60°F» — нижней границей температуры, при которой возможно образование стафилококковых энтеротоксинов [8]. Так при соотношении «°F/часы», равном 1200 при температуре «75°F» время, за которое рН сырья должен снизиться до 5,3 составляет 80 ч, а для «°F/час», равном 900 при «110°F» это время составит 18 ч.

Известно, что критическим фактором экспрессии стафилококкового энтеротоксина, помимо рН, являются фазы роста стафилококковых клеток [9]. Наиболее интенсивно энтеротоксины накапливаются на стадии логарифмического роста, когда количество клеток достигает значения 10^6 – 10^8 КОЕ/г. При таких значениях КОЕ/г величина рН уже не оказывает лимитирующего воздействия на рост некоторых штаммов *S. aureus*.

Поэтому при производстве ферментированных мясных изделий необходимо контролировать количество *S. aureus* в мясе и стафилококкового энтеротоксина в готовых изделиях, особенно если процесс ферментации протекал при температурах выше 16 °C или имела место низкая скорость снижения рН. Поиск оптимальных условий предотвращения роста загрязнения продукции штамма *S. aureus* и последующего накопления энтеротоксинов является важнейшей задачей получения безопасной пищевой продукции.

Целью работы являлась разработка методики определения энтеротоксигенных стафилококков в мясном сырье, предназначенного для производства ферментированных колбас.

Материалы и методы

Для выбора наиболее оптимальных условий культивирования при выявлении *S. aureus* в продукции с высоким содержанием коагулазонегативных стафилококков (входящих в состав стартовых культур) было проведено исследование сначала на тест-штаммах, а затем на двух модельных мясных системах с естественным содержанием *S. aureus*, которые были отобраны в рамках предыдущей работы, описанной в статье [10].

Тест-штаммы были представлены смесью *S. aureus* и *S. carnosus* в соотношении 2×10^4 и 2×10^7 КОЕ/см³ соответственно. Исходные суспензии двух микроорганизмов были приготовлены с использованием стандарта мутности МакФарланда. После приготовления микробной смеси производили посев ее на поверхность маннитол солевого агара с желточной эмульсией (МСА) с помощью бактериальной петли объемом 5 мкл.

Модельные мясные системы были представлены измельченным мясным сырьем, подготовленным для производства сырокопченых колбас. Из навесок модельных мясных систем массой 25,0 г готовили первичные

value of a product should drop to 5.3. This value is expressed in °F/hours. The temperature in this equation is determined as a difference between an ageing temperature and 60°F, which is the lower temperature limit for production of staphylococcal enterotoxins [8]. For instance, at the °F/hours ratio equal to 1200 at a temperature of 75°F, the time for a reduction in raw material pH to 5.3 is 80 hours; this time is 18 hours when °F/hours is equal to 900 at 110°F.

It is known that a critical factor of staphylococcal enterotoxin expression besides pH is growth phases of staphylococcal cells [9]. Enterotoxins are accumulated more intensively at the stage of the logarithmic growth, when the numbers of cells reach 10^6 – 10^8 CFU/g. At such levels of CFU/g, a pH value does not have a limiting effect on growth of several *S. aureus* strains.

Therefore, in production of fermented meat products, it is necessary to control the number of *S. aureus* in meat and the staphylococcal enterotoxin in finished products, especially, when a fermentation process occurs at temperatures higher than 16 °C or at low rate of pH reduction. A search for optimal conditions for prevention of product contamination with *S. aureus* strains and subsequent accumulation of enterotoxins is the most important task in manufacturing safe food products.

The aim of this work was to develop a method for detection of the enterotoxigenic staphylococci in meat raw material intended for manufacturing fermented sausages.

Materials and methods

To choose the most optimal culturing conditions when detecting *S. aureus* in products with high content of coagulase-negative staphylococci (being constituents of starter cultures), a study was initially carried out on the test strains and then on two model meat systems with natural contamination levels of *S. aureus*, which were selected in the framework of the previous research described in [10].

The test strains were presented by a mixture of *S. aureus* and *S. carnosus* in a ratio of 2×10^4 and 2×10^7 CFU/cm³, respectively. The initial suspensions of two microorganisms were prepared using the McFarland standard. After preparation of the microbial mixture, it was inoculated onto the surface of Mannitol Salt Agar with egg yolk emulsion (MSA) using a bacterial loop with a volume of 5 µl.

The model meat systems were presented by minced meat raw material prepared for production of fermented sausages. The initial suspensions were prepared from the specimens of the model minced systems with a weight of

суспензии с последующей нейтрализацией. Навеска массой 25,0 г была взята с целью выявления малых количеств *S. aureus*. В качестве разбавителя использовали маннитол-солевой бульон (МСБ) с рН индикатором. Использование разбавителя с рН индикатором позволило избежать использования стерильных буферных систем. Был использован индикатор феноловый красный. Для нейтрализации исходной суспензии добавляли 1,0 М раствор гидроксида натрия (NaOH). Пересев с жидкой питательной среды (МСБ) на плотную среду (МСА) проводили только после изменения цвета культивируемой жидкости с малинового на желтый.

Посевы культивировали в аэробных и в анаэробных условиях при температуре 37 °С в течение 24–48 ч.

Колонии микроорганизмов с зоной лецитиназной активности, выросшие на МСА, были идентифицированы методом ПЦР в реальном времени. Амплификацию проводили на приборе ABI PRISM 7000 Applied Biosystems (США).

При постановке ПЦР использовали ген-специфичные праймеры на выявление энтеротоксинов типов: А, В, С, D и Е.

Выбранные праймеры были синтезированы ЗАО «Синтол, г. Москва» фосфоамитидным методом на синтезаторе ASM-102.

Анализ хромосомной и плазмидной ДНК объектов и поиск их нуклеотидных последовательностей проводили по генетической базе Национального центра биотехнологической информации США (National Center for Biotechnological Information, NCBI), которая находится в сети Интернет [11].

Анализ выбранных нуклеотидных последовательностей на варибельность и поиск консервативных участков, необходимых для выбора праймеров проводили с помощью компьютерных программ CLC Sequence Viewer и Primer Express 2 (Applied Biosystems, США). Специфичность выбранных праймеров анализировали с помощью интерактивной системы BLAST on-line [12].

В качестве отрицательного контроля системы использовали пробу не содержащую ДНК определяемых биологических объектов.

Результаты и обсуждение

При сравнении результатов роста на двух параллельных посевах (рисунок 1 и рисунок 2), установлено, что только при анаэробном культивировании рост *S. aureus* доминирует над ростом *S. carnosus* даже при исходном преобладании в смеси последнего. При аэробном культивировании происходит преобладание роста *S. carnosus*, что, в свою очередь затрудняет выявление *S. aureus*.

Результаты аналогичного исследования но уже модельной мясной системы представлены на рисунке 3 и рисунке 4.

Как видно из рисунка 3 и рисунка 4 при культивировании посевов в аэробных условиях, доминирующая микрофлора представлена коагулазоотрицатель-

25.0 g with subsequent neutralization. A specimen with a weight of 25.0 g was taken with the aim of detecting low numbers of *S. aureus*. The Mannitol Salt broth (MSB) with a pH indicator was used as a dilutant. The use of the dilutant with a pH indicator allowed us to avoid using sterile buffer systems. The indicator phenol red was used. For neutralization of the initial suspension, 1.0 M sodium hydroxide (NaOH) solution was added. A transfer from the liquid growth medium (MSB) to the solid growth medium (MSA) was carried out only after changing the color of the culture liquid from raspberry to yellow.

The plates were incubated in the aerobic and anaerobic conditions for 24–48 hours at a temperature of 37 °C.

The colonies of microorganisms grown on MSA and showing the zones of the lecithinase activity were identified by the real-time PCR method. Amplification was carried out using an apparatus ABI PRISM 7000 Applied Biosystems (USA).

In PCR, the gene-specific primers for detection of enterotoxins (types A, B, C, D and E) were used.

The chosen primers were synthesized by ZAO «Sintol» (Moscow) by phosphoamidite method on a synthesizer ASM-102.

An analysis of the chromosomal and plasmid DNA of the objects and a search for their nucleotide sequences were carried out using the genetic base of the National Center for Biotechnological Information (NCBI) via the Internet [11].

An analysis of the chosen nucleotide sequences for variability and a search for conservative regions that are necessary for selecting primers were performed using CLC Sequence Viewer and Primer Express 2 (Applied Biosystems, US). Specificity of the chosen primers was analyzed using the interactive system BLAST on-line [12].

A sample without DNA of the objects under investigation was used as a negative control.

Results and discussion

When comparing the results of growth on two parallel plates (Fig. 1 and Fig. 2), it was established that *S. aureus* growth dominated over *S. carnosus* growth only during anaerobic incubation even in case of initial domination of the latter in a mixture. During aerobic incubation, *S. carnosus* dominated, which, in turn, hindered detection of *S. aureus*.

Fig. 3 and Fig. 4 present the results of the similar investigation, but in this case with the use of the model meat system.

As can be seen from Fig. 3 and Fig. 4, upon aerobic incubation of the plates, the dominant microflora was presented by coagulase-negative staphylococci, namely,

ными стафилококками, а именно *S. carnosus*, которые были внесены в модельную мясную систему в качестве стартовой культуры (рисунок 3). Однако при анаэробном культивировании наблюдалось преобладание роста уже *S. aureus* (рисунок 4).

На основании полученных результатов, для выявления *S. aureus* из мясного сырья, предназначенного для производства ферментированной колбасы, рекомендуется проводить культивирование в строго анаэробных условиях.



Figure 1. Aerobic incubation of the mixed culture of *S. aureus* and *S. carnosus*

Рис. 1. Аэробное культивирование смешанной культуры *S. aureus* и *S. carnosus*

S. carnosus, which was inoculated in the model meat system as a starter culture (Fig. 3). However, during anaerobic incubation, domination of *S. aureus* growth was observed (Fig. 4).

On the basis of the obtained results, incubation in strictly anaerobic conditions is recommended in order to detect *S. aureus* from meat raw material intended for production of fermented sausages.

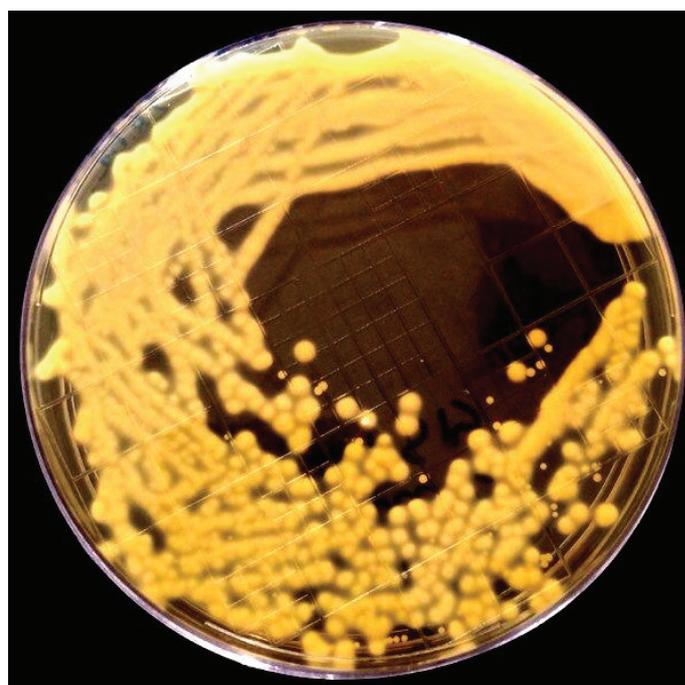


Figure 2. Anaerobic incubation of the mixed culture of *S. aureus* and *S. carnosus*

Рис. 2. Анаэробное культивирование смешанной культуры *S. aureus* и *S. carnosus*



Figure 3. Aerobic incubation of microorganisms on MSA

Рис. 3. Аэробное культивирование на МСА микроорганизмов

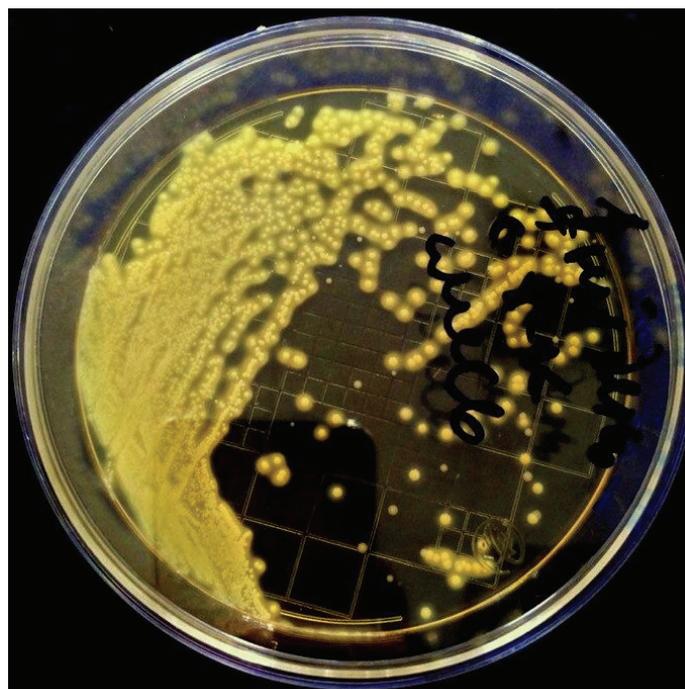


Figure 4. Anaerobic incubation of microorganisms on MSA

Рис. 4. Анаэробное культивирование на МСА микроорганизмов

Для идентификации энтеротоксигенности выявленных стафилококков были найдены и изучены консервативные участки последовательностей генов-мишеней *S. aureus*, отвечающие за выработку различных видов энтеротоксинов (А, В, Е, С, D). Также сконструированы короткие фрагменты нуклеиновой кислоты (праймеры), соответствующие этим выявленным генам.

В результате идентификации методом ПЦР было установлено, что 2 выявленных штамма *S. aureus* являлись энтеротоксигенными. Один из них продуцировал токсины типа А и Е (штамм NG1), а второй — токсины типа С и Е (штамм NG2).

Кривые амплификации и плавления ДНК двух энтеротоксигенных штаммов *S. aureus* NG1 и NG2, представлены на рисунках 5–8.

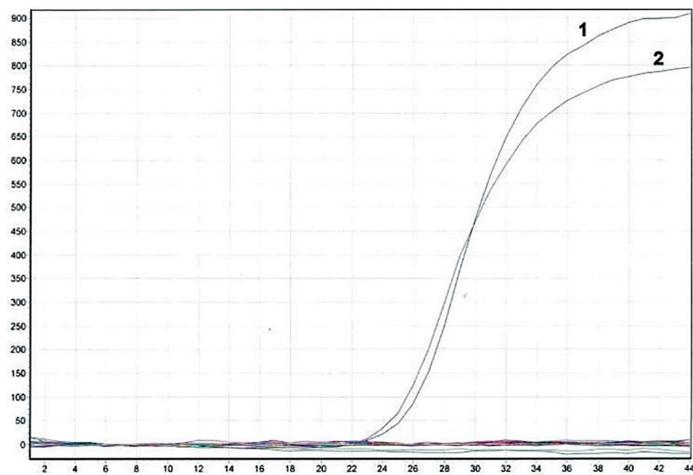


Fig 5. DNA amplification curves for enterotoxigenic *S. aureus* strain NG1: 1 — positive reaction on the enterotoxin A gene; 2 — positive reaction on the enterotoxin E gene; 3 — negative control

Рис. 5. Кривые амплификации ДНК энтеротоксигенного штамма *S. aureus* NG1: 1 — положительная реакция на ген энтеротоксина А; 2 — положительная реакция на ген энтеротоксина Е; 3 — отрицательный контроль

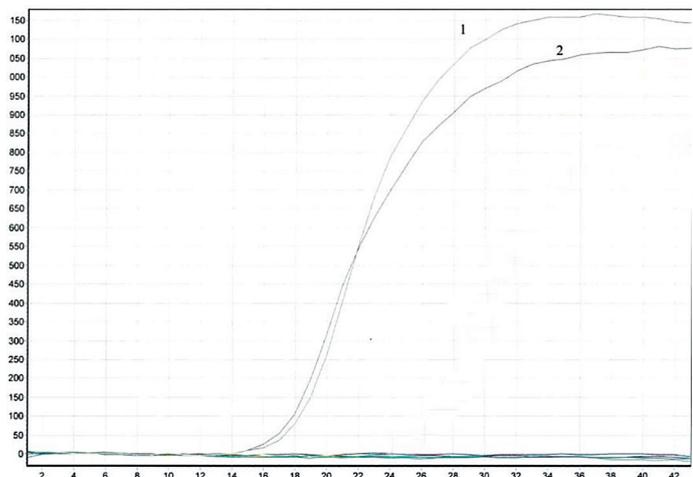


Fig 7. DNA amplification curves for enterotoxigenic *S. aureus* strain NG2: 1 — positive reaction on enterotoxin C gene; 2 — positive reaction on enterotoxin E gene; 3 — negative control

Рис. 7. Кривые амплификации ДНК энтеротоксигенного штамма *S. aureus* NG2: 1 — положительная реакция на ген энтеротоксина С; 2 — положительная реакция на ген энтеротоксина Е

To identify enterotoxigenicity of the isolated staphylococci, the conservative regions of the *S. aureus* target gene sequences, which were responsible for production of different types of enterotoxins (A, B, E, C, D), were found and studied. In addition, the short fragments of a nucleic acid (primers) corresponding to these revealed genes were constructed.

As a result of identification by the PCR method, it was established that two isolated *S. aureus* strains were enterotoxigenic. One of them produced the toxins type A and E (strain NG1), the second produced the toxins type C and E (strain NG2).

The DNA amplification and melting curves for two enterotoxigenic *S. aureus* strains NG1 and NG2 are presented in Fig. 5–8.

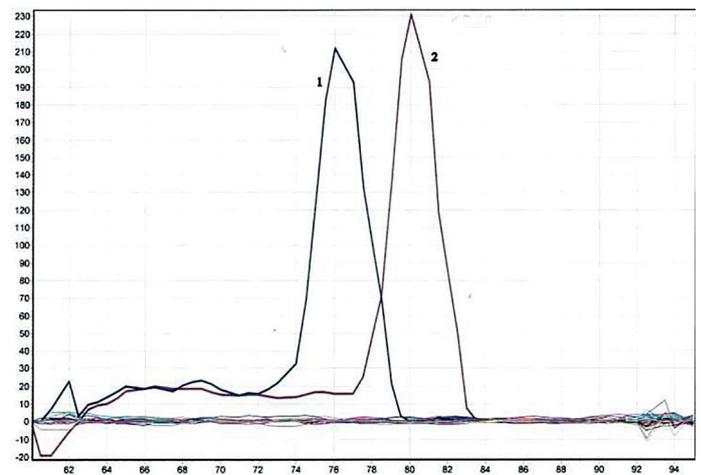


Fig 6. DNA melting curves for enterotoxigenic *S. aureus* strain NG1: 1 — positive reaction on the enterotoxin A gene; 2 — positive reaction on the enterotoxin E gene; 3 — negative control

Рис. 6. Кривые плавления ДНК энтеротоксигенного штамма *S. aureus* NG1: 1 — положительная реакция на ген энтеротоксина А; 2 — положительная реакция на ген энтеротоксина Е; 3 — отрицательный контроль

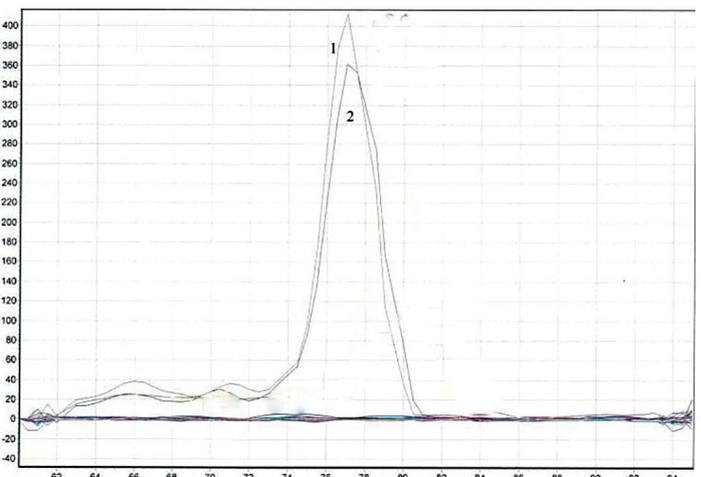


Fig 8. DNA melting curves for enterotoxigenic *S. aureus* strain NG2: 1 — positive reaction on enterotoxin C gene; 2 — positive reaction on enterotoxin E gene; 3 — negative control

Рис. 8. Кривые плавления ДНК штамма *S. aureus* NG2: 1 — положительная реакция на ген энтеротоксина С; 2 — положительная реакция на ген энтеротоксина Е

Успешность амплификации с подобранными праймерами для идентификации генов энтеротоксинов типа А, С и Е представлена на рис. 5 и 7, специфичность реакции подтверждена кривыми плавления, представленных на рис. 6 и 8. На кривых плавления видны два четко выраженных пика, которые соответствуют температурам отжига праймеров на участках генов энтеротоксинов типа А и Е — $76 \pm 1^\circ\text{C}$ и $80 \pm 1^\circ\text{C}$ соответственно, а энтеротоксина типа С — $79 \pm 1^\circ\text{C}$, что совпало с теоретическим расчетом по данным ампликонам.

В результате проведенных исследований было установлено, что оба выделенных штамма являлись мультитоксигенными, т.е. содержали в своем геноме помимо гена энтеротоксина Е, один штамм еще ген энтеротоксина А (штамм NG1), а второй — ген энтеротоксина С (штамм NG2).

Данная проблема актуальна в мире и поэтому ведутся исследования в этом направлении. Например, в Словакии из 43 штаммов стафилококков, выделенных из различных пищевых продуктов, 15 штаммов (34,88%) оказались энтеротоксигенными и 7 (16,28%) из них содержали энтеротоксин типа А [13]. Оценка 444 образцов мяса, проведенная в Японии показала, что в 65,8% образцах были обнаружены *S. aureus* из которых 17,9 % штаммов продуцировали энтеротоксин только типа А, 2,6% штаммов — типы А + В и 2,6% штаммов — А + С энтеротоксины [14].

Таким образом, есть риск использования мяса с энтеротоксигенными штаммами *S. aureus* при выработке сырокопченых колбас, что чревато образованием и накоплением в них токсинов. Как известно, стафилококковые энтеротоксины являются термостабильными и инактивируются при кипячении только через 2,5–3,0 часа, а при автоклавировании при 120°C в течение 20 мин.

Результаты исследований по оптимизации условий культивирования показали, что анаэробные условия культивирования посевов позволяют увеличить селективность и специфичность селективной обогатительной среды (МСБ) и селективной среды для выделения (МСА) *S. aureus*, что позволит выявить *S. aureus* из продукции изготовленной с применением стартовых культур, имеющих в своем составе коагулазонегативные стафилококки.

Также нами были разработаны праймеры, позволяющие методом ПЦР идентифицировать энтеротоксигенные *S. aureus*. Чувствительность и специфичность метода ПЦР в реальном времени позволяет проводить не только идентификацию чистых культур, но и скрининг энтеротоксигенных штаммов в продукте с определением типа продуцируемого им токсина. Это подтверждается и в работах других исследователей, которые подтверждают что метод ПЦР может лишь подтвердить наличие в продукте энтеротоксигенных штаммов, но не определять нали-

Successful amplification with the selected primers for identification of the enterotoxin A, C and E genes is presented in Fig. 5 and Fig. 7; specificity of the reaction is proved by the melting curves presented in Fig. 6 and Fig. 8. In the melting curves, two clearly pronounced peaks can be seen, which correspond to the primer annealing temperatures at the sites of the genes for enterotoxins type A and E ($76 \pm 1^\circ\text{C}$ and $80 \pm 1^\circ\text{C}$, respectively) and enterotoxin type C ($79 \pm 1^\circ\text{C}$), which coincides with the theoretical calculations for these amplicons.

As a result of the performed research, it was established that both isolated strains were multitoxigenic; that is, they contained in their genome the enterotoxin A gene (strain NG1) and the enterotoxin C gene (strain NG2) in addition to enterotoxin E gene.

This problem is topical worldwide and, therefore, the studies are carried out in this field. For example, in Slovakia, among 43 staphylococcal strains isolated from different foods, 15 strains (34.88%) were enterotoxigenic and 7 (16.28%) of them contained enterotoxin type A [13]. An analysis of the 444 meat samples performed in Japan showed that 65.8% of samples contained *S. aureus*, of which 17.9% strains produced enterotoxin type A, 2.6% strains produced enterotoxin types A + B and 2.6% strains produced enterotoxin types A + C [14].

Thus, there is a risk of using meat with enterotoxigenic strains of *S. aureus* when manufacturing fermented sausages, which can result in production and accumulation of toxins in these products. It is known that staphylococcal enterotoxins are heat-stable and are inactivated upon boiling only after 2.5–3.0 hours and when autoclaving at 120°C during 20 min.

The results of the study on optimization of the incubation conditions demonstrated that anaerobic incubation conditions allow increasing selectivity and specificity of the selective enrichment medium (MSB) and selective medium for isolation (MSA), which allows isolation of *S. aureus* from products manufactured with the use of starter cultures having coagulase-negative staphylococci in their composition.

We also designed primers that allowed identification of enterotoxigenic *S. aureus* by the PCR method. The sensitivity and specificity of the real-time PCR method make it possible not only to identify pure cultures but to screen enterotoxigenic strains in a product with determination of an enterotoxin type produced by them. This is also confirmed by the works of other researchers, who proved that the PCR method can only confirm the presence of enterotoxigenic strains in a product, but does not detect the pres-

чие токсина [15]. Для определения токсинов используют ИФА тест-системы. Приборное обеспечение для проведения ИФА это прибор miniVidas (фирмы Биомерье, Франция).

Обозначив риски при производстве сырокопченых колбас и предложив методы их контроля, рекомендуем ввести в программу производственного контроля следующие показатели: энтеротоксигенные *S. aureus* в мясном сырье и стафилококковые энтеротоксины в готовой продукции.

Выводы

Для идентификации энтеротоксигенности выявленных стафилококков были найдены и изучены консервативные участки последовательностей генов-мишеней *S. aureus*, отвечающие за выработку различных видов энтеротоксинов (A, B, E, C, D). Также сконструированы короткие фрагменты нуклеиновой кислоты (праймеры), соответствующие этим выявленным генам.

В результате идентификации было установлено, что 2 выявленных штамма *S. aureus* являлись энтеротоксигенными. Один из них продуцировал токсины типа А и Е (штамм NG1), а второй — токсины типа С и Е (штамм NG2).

Из-за существующих технологических рисков при производстве сырокопченых колбас необходимо обновить критерии безопасности и ввести их в программу производственного контроля.

ence of a toxin [15]. To detect toxins ELISA test-systems are used. The instrumentation for performing ELISA is an apparatus miniVidas (bioMérieux, France).

After identifying the risks in fermented sausage manufacture and proposing the methods of their control, we recommend introducing the following indicators in the program of the production control: enterotoxigenic *S. aureus* in meat raw material and staphylococcal enterotoxins in finished products.

Conclusions

To identify enterotoxigenicity of the isolated staphylococci, the conservative regions of the *S. aureus* target gene sequences, which are responsible for production of different types of enterotoxins (A, B, E, C, D), were found and studied. In addition, the short fragments of a nucleic acid (primers) corresponding to these revealed genes were constructed.

As a result of the identification by PCR method, it was established that two isolated *S. aureus* strains were enterotoxigenic. One of them produced toxins type A and E (strain NG1), the second produced toxins type C and E (strain NG2).

Due to the existing technological risks in fermented sausage manufacture, it is necessary to renew the safety criteria and introduce them into the program of the production control.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sarkar A.A. Antimicrobial resistance and virulence markers in methicillin sensitive *Staphylococcus aureus* isolates associated with nasal colonization // A. Sarkar, A. Raji, G. Garaween, O. Soge, J. Rey-Ladino, W. Al-Kattan, A. Shibl, A. Senok — *Microbial Pathogenesis*. — 2016. — V. 93. — № 4. — P. 8–12.
2. Cremonesi P. Genomic characteristics of *Staphylococcus aureus* strains associated with high within-herd prevalence of intramammary infections in dairy cows // P. Cremonesi, F. Pozzi, M. Raschetti, G. Bignoli, E. Capra, H.U. Graber, F. Vezzoli, R. Piccinini, B. Bertasi, S. Biffani, B. Castiglioni, M. Luini — *Journal of Dairy Science*. — 2015. — V. 98. — № 10. — P. 6828–6838.
3. Bar-Gal G.K. Host-specificity of *Staphylococcus aureus* causing intramammary infections in dairy animals assessed by genotyping and virulence genes // G.K. Bar-Gal, S.E. Blum, L. Hadas, R. Ehrlich, S. Monecke, G. Leitner — *Veterinary Microbiology*. — 2015. — V. 176. — № 1–2. — P. 143–154.
4. Budd K.E. Lineage associated expression of virulence traits in bovine-adapted *Staphylococcus aureus* // K.E. Budd, J. Mitchell, O.M. Keane — *Veterinary Microbiology*. — 2016. — V. 189. — № 6. — P. 24–31.
5. Bardiau M., Caplin J., Detilleux J., Graber H., Moroni P., Taminiau B., Mainil J.G. Existence of two groups of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine mastitis based on biofilm formation, intracellular survival, capsular profile and agr-typing // M. Bardiau, J. Caplin, J. Detilleux, H. Graber, P. Moroni, B. Taminiau, J.G. Mainil — *Veterinary Microbiology*. — 2016. — V. 185. — № 3. — P. 1–6.
6. Lundberg A. Udder infections with *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus dysgalactiae*, and *Streptococcus uberis* at calving in dairy herds with suboptimal udder health // A. Lundberg, A.K. Nyman, A. Aspan, S. Borjesson, H.E. Unnerstad, K.P. — *Waller Journal of Dairy Science*. — 2016. — V. 99. — № 3. — P. 2102–2117.
7. Monecke S. Genotyping of *Staphylococcus aureus* isolates from diseased poultry // S. Monecke, A. Ruppelt, S. Wendlandt, S. Schwarz, P. Slickers, R. Ehrlich, S.C. de Jäckel — *Veterinary Microbiology*. — 2013. — V. 162. — № 2–4. — P. 806–812.

REFERENCES

1. Sarkar A.A. Antimicrobial resistance and virulence markers in methicillin sensitive *Staphylococcus aureus* isolates associated with nasal colonization // A. Sarkar, A. Raji, G. Garaween, O. Soge, J. Rey-Ladino, W. Al-Kattan, A. Shibl, A. Senok — *Microbial Pathogenesis*. — 2016. — V. 93. — № 4. — P. 8–12.
2. Cremonesi P. Genomic characteristics of *Staphylococcus aureus* strains associated with high within-herd prevalence of intramammary infections in dairy cows // P. Cremonesi, F. Pozzi, M. Raschetti, G. Bignoli, E. Capra, H.U. Graber, F. Vezzoli, R. Piccinini, B. Bertasi, S. Biffani, B. Castiglioni, M. Luini — *Journal of Dairy Science*. — 2015. — V. 98. — № 10. — P. 6828–6838.
3. Bar-Gal G.K. Host-specificity of *Staphylococcus aureus* causing intramammary infections in dairy animals assessed by genotyping and virulence genes // G.K. Bar-Gal, S.E. Blum, L. Hadas, R. Ehrlich, S. Monecke, G. Leitner — *Veterinary Microbiology*. — 2015. — V. 176. — № 1–2. — P. 143–154.
4. Budd K.E. Lineage associated expression of virulence traits in bovine-adapted *Staphylococcus aureus* // K.E. Budd, J. Mitchell, O.M. Keane — *Veterinary Microbiology*. — 2016. — V. 189. — № 6. — P. 24–31.
5. Bardiau M., Caplin J., Detilleux J., Graber H., Moroni P., Taminiau B., Mainil J.G. Existence of two groups of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine mastitis based on biofilm formation, intracellular survival, capsular profile and agr-typing // M. Bardiau, J. Caplin, J. Detilleux, H. Graber, P. Moroni, B. Taminiau, J.G. Mainil — *Veterinary Microbiology*. — 2016. — V. 185. — № 3. — P. 1–6.
6. Lundberg A. Udder infections with *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus dysgalactiae*, and *Streptococcus uberis* at calving in dairy herds with suboptimal udder health // A. Lundberg, A.K. Nyman, A. Aspan, S. Borjesson, H.E. Unnerstad, K.P. — *Waller Journal of Dairy Science*. — 2016. — V. 99. — № 3. — P. 2102–2117.
7. Monecke S. Genotyping of *Staphylococcus aureus* isolates from diseased poultry // S. Monecke, A. Ruppelt, S. Wendlandt, S. Schwarz, P. Slickers, R. Ehrlich, S.C. de Jäckel — *Veterinary Microbiology*. — 2013. — V. 162. — № 2–4. — P. 806–812.

8. Marianski A. Meat Smoking and smokehouse design // A. Marianski, R. Marianski, S. Marianski. — British Columbia: English. Publisher. Bookmagic, LLC. — 2009. — P. 324.
9. Marianski A. The art of making fermented sausages // A. Marianski, S. Marianski — Grand Rapids, MI, United States, 2010. — P. 272.
10. Минаев М.Ю., Батаева Д.С., Еремцова А.А. Технологические риски при производстве сухих сырокопченых колбас // Мясная индустрия. — 2015. — № 12. — С. 24–28.
11. <http://ncbi.nlm.nih.gov/>.
12. Электронный ресурс www.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.
13. Holeckova B., Holoda E., Fotta M., Kalinacova V., Gondol J., Grolmus J. Occurrence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in food. *Ann Agric Environ Med.* 2002; 9(2): 179–82.
14. Kitai S., Shimizu A., Kawano J., Sato E., Nakano C., Kitagawa H., et al. Prevalence and characterization of *Staphylococcus aureus* and enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in retail raw chicken meat throughout Japan. *J Vet Med Sci.* 2005; 67(3): 269–74.
15. Imani F.A., Iman I.D., Hosseini D.R., Karami A., Marashi S.M. Design of a multiplex PCR method for detection of toxigenic-pathogenic in *Vibrio cholerae*. *Asian Pac J Trop Med.* 2013; 6(2): 115–8.

8. Marianski A. Meat Smoking and smokehouse design // A. Marianski, R. Marianski, S. Marianski. — British Columbia: English. Publisher. Bookmagic, LLC. — 2009. — P. 324.
9. Marianski A. The art of making fermented sausages // A. Marianski, S. Marianski — Grand Rapids, MI, United States, 2010. — P. 272.
10. Minaev M.Yu., Bataeva D.S., Eremtsova A.A. Technological risks in production of dry fermented sausages // *Meat industry.* — 2015. — № 12. — P. 24–28.
11. <http://ncbi.nlm.nih.gov/>.
12. Electronic resource www.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.
13. Holeckova B., Holoda E., Fotta M., Kalinacova V., Gondol J., Grolmus J. Occurrence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in food. *Ann Agric Environ Med.* 2002; 9(2): 179–82.
14. Kitai S., Shimizu A., Kawano J., Sato E., Nakano C., Kitagawa H., et al. Prevalence and characterization of *Staphylococcus aureus* and enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in retail raw chicken meat throughout Japan. *J Vet Med Sci.* 2005; 67(3): 269–74.
15. Imani F.A., Iman I.D., Hosseini D.R., Karami A., Marashi S.M. Design of a multiplex PCR method for detection of toxigenic-pathogenic in *Vibrio cholerae*. *Asian Pac J Trop Med.* 2013; 6(2): 115–8.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Батаева Дагмара Султановна — кандидат технических наук, доцент, руководитель направления микробиологии, ведущий научный сотрудник лаборатории «Гигиена производства и микробиология», Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: 8-495-676-60-11
E-mail: b.dagmara@inbox.ru

Минаев Михаил Юрьевич — кандидат технических наук, руководитель ПЦР направления, ведущий научный сотрудник лаборатории «Гигиена производства и микробиология», Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: 8-495-676-60-11
E-mail: mminaev@inbox.ru

Махова Анжелика Александровна — младший научный сотрудник лаборатории «Гигиена производства и микробиологии», Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова
109316 г. Москва, ул. Талалихина 26,
Тел.: 8-495-676-60-11
E-mail: aeremtsova@gmail.com

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат
Батаева Д.С. разрабатывала научно-методические подходы к проведению работ, определяла объем исследований, анализировала полученные данные, выполняла описательную часть и корректировала после подачи в редакцию
Минаев М.Ю. разрабатывал научно-методические подходы к проведению работ, определяла объем исследований, анализировала полученные данные
Махова А.А. отбирала объекты исследования, выполняла исследование.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 25.10.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Bataeva Dagmara Sultanovna — candidate of technical sciences, docent, Head of the Direction of Microbiology, leading scientific worker of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology», The V.M. Gorbato All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-60-11
E-mail: mminaev@inbox.ru

Minaev Mikhail Yur'evich — candidate of technical sciences, Head of the Direction of PCR, leading scientific worker of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology», The V.M. Gorbato All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-60-11
E-mail: mminaev@inbox.ru

Makhova Anzhelika Alexandrovna — junior researcher of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology», The V.M. Gorbato All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-60-11
E-mail: aeremtsova@gmail.com

Contribution

Authors equally contributed to the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism
Bataeva D.S. designed the scientific approaches to performing work, estimated the volume of investigation, analyzed the obtained data, did the descriptive part of the work and made corrections after submission to the editing office.
Minaev M.Yu. designed the scientific approaches to performing work, estimated the volume of investigation, analyzed the obtained data
Makhova A.A. selected the subjects of investigation and carried out the experiments.

Conflict of interest

The authors declares no conflict of interest.

Received 25.10.2016

NEW MEAT PRODUCTS WITH IMMUNOMODULATORY EFFECT CREATION METHOD

АЛГОРИТМ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ВИДОВ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Kaltovich I.V., Dymar O.V.

Institute For Meat And Dairy Industry, Minsk, Belarus

Ключевые слова: мясные продукты иммуномодулирующей направленности, алгоритм создания, обогащение, мясное сырье, функциональные ингредиенты, особенности маркировки.

Keywords: meat products with immunomodulatory effect, creation method, fortification, meat raw materials, functional ingredients, labeling peculiarities.

Аннотация

Впервые разработан алгоритм создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности, отражающая отличительные особенности технологических этапов производства данных мясных изделий, включая вопросы подбора основного и вспомогательного сырья, особенности разработки рецептур и технологий производства, требования законодательства к их маркировке и т.д. Установлен перечень перспективных видов мясного сырья для изготовления продуктов иммуномодулирующей направленности — говядина, свинина, крольчатина, мясо цыплят-бройлеров, индейка, телятина, мясо страусов, которые отличаются высоким содержанием белка (14,3–21,7 %), низким содержанием жира (1,2–16,1 %), за исключением свинины (33,3 %), высокими значениями минимальных аминокислотных скоров (90,0–104,0 %), белкового качественного показателя (0,91–1,64), индекса незаменимых аминокислот (1,16–1,25), коэффициентов утилитарности аминокислотного состава (0,72–0,86), приближенным к оптимальному жирнокислотным составом, содержат значительное количество витаминов и минеральных веществ, играющих важную роль для повышения иммунитета. Определено, что в составе мясных продуктов иммуномодулирующей направленности в качестве функциональных ингредиентов рекомендуется использовать аминокислоты (валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, треонин, триптофан, метионин, лизин, аргинин, гистидин), витамины (С, Е, группы В (В₂, В₁₂, РР и др.), Р (комплекс биофлавоноидов), Н, К), минеральные вещества (кальций, магний, железо, медь, цинк, марганец, селен), полиненасыщенные жирные кислоты ω₃ и ω₆, витаминоподобные вещества (L-карнитин и коэнзим Q10), полисахариды и пептиды природного происхождения, каротиноиды (сqualen, β-каротин), имбирь, грибы шиитаке, пробиотики и пребиотики, глутатион, индол и ликопины, биофлавоноиды, L-аргинин, N-ацетилцистеин, гель из морской водоросли «Ламифарэн». Использование разработанного алгоритма создания мясных продуктов иммуномодулирующей направленности технологами мясоперерабатывающих предприятий позволит сформировать единый научно обоснованный подход при разработке, постановке на производство и организации промышленного выпуска новых видов мясных продуктов функционального назначения, тем самым гарантируя соответствие показателей качества и безопасности инновационных изделий требованиям законодательства, предъявляемым к мясным продуктам, что позволит обеспечить население высококачественными мясными изделиями,

Abstract

New meat products with immunomodulatory effect creation method reflecting differential characteristics of technological stages of manufacture of those types of meat products, including issues on the selection of primary and secondary raw materials, guidelines for development of formulations and production technologies, legislative requirements towards its labeling, etc, has been developed for the first time. A list of prospective meat raw materials for the manufacture of products with immunomodulatory effect was established: beef, pork, rabbit meat, broiler chicken meat, turkey, veal, ostrich meat, which have high content of protein (14,3–21,7%), low content of fat (1,2–16,1%), excluding pork (33,3%), high levels of minimum amino-acid score (90,0–104,0%), protein quality indicator (0,91–1,64), essential amino acid index (1,16–1,25), coefficient of utility of amino acid content (0,72–0,86) and close to optimum fatty acid content, and also contain a great number of vitamins and minerals which play a significant role for immunity improvement. It was determined that the following functional ingredients are recommended to use: amino acids (valine, leucine, isoleucine, methionine, threonine, arginine, tryptophan, lysine, histidin, phenylalanyl), vitamins and provitamins (C, E, beta-carotene, B vitamins (B₂, B₁₂, PP, etc.), P (bioflavonoid complex), H, K), minerals (calcium, magnesium, iron, cuprum, zinc, manganese, selenium), polyunsaturated fatty acids omega-3 and omega-6, pseudo-vitamins (L-carnitin, coenzyme Q10), polysaccharides and peptides naturally occurring (squalen, B-Carotene), ginger, shiitake mushrooms, probiotics and prebiotics, glutathione, indole and lycopenes, bioflavonoids, L-arginine, N-acetylcysteine, gel from seaweed «Lamifaren». The use of the developed meat products with immunomodulatory effect creation method by process engineers of meat processing factories will allow them to form a single scientifically grounded approach during the development, launching into manufacture and organization of industrial manufacture of functional meat products, ensuring the compliance of quality and safety indicators of innovative products with legislative requirements, applied to meat products, taking into account nutritional

учитывающими особенности питания для повышения иммунитета и содержащими сбалансированный набор функциональных ингредиентов иммуномодулирующей направленности, употребление которых благоприятно отразится на укреплении здоровья нации.

Введение

В последние годы наблюдается снижение иммунитета населения, в том числе детей различных возрастных групп, поскольку на иммунную систему современного человека оказывают отрицательное влияние различные факторы: неблагоприятная экологическая обстановка, несбалансированное нерациональное питание, недостаток сна, стрессы и др. Как известно, грипп и ОРВИ могут давать осложнения на органы дыхания и сердца, в т.ч. приводить к миокардитам, которые трудно поддаются лечению и способствуют высокой степени инвалидизации населения. Вирусные заболевания также опасны для людей, имеющих хронические заболевания сердечно-сосудистой системы (ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия) [1–3].

Способность иммунной системы справляться со своими функциями зависит от многих факторов, однако одним из важнейших составляющих здорового образа жизни является питание. Важно, чтобы человек вводил в ежедневный рацион питания те продукты, которые больше всего способствуют нормальной деятельности иммунной системы. Международные исследования не оставляют ни малейшего сомнения в том факте, что различные составляющие питания относятся к важнейшим основам создания сильной, функциональной иммунной системы [1; 4–9].

В связи с вышесказанным, в настоящее время существует необходимость разработки новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности, употребление которых будет способствовать повышению иммунитета населения, а также алгоритмов создания данных мясных изделий, что позволит сформировать единый научно обоснованный подход при разработке, постановке на производство и организации промышленного выпуска высококачественных мясных продуктов функционального назначения.

Цель данной работы — разработка алгоритма создания мясных изделий иммуномодулирующей направленности, отражающего отличительные особенности технологических этапов производства данных видов мясных изделий, включая вопросы подбора основного и вспомогательного сырья, рекомендации по разработке рецептур и технологий производства, требования законодательства к их маркировке и т.д.

Материалы и методы

В качестве материалов исследований использована патентная и научно-техническая информация, а также нормативная документация в области производства мясных продуктов иммуномодулирующей направленности.

habits and containing a well-balanced set of functional ingredients with immunomodulatory effect, the consumption of which will promote immunity improvement that will positively affect health promotion.

Introduction

In recent years there has been a decrease in immunity of the population, including children of different age groups, since various factors affect negatively immune system of a modern man: unfavorable environment situation, unbalanced and irregular nutrition, lack of sleep, stresses, etc. As it is known, influenza and ARVI can develop respiratory organs and heart disease complications and also can cause myocarditis, which is difficult to cure and promote high level of disablement of population. Virus diseases are also dangerous to people having chronic cardiovascular diseases (atherosclerotic cardiovascular disease, arterial hypertension) [2, 6].

The ability of immune system to cope with its functions depends on many factors. However, one of the most important parts of healthy lifestyle is healthy nutrition. It is important that a man includes in its ration products that promote normal activity of immune system. International studies have no doubt that different parts of nutrition are related to the most important foundations for the creation of strong functional immune system.

It may therefore be concluded that nowadays there is a necessity to develop new meat products with immunomodulatory effect, consumption of which will promote immunity improvement of the population, and also to develop new meat products with immunomodulatory effect creation method which will allow them to form a single scientifically grounded approach during the development, launching into manufacture and organization of industrial manufacture of high quality functional meat products.

Objective — the development of meat products with immunomodulatory effect creation method reflecting differential characteristic of technological stages of manufacture of those types of meat products, including issues on the selection of primary and secondary raw materials, guidelines for development of formulations and production technologies, legislative requirements towards its labeling, etc.

Materials and methods

Patent and scientific and technical information, regulatory documents regarding manufacture of food products with immunomodulatory effect were used as research materials.

Methods of research — analysis of the information on the manufacture of meat products with immunomodulatory effect and the synthesis of manufacture method of creation of those products.

Методы исследований — эвристический, аналитический, синтетический.

Результаты и обсуждение

С целью разработки алгоритма создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности провели анализ патентной и научно-технической информации, а также нормативной документации в области производства данных изделий. Установлено, что в настоящее время в литературных источниках достаточно широко освещены вопросы влияния полноценного питания, в т.ч. различных пищевых микронутриентов, на повышение иммунитета. Так, Синяков А.Ф. [4] описывает роль витаминов, фитонцидов, растительных адаптогенов, меда и прополиса для укрепления иммунитета, а также приводит рецепты салатов, супов, вторых блюд, напитков, соков, витаминных чаев.

В работе [6] показано влияние различных адаптогенов (экстракта элеутерококка, родиолы розовой, аралии маньчжурской и др.), витаминов С, Е, А, группы В, провитамина А (β -каротин), минеральных веществ (цинка, железа, магния, селена, меди, калия), фитонцидов и меда на повышение иммунитета и приводятся рецепты витаминных салатов, напитков и соков.

А. Фокс [10] описывает роль витаминов и минеральных веществ, продуктов, богатых клетчаткой, петрушки, фруктов и овощей, круп, бобовых, рыбы, мяса (куриного), молочных продуктов, орехов и семечек, специй для повышения иммунитета и дает рекомендации по их употреблению. В издании также представлены меню и рецепты иммунной программы — овощные блюда, салаты, рыба, блюда из курицы и круп, супы, заправки для сырых и вареных овощей и салатов. Приводится перечень продуктов, богатых питательными веществами (β -каротином, витамином А, группы В, холином, инозитолом и др.), описываются механизмы действия витаминов и минералов на укрепление иммунной системы.

И. Хофман и А. Хильгерс [5] помимо витаминов и минеральных веществ уделяют большую роль таким важным компонентам питания для повышения иммунитета как грибы шиитаке, N-ацетилцистеин, L-аргинин, сквален, индол и ликопины, глутатион.

Большую роль в коррекции нарушений в системе иммунитета и гемостаза полисахаридам и пептидам природного происхождения отводит Кузнецова Т.А. [2], а Зорина В.В. [11] приводит описание роли лактобактерий в модуляции факторов иммунитета.

В работе Мокеевой Е.Г. [3] отводится важная роль для повышения иммунитета таким компонентам, как белок, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины С, А, Е, группы В, магний, кальций, железо, цинк, медь, марганец, селен. Описание вышеперечисленных минеральных веществ для укрепления иммунитета также приводится в работе Михайловой О.В. [12].

Research methods — heuristic, analytical, synthetic.

Results and discussion

In order to develop new meat products with immunomodulatory effect, an analysis of the patent and scientific and technical information, as well as regulatory documents in the field of manufacture of these products was conducted. It is established that at the present time literature widely covers issues of the impact of adequate nutrition, including various food micronutrients on immunity improvement. Thus, Sinjakov A.F. [4] describes the role of vitamins, phytoncides, herbal adaptogens, honey and propolis for the improvement of the immune system, as well as recipes of salads, soups, main dishes, drinks, juices, vitamin teas.

The scientific work [6] shows the effect of various adaptogens (eleuterococcus extract, rhodiola rosea, manchuarian aralia, etc.), vitamins C, E, A, B-group, pro-vitamin A (β -carotene), minerals (zinc, iron, magnesium, selenium, cuprum, potassium), phytoncide and honey on the improvement of the immune system; and recipes of vitamin salads, drinks and juices are described.

A. Fox [10] describes the role of vitamins and minerals, high fiber foods, parsley, fruit and vegetables, cereals, legumes, fish, poultry (chicken), dairy products, nuts and seeds and spices for improvement of the immune system and gives recommendations for their consumption. The publication also provides menus and recipes of the immune program — vegetable dishes, salads, fish, chicken dishes and cereals, soups, dressings for salads and fresh and cooked vegetables. A list of foods rich in nutrients (β -carotene, vitamin A, B-group, choline, inositol, etc.) is provided, modes of action of vitamins and minerals for the improvement of the immune system are described.

J. Hoffmann and A. Hilgers [5] in addition to vitamins and minerals give a greater role to such important food components for immunity improvement as shiitake mushrooms, N-acetylcysteine, L-arginine, squalene, indole and lycopene, glutathione.

Kuznetsova T.A. [2] assigns an important role in the correction of immune system disorders and hemostasis to polysaccharides and peptides of natural origin; and Zorin V.V. [11] provides a description of the role of lactic acid bacteria in the modulation of factors of immunity.

Mokeyeva E.G. [3] assigns an important role for immunity improvement to components such as protein, polyunsaturated fatty acids, vitamins C, A, E and B-group, magnesium, calcium, iron, zinc, cuprum, manganese, selenium. The description of the above-mentioned minerals to boost the immune system is also provided by Mikhailova O.V. [12].

Вместе с тем, несмотря на значительное количество литературных источников, описывающих важные микронутриенты для повышения иммунитета, в настоящее время отсутствует единый методологический подход к созданию мясных продуктов иммуномодулирующей направленности, описывающий особенности технологических этапов разработки данных мясных изделий. Данный аспект затрудняет работу технологов мясоперерабатывающих предприятий в направлении расширения ассортимента высококачественных функциональных мясных продуктов, содержащих сбалансированный набор ингредиентов и мясного сырья для повышения иммунитета населения. Анализ литературных источников также показывает, что в настоящее время отсутствуют сведения о перспективных видах мясного сырья для использования в составе продуктов иммуномодулирующей направленности на основании сравнительного анализа их аминокислотного, жирнокислотного, витаминного и минерального состава и сбалансированности.

В связи с вышесказанным, актуальным вопросом является разработка алгоритма создания инновационных мясных продуктов иммуномодулирующей направленности, включающего перечень последовательных этапов, раскрывающих особенности разработки данных изделий (обоснование и выбор вида разрабатываемого продукта, подбор мясного сырья на основании сравнительного анализа его пищевой и биологической ценности по содержанию микронутриентов, способствующих повышению иммунитета, особенности разработки рецептур и технологий производства данных изделий, систематизацию перечня функциональных ингредиентов применительно к использованию в составе мясных продуктов иммуномодулирующей направленности, определение оптимальных дозировок использования данных ингредиентов на основании динамики функционально-технологических, структурно-механических и органолептических показателей модельных фаршевых систем, основные критерии и принципы обогащения, особенности маркировки мясных продуктов иммуномодулирующей направленности), использование которого технологами мясоперерабатывающих предприятий позволит значительно облегчить работу в направлении создания новых видов высококачественных функциональных мясных продуктов.

С целью обеспечения единого научно обоснованного подхода при разработке, постановке на производство и организации промышленного выпуска мясных продуктов иммуномодулирующей направленности на основании комплекса теоретических и практических исследований разработан алгоритм создания данных изделий. При разработке алгоритма руководствовались опытом отечественной и зарубежной науки, нормами физиологической потребности различных категорий населения в пищевых веществах и энергии,

However, despite the considerable amount of literature sources describing the important micronutrients to boost the immune system, currently there is no single methodological approach to the creation of meat products with immunomodulatory effect describing peculiarities of technological stages of development of these meat products. This aspect hampers the work of meat plants processing engineers in expanding the range of high-quality functional meat products, containing a well-balanced set of ingredients and meat raw materials to improve the population's immunity. An analysis of the literature sources also shows that currently there is no data on prospective kinds of meat raw materials for use in the manufacture of products with immunomodulatory effect based on the comparative analysis of their amino acid, fatty acid, vitamin and mineral composition and their balance.

In connection with the foregoing, an important issue is the development of meat products with immunomodulatory effect, including the list of successive stages that reveal the peculiarities of the development of these products (grounding and selection of the type of product under development, the selection of raw meat materials on the basis of a comparative analysis of its nutritional and biological values for the content of micronutrients that improve the immunity, peculiarities of the development of formulations and technologies of these products, systematization of the list of functional ingredients with regard to the use in the composition of meat products with immunomodulatory effect, determination of the optimal dosage for the use of these ingredients on the basis of the dynamics of functional and technological, structural and mechanical and organoleptic characteristics of model minced meat systems, the basic criteria and principles of enrichment, peculiarities of meat products with immunomodulatory effect labeling), the use of which by process engineers of meat processing plants will lighten the work on the creation of new kinds of high-quality functional meat products.

In order to ensure a single scientifically grounded approach to the development, launch into manufacture and organization of industrial manufacture of meat products with immunomodulatory effect based on complex theoretical and practical research, a creation method of these products was developed. During the development of the method we were guided by the experience of domestic and international science, norms of physiological need in nutrient materials and energy of different population catego-

а также концепцией сбалансированного и функционального питания [2–6; 9; 10; 13–21].

Первый этап алгоритма создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности заключается в **обосновании и выборе вида разрабатываемого продукта**. Виды пищевых продуктов, обогащение которых допускается, и биологически активные компоненты, используемые для их производства, приведены в Гигиеническом нормативе «Показатели безопасности и безвредности для человека обогащенных пищевых продуктов», утвержденного Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 66 от 29 июля 2013 г. Возможность обогащения других видов пищевых продуктов или использования иных биологически активных компонентов рассматривается в ходе государственной санитарно-гигиенической экспертизы проектов технологической документации, технических условий на пищевую продукцию в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

На втором этапе алгоритма создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности необходимо определить перечень показателей, играющих важную роль при производстве данных изделий, а также установить оптимальный диапазон значений данных показателей, позволяющий обеспечить высокую пищевую и биологическую ценность и улучшенные функционально-технологические и структурно-механические показатели готовых изделий.

На основании анализа патентной и научно-технической литературы в качестве значимых показателей пищевой и биологической ценности мясных продуктов иммуномодулирующей направленности определены допустимые пределы содержания белка и жира, а также соотношение белок: жир в готовом продукте, минимальный аминокислотный скор, белковый качественный показатель, индекс незаменимых аминокислот, коэффициент утилитарности аминокислотного состава, показатель сопоставимой избыточности, соотношения ω_6/ω_3 , ПНЖК:МНЖК:НЖК, (ПНЖК+МНЖК):НЖК).

Важную роль при разработке новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности играют функционально-технологические показатели, к которым относится рН, влагоудерживающая способность, потери массы при термообработке/выход, а также структурно-механические показатели (предельное напряжение сдвига), позволяющие обеспечить оптимальную консистенцию готового продукта [22]. Кроме того, по показателям безопасности (микробиологические показатели, токсичные элементы, пестициды, антибиотики, диоксины, нитрозамины, радионуклиды) новые виды мясных продуктов иммуномодулирующей направленности должны соответствовать требованиям Санитарных норм и правил «Тре-

ries, and the conception of well-balanced and functional nutrition [2-6; 9; 10; 13-21].

The first stage of new meat products with immunomodulatory effect is **grounding and selection of the developing type of product**. Types of food products, enrichment of which is acceptable, and biologically active components, used for their production, are listed in the table 1 of the Hygienic standard «Indicators of safety and harmlessness for the person of the enriched foodstuff», approved by the Resolution of Ministry of Health of Republic of Belarus of 29.07.2013 № 66. The possibility to enrich other food products and usage of other biologically active components is considered during the state sanitary and hygienic inspection of technological documentation projects, technical specifications for food products according to the procedure established by the legislation of the Republic of Belarus.

At **the second stage** of the new meat products with immunomodulatory effect creation method it is necessary to determine the list of indicators, which are important for the manufacture of these products, as well as to establish the optimum range of values of these indicators, that provide high nutritional and biological values and improved functional and technological, structural and mechanical indicators of finished products.

Based on the analysis of the patent and scientific literature, acceptance limits for the content of protein and fat, as well as ratio protein:fat in the finished product, minimum amino-acid score, protein quality indicator, essential amino acid index, coefficient of utility of amino acid content, comparable redundancy indicator, ratio ω_6/ω_3 , PUFAs:MUFAs:SFA, (PUFAs+MUFAs):SFA are determined as significant indicators of nutritional and biological values of meat products with immunomodulatory effect.

Functional and technological indicators play an important role in the development of new meat products with immunomodulatory effect. They include pH value, moisture-binding capacity, weight loss during the heat treatment/output) and structural and mechanical indicators (yield value), providing optimum consistence of the finished product [22]. Besides, new meat products with immunomodulatory effect must comply on safety indicators (microbiological indicators, toxic elements, pesticides, antibiotics, dioxins, nitrosamines, radionuclides) with the requirements of Sanitary standards and the rules «Re-

бования к продовольственному сырью и пищевым продуктам» и Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденным Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №52 от 21 июня 2013 г.

Третий этап алгоритма создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности заключается в **подборе основного и вспомогательного сырья для производства данных изделий** (рисунок 1). Данный этап является одним из важнейших, поскольку на этом этапе производится предварительное моделирование рецептур новых видов продуктов с учетом включения в их состав сбалансированного мясного сырья и перспективных функциональных ингредиентов для придания мясным продуктам иммуномодулирующей направленности.

В составе мясных продуктов иммуномодулирующей направленности рекомендуется использовать следующие виды мясного сырья: говядину, свинину, крольчатину, мясо цыплят-бройлеров, индейку, телятину, мясо страусов, которые отличаются высоким содержанием белка (14,3–21,7 %), низким содержанием жира (1,2–16,1 %), за исключением свинины (33,3 %), высокими значениями минимальных аминокислотных скоров (90,0–104,0 %), белкового качественного показателя (0,91–1,64), индекса незаменимых аминокислот (1,16–1,25), коэффициентов утилитарности аминокислотного состава (0,72–0,86) и приближенным к оптимальному жирнокислотным составом, а также содержат значительное количество витаминов и минеральных веществ, играющих важную роль для повышения иммунитета.

В качестве функциональных ингредиентов, обладающих иммуномодулирующими свойствами, рекомендуется использовать **аминокислоты** (валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, треонин, триптофан, метионин, лизин, аргинин, гистидин), **витамины** (С, Е, группы В (В₆, В₁₂, РР и др.), Р (комплекс биофлавоноидов), Н, К), **минеральные вещества** (кальций, магний, железо, медь, цинк, марганец, селен), **полиненасыщенные жирные кислоты $\omega 3$ и $\omega 6$** , **витаминоподобные вещества** (L-карнитин и коэнзим Q10), **полисахариды и пептиды природного происхождения**, **каротиноиды** (сквален, β -каротин), **имбирь**, **грибы шиитаке**, **пробиотики и пребиотики**, **глутатион**, **индол и ликопины**, **биофлавоноиды**, **L-аргинин**, **N-ацетилцистеин**, **гель из морской водоросли «Ламифарэн»** [1; 2; 18; 19; 23–27].

Четвертый этап алгоритма создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности заключается в **определении требований к рецептурам и технологиям производства данных изделий** (рисунок 2). При разработке рецептур и технологий производства мясных продуктов иммуномодулирующей направленности необходимо руководст-

quirements to Food Staples and Foodstuff» and the Hygienic standard «Indicators of safety and harmlessness for the person of food staples and foodstuff», approved by the Resolution of Ministry of Health of Republic of Belarus of 21.06.2013 № 52.

The **third stage** of the new meat products with immunomodulatory effect creation method is **primary and secondary raw materials** (Figure 1). This stage is one of the most important stages of the creation of those types of products, since at that very stage the preliminary development of formulations of new products is carried out, taking into account inclusion in its content well-balanced meat raw materials and prospective functional ingredients for giving meat products immunomodulatory orientation.

The following types of meat raw materials are recommended to use in the content of meat products with immunomodulatory effect: beef, pork, rabbit meat, broiler chicken meat, turkey, veal, ostrich meat, which have high content of protein(14,3-21,7%), low content of fat (1,2-16,1%), excluding pork(33,3%), high levels of minimum amino-acid score (90,0-104,0%), protein quality indicator(0,91-1,64), essential amino acid index (1,16-1,25), coefficient of utility of amino acid content (0,72-0,86) and close to optimum fatty acid content, and also contain a great number of vitamins and minerals which play a significant role for immunity improvement.

The following functional ingredients are recommended to use: **amino acids** (valine, leucine, isoleucine, methionine, threonine, arginine, tryptophan, lysine, histidine, phenylalanyl), **vitamins and provitamins** (C,E, beta-carotene, B vitamins(B₆, B₁₂, PP, etc.), P(bioflavonoid complex), H, K), **minerals** (calcium, magnesium, iron, cuprum, zinc, manganese, selenium), **polyunsaturated fatty acids omega-3 and omega-6**, **pseudo-vitamins** (L-carnitin, coenzyme Q10), **polysaccharides and peptides naturally occurring(squalen, B-Carotene)**, **ginger**, **shiitake mushrooms**, **probiotics and prebiotics**, **glutathione**, **indole and lycopenes**, **bioflavonoids**, **L-arginine**, **N-acetylcysteine**, **gel from seaweed «Lamifaren»** [1; 2; 18; 19; 23–27].

The **fourth stage** of the new meat products with immunomodulatory effect creation method is **the identification of requirements for formulations and manufacturing technologies of these meat products** (Figure 2). The development of formulations and manufacturing technologies of meat products with immunomodulatory effect should



Рис. 1. Подбор основного и вспомогательного сырья для производства мясных продуктов иммуномодулирующей направленности

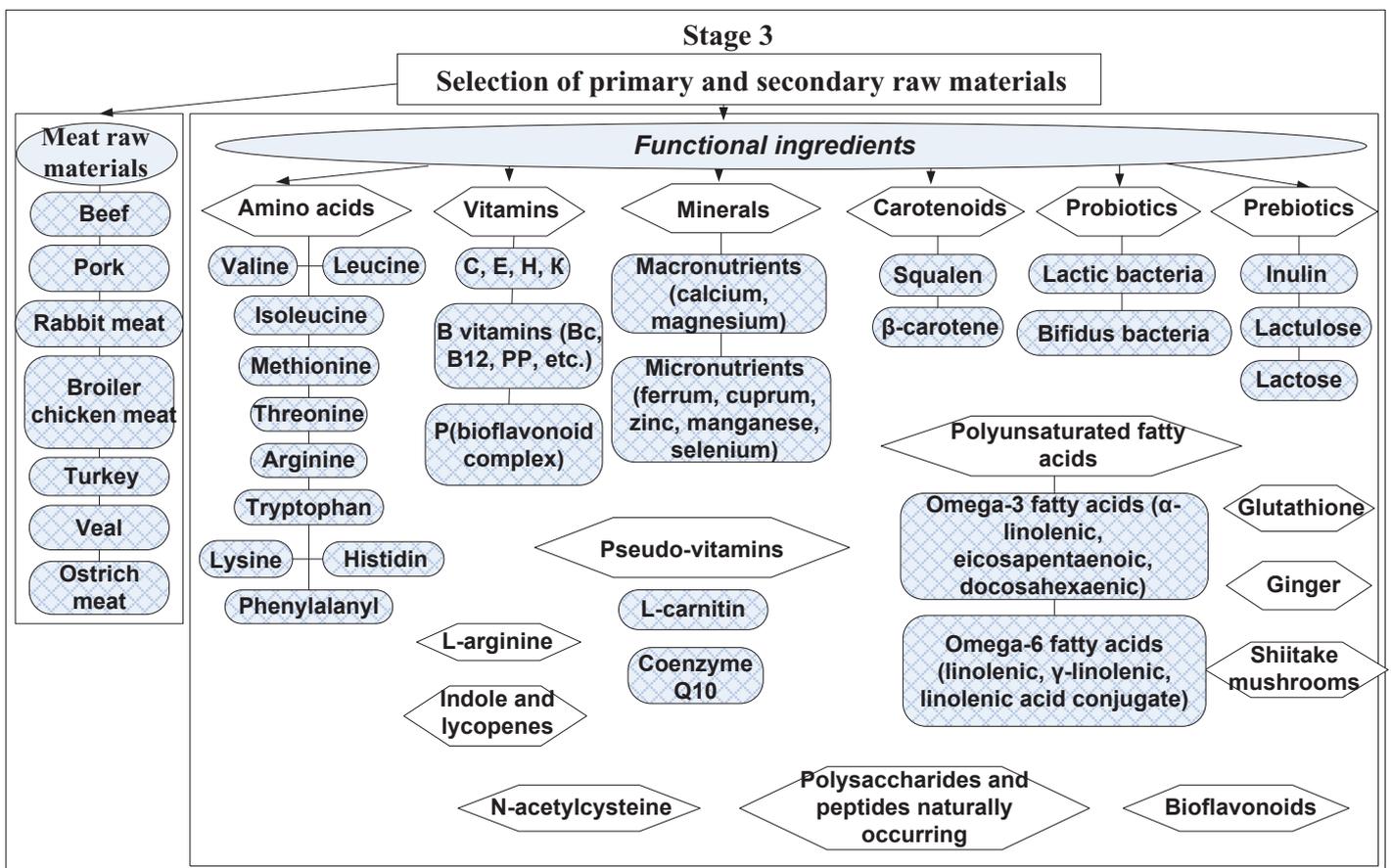


Figure 1. The selection of primary and secondary raw materials for the manufacture of meat products with immunomodulatory effect



Рис. 2. Определение требований к рецептурам и технологиям производства и исследование показателей качества и безопасности мясных продуктов иммуномодулирующей направленности

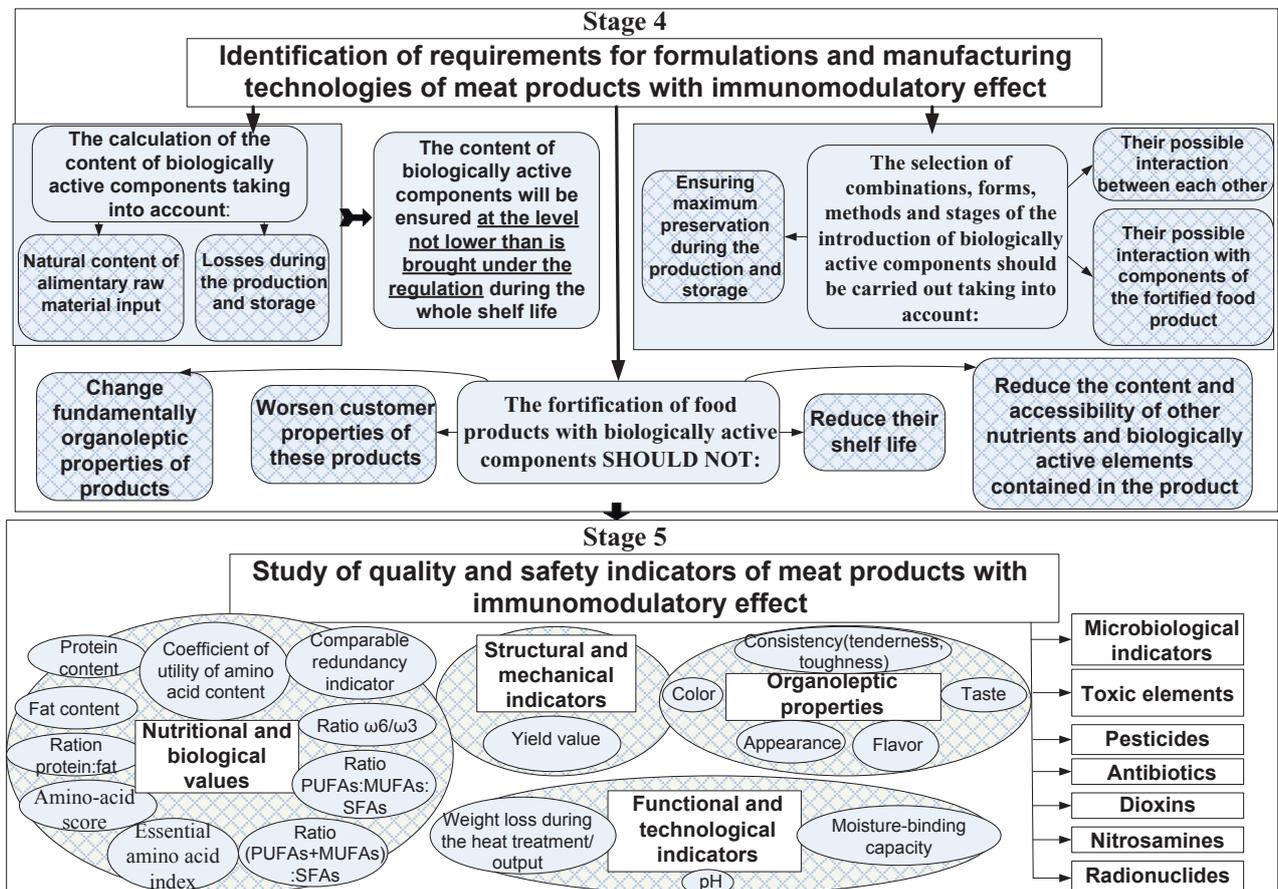


Figure 2. Identification of requirements for formulations and manufacturing technologies of meat products with immunomodulatory effect and study of quality and safety indicators of meat products with immunomodulatory effect

воваться требованиями Санитарных норм и правил «Требования к обогащенным пищевым продуктам», утвержденных Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 66 от 29 июля 2013 г.

На сегодняшний день существуют определенные технологические критерии и принципы создания продуктов функционального питания, использование которых при производстве мясных продуктов иммуномодулирующей направленности позволит обеспечить население высококачественными продуктами, отвечающими требованиям здорового питания.

Критерии обогащения

Для того, чтобы получить максимальный эффект от обогащения пищевых продуктов, Всемирной организацией здравоохранения были предложены следующие критерии:

- очевидная потребность в пищевом веществе одной или более групп населения;
- пищевые продукты, выбранные в качестве носителя пищевых веществ, должны быть доступны представителям соответствующих групп риска;
- количество добавляемого к продукту пищевого вещества должно быть достаточным для удовлетворения потребности в нем при обычном приеме этого продукта в группе риска;
- количество добавляемого пищевого вещества не должно оказывать токсического или иного вредного действия при потреблении обогащенного продукта в большом количестве;
- пищевое вещество должно быть биологически доступно и стабильно в продукте, служащем его носителем;
- выбранный продукт не должен заметным образом препятствовать утилизации пищевого вещества;
- добавление пищевого вещества не должно отрицательно сказываться на вкусе, сохраняемости, цвете, консистенции и приготовлении пищевого продукта;
- обогащение определенного пищевого продукта должно быть технически осуществимым;
- затраты на обогащение не должны вести к значительному повышению стоимости обогащенного пищевого продукта;
- необходимо разработать методы контроля для определения уровня обогащения [13; 17].

Технологические принципы создания продуктов функционального питания

Принцип первый. Для обогащения пищевых продуктов следует использовать те микронутриенты, дефицит которых реально существует и достаточно широко распространен. В условиях Беларуси это, прежде всего, витамины С, группы В, фолиевая кислота, β-каротин, а из минеральных веществ — йод, железо и кальций.

be guided by the requirements of Sanitary standards and rules «Requirements to the Enriched Foodstuff» approved by the Resolution of Ministry of Health of Republic of Belarus of 29.07.2013.

Nowadays there are some technological criteria and principles of the creation of functional products, use of which in the production of meat products with immunomodulatory effect will provide the population with high quality products, complying with the requirements of healthy nutrition.

Fortification criteria

To obtain the maximum effect from the fortification of food products, World Health Organization suggested following criteria:

- obvious need in nutrient materials of one or more population groups;
- food products, selected as a carrier of nutrient materials, should be affordable for the representatives of relevant groups at risk;
- the quantity of nutrient materials added to food products should be enough to satisfy the needs in it in the regular consumption of the groups at risk;
- nutrient materials should be biologically accessible and stable in the product that carries them;
- the selected product should not noticeably hamper the utilization of nutrient materials;
- the addition of nutrient materials should not negatively affect the taste, shelf life, color, consistency and making of it;
- the fortification of the definite food product should be technically accomplishable;
- costs of fortification should not have a major impact on the price of the fortified product;
- controlling methods for a certain level of fortification should be developed [13; 17].

Technological principles of functional food products creation

The first principle. To fortify food products those micronutrients should be used, the deficit of which exists and is widespread. In Belarus, they are, firstly, Vitamin C, B-group, folic acid, and carotene; among minerals: iodine, iron, calcium.

Принцип второй. Обогащать микронутриентами следует, прежде всего, продукты массового потребления, доступные для всех групп детского и взрослого населения и регулярно используемые в повседневном питании.

Принцип третий. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами не должно ухудшать потребительские свойства этих продуктов: уменьшать содержание и усвояемость других входящих в их состав пищевых веществ, существенно изменять вкус, аромат, свежесть продуктов, сокращать срок их хранения.

Принцип четвертый. При обогащении пищевых продуктов микронутриентами необходимо учитывать возможность химического взаимодействия обогащающих добавок между собой, с компонентами обогащаемого продукта и выбирать такие сочетания, формы, способы и стадии внесения, которые обеспечивают максимальную их сохранность в процессе производства и хранения.

Принцип пятый. Регламентируемое (гарантируемое производителем) содержание витаминов и минеральных веществ в обогащенном продукте питания должно быть достаточным для удовлетворения за счет данного продукта 30–50 % средней суточной потребности в этих микронутриентах при обычном уровне потребления обогащенного продукта.

Принцип шестой. Количество дополнительно вносимых в продукты микронутриентов должно быть рассчитано с учетом их возможного естественного содержания в исходном продукте или сырье, используемом для его изготовления, а также потерь в процессе производства и хранения с тем, чтобы обеспечить содержание этих микронутриентов на уровне, не ниже регламентируемого в течение всего срока годности обогащенного продукта.

Принцип седьмой. Регламентируемое содержание микронутриентов в обогащаемых продуктах должно быть указано на индивидуальной упаковке этого продукта и строго контролироваться как производителем, так и органами государственного надзора [13].

Пятый этап алгоритма создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности включает *исследование показателей качества и безопасности данных изделий*, которое производится с учетом комплексной оценки их пищевой и биологической ценности, функционально-технологических и структурно-механических показателей, а также показателей безопасности, представленных на рисунке 2.

Показатели пищевой ценности обогащенной пищевой продукции определяются изготовителем пищевой продукции аналитическим или расчетным путем. Показатели безопасности обогащенных пищевых продуктов должны соответствовать требованиям, установленным законодательством Республики Беларусь, а также требованиям правовых актов, необходимость

The second principle. Mass-consumption products that are accessible for baby and elderly nutrition and are regularly consumed should be fortified on a first-priority basis.

The third principle. The fortification of food products with micronutrients should not worsen consumer attributes of them: decrease the content and accessibility of other nutrients contained in the product, fundamentally change the taste, flavor, freshness of the product, reduce its shelf life.

The fourth principle. The possibility of chemical interaction of fortification additives between each other, with components of the fortified product should be taken into account. Those combinations, forms, methods and stages of addition should be chosen that provide their maximum preservation during the production and storage.

The fifth principle. The regulated content of vitamins and minerals in the fortified product should be enough to satisfy the needs in them for 30–50% of the average daily demand in micronutrients at the regular consumption of the fortified product.

The sixth principle. The quantity of the additionally added micronutrients should be calculated taking into account its possible natural content in the primary product or raw materials, used for its production, and also losses during the production and storage in order to provide the content with those micronutrients at the level, not less than is brought under the regulation during the whole shelf life of the fortified product.

The seventh principle. The regulated content of micronutrients in the fortified product should be labeled at the product's package and strictly controlled both by the producer and by the state inspection agencies [13].

The fifth stage of the new meat products with immunomodulatory effect creation method includes *the study of quality and safety indicators of meat products with immunomodulatory effect*, which is carried out taking into account complex assessment of its nutritional and biological values, functional and technological, structural and mechanical, and safety indicators, shown in figure 2.

Nutritional value indicators of fortified products are determined by the producer by analytical or computational methods. Fortified food products safety indicator should meet the requirements of the legislation of the Republic of Belarus, legal acts, compliance of which is established by international documents. Safety and quality indicators of

соблюдения которых в Республике Беларусь установлена международными документами. Обогащенная пищевая продукция, экспортируемая Республикой Беларусь, по показателям безопасности и пищевой ценности должна соответствовать требованиям, предъявляемым страной, в которую они экспортируются.

На основании исследования вышеперечисленных показателей новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности на дальнейшем этапе необходимо производить оценку их соответствия значениям пищевой и биологической ценности, функционально-технологических и структурно-механических показателей, установленных на втором этапе алгоритма создания данных изделий.

Шестой этап алгоритма создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности включает **разработку ТНПА (ТУ) и ТД (РЦ, ТИ) на производство данных изделий**. На этом этапе необходимо учитывать **особенности маркировки** данных мясных продуктов в соответствии с требованиями Санитарных норм и правил «Требования к обогащенным пищевым продуктам», утвержденных Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 66 от 29 июля 2013 г. (рисунок 3).

Заключительные этапы создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности включают в себя:

- **доклинические и клинические испытания разработанных мясных продуктов** (этап 7);
- **согласование, утверждение и регистрацию ТНПА (ТУ) и ТД (РЦ, ТИ)** (этап 8);
- **опытно-промышленную апробацию разработанных мясных продуктов** (этап 9);
- **расчет экономического эффекта производства** (этап 10);
- **организацию промышленного производства мясных продуктов иммуномодулирующей направленности** (этап 11).

Выводы

Установлен перечень перспективных видов мясного сырья для изготовления продуктов иммуномодулирующей направленности — **говядина, свинина, крольчатина, мясо цыплят-бройлеров, индейка, телятина, мясо страусов**, которые отличаются высоким содержанием белка (14,3–21,7 %), низким содержанием жира (1,2–16,1 %), за исключением свинины (33,3 %), высокими значениями минимальных аминокислотных скоров (90,0–104,0 %), белкового качественного показателя (0,91–1,64), индекса незаменимых аминокислот (1,16–1,25), коэффициентов утилитарности аминокислотного состава (0,72–0,86), приближенным к оптимальному жирнокислотным составом, содержат значительное количество витаминов и минеральных веществ, играющих важную роль для повышения иммунитета.

fortified food products that are going to be exported should meet the requirements of the country that imports them.

Based on the study of the above-mentioned indicators of new meat products with immunomodulatory effect, the estimation of their compliance with scientifically grounded requirements to the product, developed at the particular stage of the method of creation of those products should be carried out.

The sixth stage of the new meat products with immunomodulatory effect creation method includes **the development of technological regulations (technical specifications) and technological documentations (formulations, technical instructions) for the production of meat products with immunomodulatory effect**. At this stage, **peculiarities of labeling** of these meat products should be taken into account according to the requirements of Sanitary standards and rules «Requirements to the Enriched Foodstuff» approved by the Resolution of Ministry of Health of Republic of Belarus of 29.07.2013 N 66 (Figure 3).

The final stages of the creation of new meat products with immunomodulatory effect include:

- **Preclinical and clinical trials of the developed meat products** (stage 7)
- **Development, approval and authorization of technological regulations (technical specifications) and technological documentations (formulations, technical instructions)** (stage 8)
- **Experimental and industrial testing of developed meat products** (stage 9)
- **Calculation of economic effect** (stage 10)
- **Organization of the commercial manufacture of meat products with immunomodulatory effect** (stage 11).

Conclusions

A list of prospective meat raw materials for the manufacture of meat products with immunomodulatory effect was determined: **beef, pork, rabbit meat, broiler chicken meat, turkey, veal, ostrich meat**, which have high content of protein(14,3-21,7%), low content of fat (1,2-16,1%), excluding pork(33,3%), high levels of minimum amino-acid score (90,0-104,0%), protein quality indicator(0,91-1,64), essential amino acid index (1,16-1,25), coefficient of utility of amino acid content (0,72-0,86) and close to optimum fatty acid content, and also contain a great number of vitamins and minerals which play a significant role for immunity improvement.

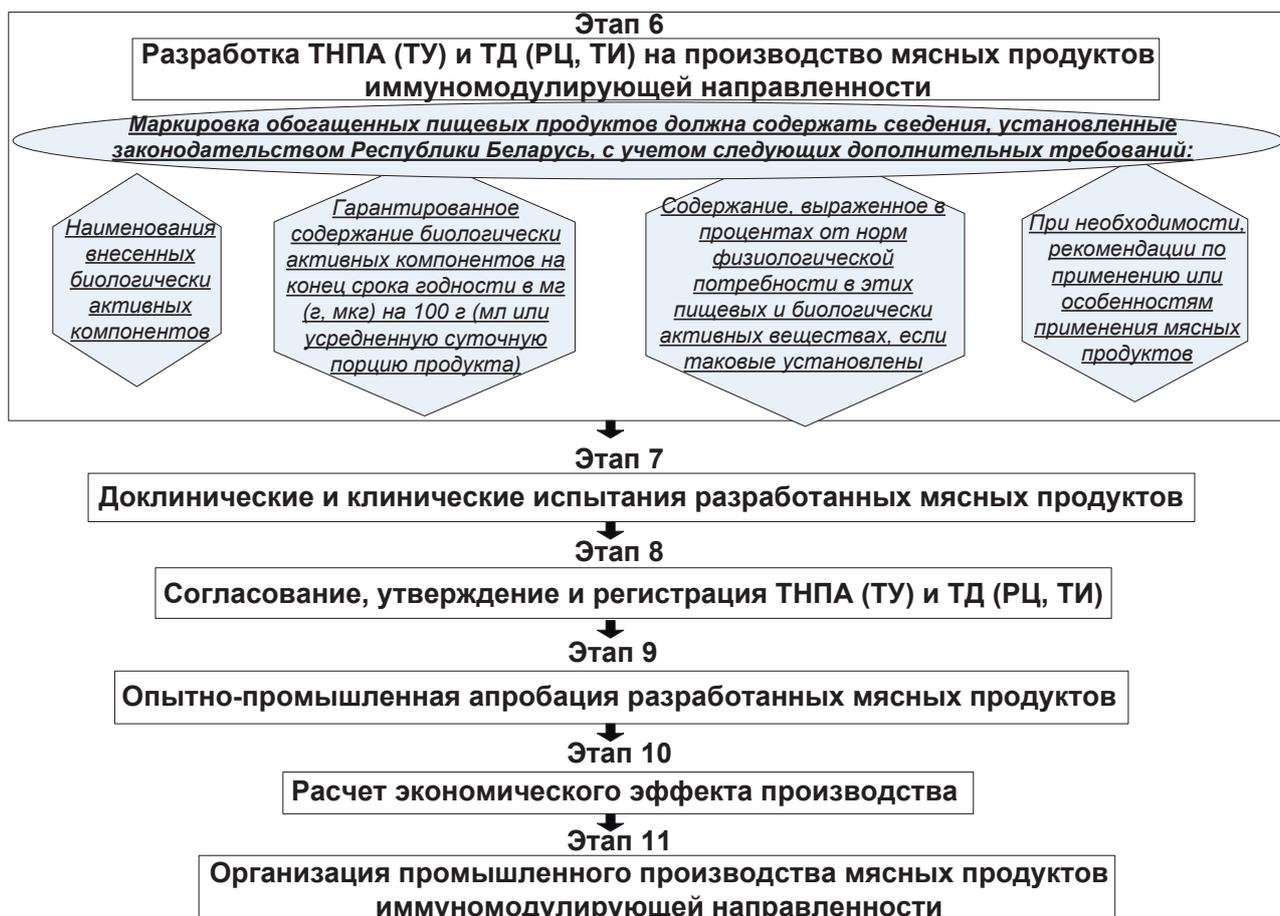


Рис. 3. Заключительные этапы алгоритма создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности

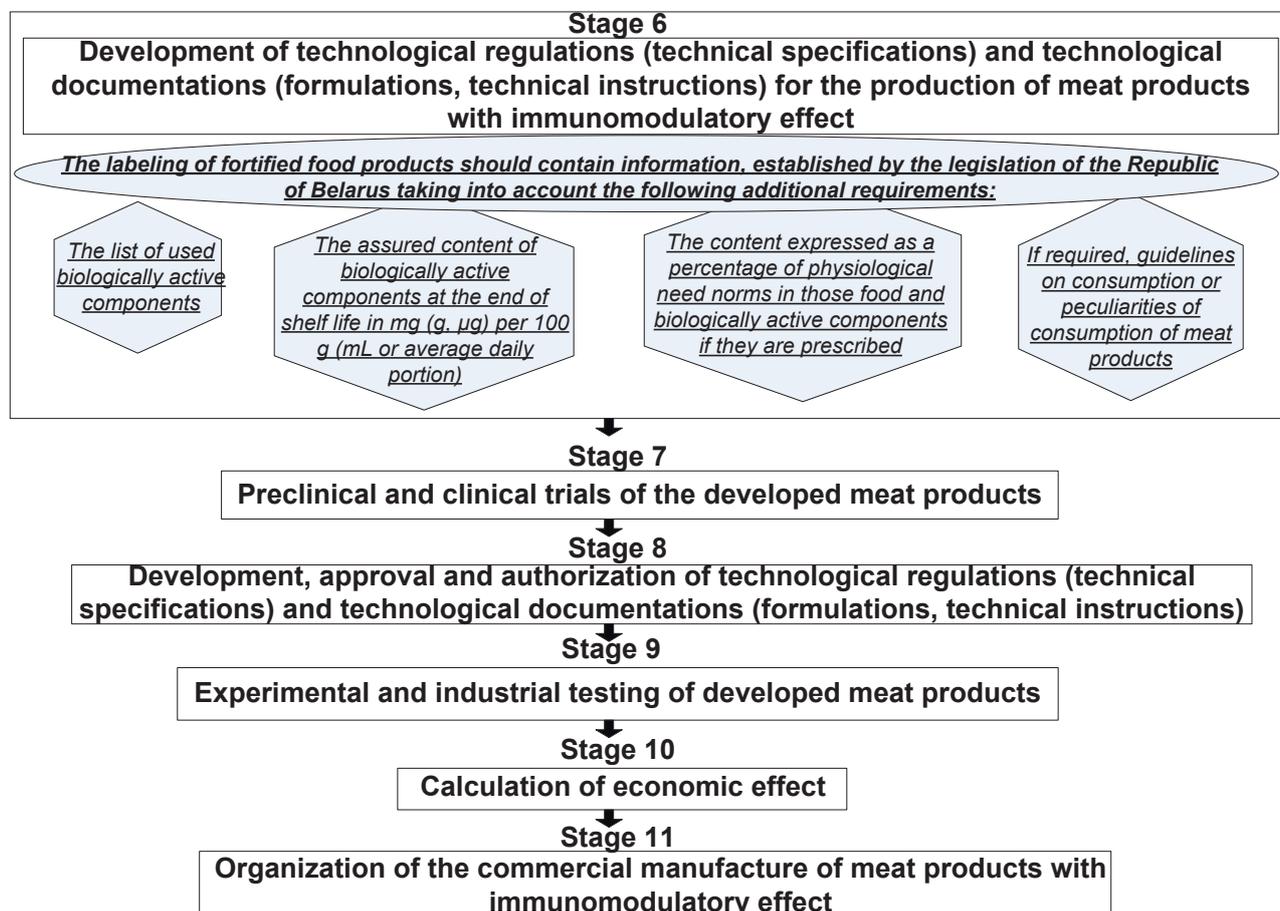


Figure 3. The final stages of meat products with immunomodulatory effect creation method

Определены функциональные ингредиенты, обеспечивающие иммуномодулирующую направленность мясных продуктов, — **аминокислоты** (валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, треонин, триптофан, метионин, лизин, аргинин, гистидин), **витамины** (С, Е, группы В (В₆, В₁₂, РР и др.), Р (комплекс биофлавоноидов), Н, К), **минеральные вещества** (кальций, магний, железо, медь, цинк, марганец, селен), **полиненасыщенные жирные кислоты $\omega 3$ и $\omega 6$** , **витаминоподобные вещества** (L-карнитин и коэнзим Q10), **полисахариды и пептиды природного происхождения, каротиноиды** (сквален, β -каротин), **имбирь, грибы шиитаке, пробиотики и пребиотики, глутатион, индол и ликопины, биофлавоноиды, L-аргинин, N-ацетилцистеин, гель из морской водоросли «Ламифарэн».**

Разработан алгоритм создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности, использование которого технологами мясоперерабатывающих предприятий позволит сформировать единый научно обоснованный подход при разработке, постановке на производство и организации промышленного выпуска мясных продуктов функционального назначения, тем самым гарантируя соответствие показателей качества и безопасности инновационных изделий требованиям законодательства, предъявляемым к мясopодуктам, что позволит обеспечить население высококачественными изделиями, употребление которых будет способствовать повышению иммунитета населения и благоприятно отразится на укреплении здоровья нации.

Информация о спонсорстве. Научная работа выполнялась в рамках ГПНИ «Инновационные технологии в АПК» (задание 5.65 «Теоретические и практические аспекты создания инновационных мясных продуктов гипоаллергенной и иммуномодулирующей направленностей с использованием натуральных биологически активных компонентов»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дымар О.В., Гордынец С.А., Калтович И.В. Новые виды функциональных мясных продуктов иммуномодулирующей направленности // Развитие биотехнологических и постгеномных технологий для оценки качества сельскохозяйственного сырья и создания продуктов здорового питания. Москва: ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова», 2015. — С. 166–170.
2. Кузнецова Т. А. Коррекция нарушений иммунитета и гемостаза биополимерами из морских гидробрионтов (экспериментальные и клинические аспекты) : Автореф. дис. ... докт. мед. наук. Москва, 2009. — С. 52.
3. Мокеева Е.Г. Иммунные дисфункции и их профилактика у высококвалифицированных спортсменов: Автореферат дис. ... докт. мед. наук. Санкт-Петербург, 2009. — С. 40.
4. Синяков А.Ф. Укрепляем иммунитет: как защитить себя от болезней. Москва: Эксмо, 2008, ISBN 978-699-25353-1. — С. 18–62; 84–122; 192–202.
5. Hofmann I., Hilgers A. Fitmacher fürs Immunsystem — Mit Diagnostik und Kurprogramm. Lübeck: Goldmann Verlag, 1999, ISBN 3-442-16178-9. — P. 43–124.
6. Борисова М. Хочешь выжить? Укрепляй иммунитет!: мед, витамины, адаптогены, фитонциды, чай. Москва: АСТ, Санкт-

Functional ingredients providing immunomodulatory orientation of meat products are determined: **amino acids** (valine, leucine, isoleucine, methionine, threonine, arginine, tryptophan, lysine, histidin, phenylalanyl), **vitamins and provitamins** (C,E, beta-carotene, B vitamins (B₆, B12, PP, etc.), P (bioflavonoid complex), H, K), **minerals** (calcium, magnesium, iron, cuprum, zinc, manganese, selenium), **polyunsaturated fatty acids omega-3 and omega-6, pseudo-vitamins (L-carnitin, coenzyme Q10), polysaccharides and peptides naturally occurring (squalen, B-Carotene), ginger, shiitake mushrooms, probiotics and prebiotics, glutathione, indole and lycopenes, bioflavonoids, L-arginine, N-acetylcysteine, gel from seaweed «Lamifaren».**

Method of creation of meat products with immunomodulatory effect was developed, use of which by the process engineers of meat processing factories will form a single scientifically grounded approach during the development, launching into manufacture and organization of industrial manufacture of functional meat products, ensuring the compliance of quality and safety indicators of innovative products with legislative requirements by that providing people with high quality meat products, consumption of which will promote immunity improvement that will positively affect health promotion.

Acknowledgments. The research work was conducted within the framework of the State Program of Scientific Researches «Innovative technologies in AIC» (assignment 5.65 «Theoretical and practical aspects of the creation of innovative meat products with hypoallergic and immunomodulatory effect with the use of natural biologically active components»).

REFERENCES

1. Dymar O.V., Gordynec S.A., Kaltovich I.V. Novye vidy funkcional'nyh mjasnyh produktov immunomodulirujushhej napravlenosti // Razvitie biotehnologicheskikh i postgenomnyh tehnologij dlja ocenki kachestva sel'skhozajstvennogo syr'ja i sozdaniya produktov zdorovogo pitaniya. Moskva: FGBNU «VNIIMP im. V.M. Gorbatoва», 2015. — P. 166–170.
2. Kuznecova T. A. Korrekcija narushenij immuniteta i gemostaza biopolimerami iz morskikh gidrobiontov (jeksperimental'nye i klinicheskie aspekty) : Avtoref. dis. ... dokt. med. nauk. Moskva, 2009. — P. 52.
3. Mokeeva E.G. Immunnye disfunkcii i ih profilaktika u vysokokvalificirovannyh sportsmenov: Avtoreferat dis. ... dokt. med. nauk. Sankt-Peterburg, 2009. 40 s.
4. Sinjakov A.F. Ukrepljaem immunitet: kak zashhitit' sebja ot boleznej. Moskva: Jeksmo, 2008, ISBN 978-699-25353-1. — P. 18–62; 84–122; 192–202.
5. Hofmann I., Hilgers A. Fitmacher fürs Immunsystem — Mit Diagnostik und Kurprogramm. Lübeck: Goldmann Verlag, 1999, ISBN 3-442-16178-9. — P. 43–124.
6. Borisova M. Hochesh' vyzhit' ? Ukrepljaj immunitet!: med, vitaminy, adaptogeny, fitoncidy, chai. Moskva: ACT, Sankt-Peterburg: Sova, 2005, ISBN 5-17-031-062-5, glava 1, 2. — P. 7–45; 45–101.

- Петербург: Сова, 2005, ISBN 5-17-031-062-5, глава 1, 2. — С. 7–45; 45–101.
7. Cross M. Microbes versus microbes: immune signals generated by probiotic lactobacilli and their role in protection against microbial pathogens // *FEMS*. — 2002. — Vol. 34. — № 4. — P. 245–253.
 8. Field C., Johnson I., Schley P. D. Nutrients and their role in host resistance to infection // *Journal of Leukocyte Biology*. — 2002. — Vol. 71. — № 1. — P. 16–32.
 9. Prasad A.S. Zinc deficiency in humans: a neglected problem // *The Journal of the American College of Nutrition*. — 1998. — № 17. — P. 542–543.
 10. Фокс А., Фокс Б. Иммуитет на всю жизнь. Москва: Бином., Санкт-Петербург: Золотой век, 1996, ISBN 5750301087, глава 2. — С. 35–37; 43–48; 54–59; 62–63; 66–94; 214–230.
 11. Зорина В.В. Роль лактобактерий в модуляции факторов иммунитета в норме и при экспериментальной шигеллезной инфекции : Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2005. — С. 29.
 12. Михайлова О.В. Роль некоторых макро- и микроэлементов в развитии и коррекции иммунодефицитного состояния у больных с множественными хроническими очагами инфекции : Автореферат дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2010. — С. 23.
 13. Кацерикова Н.В. Технология продуктов функционального питания: Учебное пособие. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004, ISBN 5-89289-311-1, глава 2. — С. 15–17.
 14. Липатов Н. Н., Сажинов Г. Ю. Перспективы совершенствования качества продуктов питания для детей // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. — 2001. — № 1. — С. 25–27.
 15. Липатов Н. Н. Предпосылки компьютерного проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью // *Хранение и переработка сельхозсырья*. — 1995. — № 3. — С. 4–9.
 16. Липатов Н.Н., Лисицын А.Б., Юдина С.Б. Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. — 1996. — № 2. — С. 24–25.
 17. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. 2016. URL: <http://www.who.int/elena/nutrient/ru/>. (дата обращения: 25.06.2016).
 18. Самылина В. А. Влияние пищевых продуктов, обогащенных про- и пребиотиками, на микробиологический статус человека // *Вопросы питания*. — 2011. — Т. 80. — № 2. — С. 31–36.
 19. Самылина В.А. Разработка технологии функциональных продуктов на основе мясного сырья с использованием композиционной системы пребиотически-сорбционной направленности : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ставрополь, 2006. — С. 24.
 20. Храмов А.Г., Харитонов В.Д., Евдокимов И.А. Лактулоза и функциональное питание. Развитие рынка функционального питания. История лактулозы // *Молочная промышленность*. — 2002. — № 6. — С. 29–30.
 21. Romieu I. Nutrition and lung health // *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*. — 2005. — Vol. 9. — № 4. — P. 362–374.
 22. Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва: Колос, 2001, ISBN 5-10-003612-5, глава 2. — С. 199–203; 230–237; 245–258; 286.
 23. Храмов А. Г., Харитонов В. Д., Евдокимов И. А. Лактулоза и функциональное питание. Клинические исследования продуктов, обогащенных лактулозой. Лактулоза и детское питание // *Молочная промышленность*. — 2002. — № 7. — С. 23–24.
 24. Храмов А.Г., Харитонов В.Д., Евдокимов И.А. Лактулоза и функциональное питание. Нормализация микрофлоры — основная задача в решении проблемы ухудшающегося здоровья населения // *Молочная промышленность*. — 2002. — № 5. — С. 41–42.
 25. Шевелева С. А. Пробиотики, пребиотики и пробиотические продукты. Современное состояние вопроса // *Вопросы питания*. — 1999. — Т. 68. — № 2. — С. 32–40.
 26. Bengmark S. Immunonutrition: role of biosurfactants, fiber and probiotic bacteria // *Nutrition*. — 1998. — Vol. 14. — № 7–8. — P. 585–594.
 27. Bezkorovainy A. Probiotics: determinants of survival and growth in the gut // *The American Journal of Clinical Nutrition*. — 2001. — Vol. 73. — № 2. — P. 399–405.
 7. Cross M. Microbes versus microbes: immune signals generated by probiotic lactobacilli and their role in protection against microbial pathogens // *FEMS*. — 2002. — Vol. 34. — № 4. — P. 245–253.
 8. Field C., Johnson I., Schley P. D. Nutrients and their role in host resistance to infection // *Journal of Leukocyte Biology*. — 2002. — Vol. 71. — № 1. — P. 16–32.
 9. Prasad A.S. Zinc deficiency in humans: a neglected problem // *The Journal of the American College of Nutrition*. — 1998. — № 17. — P. 542–543.
 10. Foks A., Foks B. Иммуитет на всю жизнь. Москва: Бином., Санкт-Петербург: Золотой век, 1996, ISBN 5750301087, глава 2. — С. 35–37; 43–48; 54–59; 62–63; 66–94; 214–230.
 11. Zorina V.V. Rol' laktobakterij v moduljacii faktorov immuniteta v norme i pri jeksperimental'noj shigelleznoj infekcii : Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk. Moskva, 2005. — P. 29.
 12. Mihajlova O.V. Rol' nekotoryh makro- i mikrojelementov v razvittii i korrekcii immunodeficitnogo sotojanija u bol'nyh s mnozhestvennymi hronicheskimi ochagami infekcii : Avtoreferat dis. ... kand. med. nauk. Sankt-Peterburg, 2010. — P. 23.
 13. Kacerikova N.V. Tehnologija produktov funkcional'nogo pitanija: Uchebnoe posobie. Kemerovo: Kemerovskij tehnologicheskij institut pishhevoj promyshlennosti, 2004, ISBN 5-89289-311-1, glava 2. — P. 15–17.
 14. Lipatov N. N., Sazhinov G. Ju. Perspektivy sovershenstvovanija kachestva produktov pitanija dlja detej // *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk*. — 2001. — № 1. — P. 25–27.
 15. Lipatov N. N. Predposylki komp'juternogo proektirovanija produktov i racionov pitanija s zadavaemoj pishhevoj cennost'ju // *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja*. — 1995. — № 3. — P. 4–9.
 16. Lipatov N.N., Lisicyan A.B., Judina S.B. Sovershenstvovanie metodiki proektirovanija biologicheskogo cennosti pishhevnyh produktov // *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja*. — 1996. — № 2. — P. 24–25.
 17. Vsemirnaja organizacija zdavoohranenija [Elektronnyj resurs]. 2016. URL: <http://www.who.int/elena/nutrient/ru/>. (data obrashhenija: 25.06.2016).
 18. Samylina V. A. Vlijanie pishhevnyh produktov, obogashhennyh pro- i prebiotikami, na mikrojeologicheskij status cheloveka // *Voprosy pitanija*. — 2011. — Т. 80. — № 2. — P. 31–36.
 19. Samylina V.A. Razrabotka tehnologii funkcional'nyh produktov na osnove mjasnogo syr'ja s ispol'zovaniem kompozicionnoj sistemy prebioticheski-sorbcionnoj napravlennosti : Avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Stavropol', 2006. — P. 24.
 20. Hramcov A.G., Haritonov V.D., Evdokimov I.A. Laktuloza i funkcional'noe pitanie. Razvitie rynka funkcional'nogo pitanija. Istorija laktulozy // *Molochnaja promyshlennost'*. — 2002. — № 6. — P. 29–30.
 21. Romieu I. Nutrition and lung health // *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*. — 2005. — Vol. 9. — № 4. — P. 362–374.
 22. Antipova L. V., Glotova I. A., Rogov I.A. Metody issledovanija mjasna i mjasnyh produktov. Moskva: Kolos, 2001, ISBN 5-10-003612-5, glava 2. — P. 199–203; 230–237; 245–258; 286.
 23. Hramcov A. G., Haritonov V. D., Evdokimov I. A. Laktuloza i funkcional'noe pitanie. Klinicheskie issledovanija produktov, obogashhennyh laktulozoi. Laktuloza i detskoe pitanie // *Molochnaja promyshlennost'*. — 2002. — № 7. — P. 23–24.
 24. Hramcov A.G., Haritonov V.D., Evdokimov I.A. Laktuloza i funkcional'noe pitanie. Normalizacija mikroflory — osnovnaja zadacha v reshenii problemy uhudshajushhegosja zdorov'ja nasele-nija // *Molochnaja promyshlennost'*. — 2002. — № 5. — P. 41–42.
 25. Sheveleva S. A. Probiotiki, prebiotiki i probioticheskie produkty. Sovremennoe sostojanie voprosa // *Voprosy pitanija*. — 1999. — Т. 68. — № 2. — P. 32–40.
 26. Bengmark S. Immunonutrition: role of biosurfactants, fiber and probiotic bacteria // *Nutrition*. — 1998. — Vol. 14. — № 7–8. — P. 585–594.
 27. Bezkorovainy A. Probiotics: determinants of survival and growth in the gut // *The American Journal of Clinical Nutrition*. — 2001. — Vol. 73. — № 2. — P. 399–405.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Калтович Ирина Васильевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий мясных продуктов, Институт мясо-молочной промышленности
220075 г. Минск, пр. Партизанский, 172
Тел.: +375-29-541-47-26
E-mail: irina.kaltovich@inbox.ru

Дымар Олег Викторович — кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе, Институт мясо-молочной промышленности
220075 г. Минск, пр. Партизанский, 172
Тел.: +375-44-774-53-15
E-mail: dymarov@tut.by

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.

Калтович И.В. проводила анализ патентной и научно-технической информации, а также нормативной документации в области производства мясных продуктов иммуномодулирующей направленности, разработала алгоритм создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности.

Дымар О.В. наметил цель и задачи исследования, корректировал рукопись до подачи в редакцию.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 29.07.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Kaltovich Iryna Vasilevna — candidate of technical sciences, Senior Researcher of the Department of Meat Products Technologies, Institute for Meat and Dairy Industry
172 Partizansky Avenue, Minsk, Belarus
Tel.: +375-29-541-47-26
E-mail: irina.kaltovich@inbox.ru

Dymar Oleg Victorovich — candidate of technical sciences, A.P., Deputy Director for Science, Institute for Meat and Dairy Industry
172 Partizansky Avenue, Minsk, Belarus
Tel.: +375-44-774-53-15
E-mail: dymarov@tut.by

Contribution

All authors bear responsibility for the work and information provided. Kaltovich I.V. analyzed the patent and scientific and technical information, as well as regulatory documents regarding manufacture of food products with immunomodulatory effect, developed new meat products with immunomodulatory effect creation method.

Dymar O.V. defined purpose and objectives of the research, proofread the manuscript before its submission to the editorial staff.

Conflict of interest

The authors declares no conflict of interest.

Received 29.07.2016

RESEARCH OF MOISTURE MIGRATION DURING PARTIAL FREEZING OF GROUND BEEF

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЛАГИ ПРИ ПОДМОРАЖИВАНИИ ГОВЯЖЬЕГО ФАРША

Stefanovskiy V.M., Polyakov I. A., Petrov V.V.

The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry, Moscow, Russia

Ключевые слова: говяжий фарш, подмораживание, морозильная плита, вытесняющий влагоперенос, миграция влаги.

Keywords: ground beef, partially freezing, freezing plate, displacement of moisture, migration of moisture.

Аннотация

Для исследования массопереноса при подмораживании пищевых продуктов морозильной плитой предложено понятие «идеальный продукт». Идеальный продукт — продукт, в котором намеренно исключено действие ряда влияющих факторов «реального продукта» (мяса). К ним относятся: химический состав мяса; группа качества мясного сырья (NOR, DFD, PSE); криоскопическая температура, определяющая степень перехода воды в лед; явление осмоса; скорость замораживания и др.

С помощью понятия «идеальный продукт» и реализации его в физическом эксперименте доказано, что «поршневой эффект», вызывающий миграцию влаги, возникает за счет образования замороженной корки при подмораживании тела. В процессе подмораживания продукта морозильной плитой «идеальная» и пищевая «реальная» среда переходят из замкнутой в открытую систему с обеспеченным подтоком влаги в незамороженную часть тела. В «идеальном продукте» возникает отжатие незамерзшей еще воды от фронта замораживания, и вода выступает на поверхности тела. При этом вытеснение воды нарастает по тому же закону, по которому увеличивается толщина (масса) замороженного слоя.

При подмораживании мясного фарша влага не выступает на поверхности продукта, но вызывает увлажнение незамороженной части мяса. Причина — отжатие воды при образовании корки замораживания и влагосвязывающая способность мяса.

Введение

Обработка пищевых продуктов путем подмораживания является предметом обширных исследований как российских [1, 2], так и зарубежных ученых [3, 4], основной целью которых являлось выявить преимущества этой технологии по сравнению с известными технологиями охлаждения и традиционного замораживания.

Проведенные Головкиным Н.А. и др. [1] изучение и практическая реализация субкриоскопического температурного режима хранения позволили сохранять натуральные пищевые и вкусовые достоинства продуктов и значительно увеличить допустимую продолжительность хранения подмороженных продуктов сравнительно с охлажденными.

Подмораживание — это начальная стадия замораживания продукта, которую завершают через заданный промежуток времени. Теплоту замораживания можно

Abstract

The concept of «ideal product» is proposed for the study of mass transfer during partial freezing of food products by freezing plate. The ideal product is a product, in which number of factors affecting the «real product» (meat) are excluded. These factors include chemical composition of meat, quality grade of raw material (NOR, DFD, PSE), cryoscopic temperature that determines the degree of water transformation into ice, the phenomenon of osmosis, rate of freezing, etc.

By using the concept of «ideal product» and its implementation in a physical experiment, it is proved that the “piston effect” causing the migration of moisture is due to frozen crust formation during partial freezing of the body.

During partial freezing of the product by freezing plate, «ideal» and «real» food environment is transformed from closed system into open one with inflow of moisture to unfrozen part of the body. In the «ideal product», there is an expulsion of unfrozen moisture from freezing front, so the water appears on the body surface. Thus, the displacement of moisture increases by the same law, according to which the thickness (weight) of frozen layer increases.

During partial freezing of ground meat, moisture does not appear on the surface of the product, but hydrates the unfrozen part of meat. The reason of this phenomenon is the expulsion of water during formation of frozen crust and water-binding capacity of meat.

Introduction

Partial freezing of food products is extensively studied by scientists in Russia [1, 2] and abroad [3, 4]. The main aim of these studies is to identify the advantages of this technology compared to prior technologies of cooling and traditional freezing.

Golovkin N. A. et al. [1] conducted the study and practical implementation of subcryoscopic storage temperature that was found to maintain the natural taste and nutritional advantages of the products and to significantly increase the permissible storage time of partially frozen products compared to chilled ones.

Partial freezing is the initial stage of product freezing, which is completed after a specified period of time. During freezing, the heat may be withdrawn by cold air, boiling or

отводить холодным воздухом, кипящей или некипящей жидкостью, льдосолевой смесью или морозильной плитой. В результате теплоотвода в поверхностном слое продукта образуется твердая замороженная корка нужной толщины, а за ней — область с температурой тела выше точки замерзания. Толщина периферийного замороженного слоя должна быть такой, чтобы при последующем внутреннем теплообмене во всем объеме тела устанавливалась температура от минус 3 до минус 2 °С, равная температуре хранения.

Мясо и мясные продукты при положительной температуре условно можно рассматривать как двухфазную систему, состоящую из матрикса и воды. При отрицательной температуре — возникает более сложная, трехфазная система, состоящая из матрикса, воды и льда. Относительное количество воды, превратившейся в лед при подмораживании продуктов может составлять от 50 до 70% от общего содержания воды в продукте [5, 6].

При разработке математических моделей тепло-массопереноса с учетом изменения теплофизических свойств, расчете потерь массы продукта от усушки и управлении процессом подмораживания необходимо учитывать особенности, происходящие в мясе при образовании замороженной корки. Во-первых, вблизи границы фазового превращения, при понижении температуры от +4 °С до 0 °С плотность воды уменьшается и соответственно увеличивается объем воды. Возникают гидростатические силы, которые действуют отжатию незамерзшей еще воды от фронта замораживания. Во-вторых, по мере образования льда в мясе часть влаги отжимается за счет увеличения объема при превращении воды в лед. Эти два взаимосвязанных процесса являются причиной «поршневого эффекта», вызывающего миграцию влаги, которая изменяет функционально-технологические свойства и характеристики продукта (влагосодержание, влагосвязывающая и влагоудерживающая способность, структурно-механические и теплофизические свойства и т.д.) и увеличивает риск дополнительных потерь от усушки при подмораживании продукта.

В холодильной технологии большое внимание уделяют замороженной части продукта и условиям формирования в ней мелкокристаллической структуры льда, определяющей качество продукта. Однако, до сих пор не ясна роль влияния фазового перехода воды в лед при подмораживании на отжатие влаги в замороженную часть продукта.

Цель работы — экспериментально проверить гипотезу о вытесняющем влагопереносе при подмораживании водосодержащих объектов.

Материалы и методы

Для обнаружения вытесняющего потока влаги, направленного от границы замораживания в незамороженную часть тела была создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.

not boiling liquid, ice and salt mixture, or freezing plate. As a result of heat withdrawal, a hard frozen crust of desired thickness is formed in the surface layer of the product, and behind it there is an area with body temperature above the freezing point. Peripheral frozen layer thickness should be such that, in the subsequent internal heat transfer, the temperature throughout the whole body volume has the value of minus 3 °C to minus 2 °C, which is equal to storage temperature.

Meat and meat products at a positive temperature can be conventionally considered as a two-phase system consisting of matrix and water. At a negative temperature, the more complex three-phase system occurs consisting of matrix, water, and ice. Relative amount of water turned into ice at partial freezing of food products may account 50% to 70% of total moisture content in the product [5, 6].

The development of mathematical models of heat and mass transfer considering the changes in thermo-physical properties, the calculation of shrinkage loss and partial freezing process control must take into account the events occurring in meat during the formation of frozen crust. First, near the phase transition boundary, where temperature is lowered from + 4 °C to 0 °C, the density of water decreases and the volume of water correspondingly increases. There are hydrostatic forces that contribute to expulsion of unfrozen water from the freezing front. Secondly, as the ice forms in meat, the part of moisture is expelled due to volume increase during the conversion of water into ice. These two related processes are the cause of “piston effect” inducing the migration of moisture, which changes the functional and technological properties and characteristics of the product (moisture content, water-binding capacity and water-holding capacity, structural and mechanical characteristics, thermo-physical properties, etc.) and increases the risk of additional shrinkage loss during partial freezing of the product.

Refrigeration technology pays great attention to the frozen part of the product and the conditions of fine-grained ice structure formation, which determines the quality of product. However, it is still not clear how the phase transition of water into ice at partial freezing influences the expulsion of moisture to unfrozen part of the product.

The purpose of this work was to experimentally test the hypothesis of moisture displacement during partial freezing of water-containing objects.

Materials and methods

The experimental setup was created, which is shown in Figure 1, to detect the flow of moisture directed from freezing front to unfrozen part of the body.

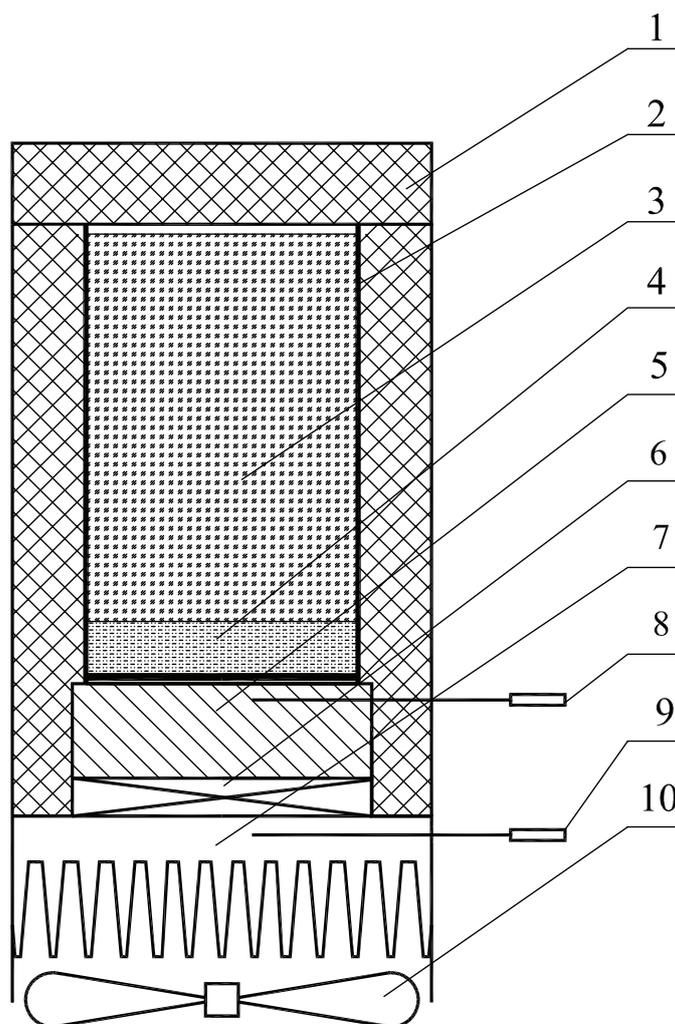


Figure 1. Experimental setup: 1 — thermal insulation; 2 — cup for frozen object; 3 — unfrozen product layer; 4 — frozen product layer; 5 — heat conductor; 6 — thermoelectric module; 7 — cooling surface of the thermoelectric module; 8, 9 — temperature sensors; 10 — fan

Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — теплоизоляция; 2 — стакан для замораживаемого объекта; 3 — незамороженный слой продукта; 4 — замороженный слой продукта; 5 — теплопровод; 6 — термоэлектрический модуль; 7 — теплоотводящая поверхность термоэлектрического модуля; 8, 9 — датчики температуры; 10 — вентилятор

Первоначально объектом исследования служила «модель фарша» — слой стеклянных шариков диаметром 0,001 м, размещенных в прозрачном пластиковом стакане 2 с алюминиевым дном. Внутренний диаметр стакана 0,057 м. Общая масса засыпаемых в стакан шариков и высота слоя шариков составляли 0,175 кг и 0,044 м соответственно. Свободное пространство между шариками заполняли водой (0,0418 кг). Во всех опытах масса шариков и воды была постоянной. Подготовленный водосодержащий образец предварительно охлаждали до 10 °С в холодильном шкафу. Предмет исследования — процесс отжата воды при подмораживании водосодержащей системы.

Перед началом замораживания образца поверхность верхнего слоя шариков подсушивали бумажными фильтрами под грузом (до полного исчезновения следов влаги). Затем образец устанавливали на торец алюминиевого теплопровода 5, охлаждаемого термоэлектрическим модулем ТВ-127-1,4-1,5 (Frost-72) и накрывали теплоизолирующим колпаком. Контроль температуры осуществляли при помощи датчи-

Initially, the object of the study was a «model of ground beef», i.e. the layer of glass beads with a diameter of 0.001 m placed in a clear plastic cup (2) with aluminum bottom. The inner diameter of cup was 0.057 m. The total mass of beads in the cup and the height of beads layer were 0,175 kg and 0,044 m, respectively. The free space between the beads was filled with water (0.0418 kg). In all experiments, the mass of beads and water was constant. The prepared water-containing sample was precooled to 10 °C in a refrigerator. The subject of research was the process of water expulsion during partial freezing of water-containing system.

Prior to the freezing of sample, the surface of the top layer of beads was dried with paper filters under load (until moisture traces completely disappear). The sample was then installed on the flat end of the aluminum heat conductor (5) cooled by the thermoelectric module TV-127-1,4-1,5 (Frost-72) and was covered with a heat insulating cover. Temperature control was performed by means of tempera-

ков температуры 8 и 9 (ТС-1288). Точность измерения температуры 0,2 °С. При этом датчик 8 использовался для измерения температуры теплопровода в месте контакта со стаканом, а датчик 9 — для контроля температуры горячей стороны термоэлектрического модуля.

Продолжительность подмораживания выдерживали такой, чтобы образовался замороженный периферийный слой нужной толщины,

По окончании подмораживания измеряли толщину замороженной корки с точностью 0,5 мм, а содержимое стакана разделяли на замороженную и незамороженную части, которые взвешивали с помощью весов BM 1502 ОКБ ВЕСТА (НПВ=1500 г, е=100 мг, НмПВ=0,5 г, d=10 мг).

Влагу, вытесненную за время подмораживания на поверхность верхнего слоя шариков, отделяли методом впитывания её бумажными фильтрами [7] с последующим взвешиванием с точностью 0,001 г.

На втором этапе исследования в качестве объекта выбран говяжий фарш. Перед началом подмораживания охлажденное мясо разрезали на небольшие кусочки, измельчали их на электромясорубке Straune и фарш тщательно перемешивали. Замораживающий стакан наполняли фаршем и помещали в холодильный шкаф для выравнивания температуры до 10 °С. Последующие операции выполняли также, как и с образцом, содержащим стеклянные шарики.

Массовую долю влаги мясного фарша определяли перед замораживанием (W_0) и после заданной продолжительности подмораживания. При этом пробы отбирали в разных точках по высоте незамороженной части образца и после определения влажности вычисляли среднее значение (W_{cp}). По величине (W_{cp} / W_0) — оценивали относительное увлажнение незамороженной части фарша за время подмораживания. Определение массовой доли влаги проводили методом высушивания при 105 °С в аппарате MOISTURE ANALYZER ML-50, A&D Co., LTD (0,1% / Max 51 g).

Результаты и обсуждение

В соответствии с современными системными воззрениями при изучении холодильных технологий используют различные виды моделей (физические, математические, морфологические, функциональные, информационные и др.), отображающие определенную группу свойств системы. При этом выбор альтернативных средств реализации технологических функций осуществляют на разных уровнях абстрагирования [8, 9]. В истории науки немало примеров введения понятий и использования, так называемых, «идеальных моделей» (идеальный газ, идеальный компрессор, обратимый процесс и др.). Мы предлагаем понятие «идеальный продукт», в котором намеренно исключено действие ряда влияющих факторов «реального продукта» (мяса). К ним относятся:

temperature sensors (8 and 9) (ТС-1288). Temperature measurement accuracy was 0,2 °С. The sensor 8 was used to measure temperature of heat conductor in the point of contact with cup, and the sensor 9 was used to control the temperature of the hot side of thermoelectric module.

The duration of partial freezing was such that the frozen peripheral layer of desired thickness has been formed. Upon completion of partial freezing, the frozen crust thickness was measured with an accuracy of 0.5 mm, and the contents of the cup was separated into the frozen and unfrozen parts that were weighed with BM 1502 ОКБ ВЕСТА scales (upper weight limit = 1500 g, e = 100 mg, lower weight limit = 0.5 g, d = 10 mg).

Moisture displaced during partial freezing to the surface of the top layer of beads was separated by soaking it with paper filters [7] followed by weighing them with an accuracy of 0.001 g.

At the second stage of experiment, ground beef was selected as the object of the study. Prior to partial freezing, the chilled meat was cut into small pieces and minced with Straune electric mincing machine. Then the ground beef was mixed thoroughly. Cup was filled with ground beef and placed in a refrigerator for temperature equalization at the level of 10 °С. Subsequent operations were carried out in the same way as with the sample containing glass beads.

The moisture content of ground beef was determined prior to freezing (W_0) and after the predetermined duration of partial freezing. The samples were taken at different points along the height of the unfrozen part of the sample and, after determination of moisture content, an average value was calculated (W_{cp}). The value (W_{cp} / W_0) was used to evaluate the relative hydration of the unfrozen part of ground beef during partial freezing. Determination of moisture content was carried out by drying at 105 °С in MOISTURE ANALYZER ML-50, A&D Co., LTD (0,1% / Max 51 g).

Results and discussion

In accordance with current knowledge, the studies of refrigeration technologies use different types of models (physical, mathematical, morphological, functional, informational, etc.) representing a certain group of system properties. The selection of alternative means for implementation of technological functions is carried out at different levels of abstraction [8, 9]. In the history of science, there are many examples of concepts introduction and use of so-called «ideal models» (ideal gas, ideal compressor, reversible process, etc.). We propose the concept of «ideal product», in which number of factors affecting the «real product» (meat) are excluded. These factors include:

- Химический состав мяса;
- Группа качества мясного сырья: NOR (нормальное), DFD (Dark, Firm, Dry) — темное, твердое, сухое и PSE (Pale, Soft, Exsudative) — бледное, мягкое, водянистое;
- Криоскопическая температура мяса, определяющая степень перехода воды в лед;
- Явление осмоса;
- Скорость замораживания и др.

В качестве «идеального продукта» и физической модели говяжьего фарша выбран слой стеклянных шариков, свободное пространство между которыми заполнено водой.

Ранее нами установлено [10], что при подмораживании мяса морозильной плитой толщина замороженной корки ξ нарастает в соответствии с уравнением $\xi = \beta \sqrt{\tau}$, где β — постоянный коэффициент, τ — продолжительность процесса подмораживания мяса.

В случае адекватности модели «идеального продукта» данные по его подмораживанию, представленные в координатах ξ^2 от τ , должны группироваться на прямой линии, проходящей через начало координат.

Результаты, полученные по подмораживанию водосодержащего слоя стеклянных шариков, свидетельствуют, что толщина замороженного слоя в квадрате линейно изменялась со временем (рис. 2), и модель «идеального продукта» адекватна.

- Chemical composition of meat;
- Quality grade of raw material: NOR (normal meat), DFD (Dark, Firm, Dry meat) and PSE (Pale, Soft, Exudative meat);
- Cryoscopic meat temperature that determines the degree of water transformation into ice;
- The phenomenon of osmosis;
- Rate of freezing, etc.

The layer of glass beads, the space between which is filled with water, is selected as the «ideal product» and as the physical model of ground beef.

We have previously established [10] that, during the partial freezing of meat by freezing plate, the thickness of frozen crust ξ increases according to the equation $\xi = \beta \sqrt{\tau}$, where β is a constant factor, and τ is the process duration of meat partial freezing.

In the case of «ideal product» model adequacy, the data on its partial freezing represented in the coordinates of ξ^2 vs τ should be grouped together in a straight line passing through the origin of coordinates.

The results obtained by partial freezing of water-containing layer of glass beads indicate that the squared thickness of the frozen layer varies linearly against time (Fig. 2) and the «ideal product» model is adequate.

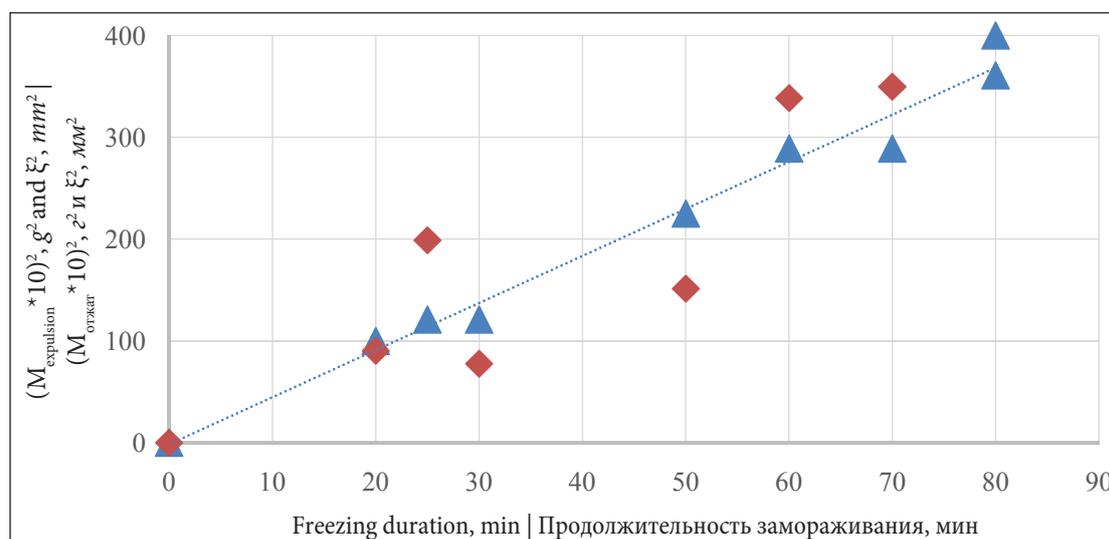


Figure 2. Comparison of patterns for increase of frozen crust thickness (triangles) and the mass of expelled water (rhombuses) during the partial freezing of «ideal product» by freezing plate

Рис. 2. Сравнение закономерности нарастания толщины замороженной корки (треугольники) и массы отжатой воды (ромбы) при подмораживании морозильной плитой «идеального продукта»

Другой, наиболее важный для данной ситуации вывод заключается в том, что количество вытесненной воды нарастало по тому же закону, по которому увеличивалась толщина (масса) замороженного слоя. Таким образом, количество вымороженной массы в теле является ключевым фактором, определяющим состояние увлажнения незамороженной части продукта.

Another most important conclusion for this situation is that the amount of displaced moisture increases by the same law, according to which the thickness (weight) of frozen layer increases. Thus, the amount of frozen mass in the body is a key factor determining the state of hydration of the unfrozen part of the product.

Громли и др. [11, 12] исследовали влияние температурных режимов хранения ряда пищевых продуктов, при температурах минус 60, минус 30 и температурных колебаниях $-30 > -10 > -33$ °C. В частности, при замораживании пиццы, обсыпанной сыром, измерения проводили на верхней половине каждого коржика, и авторы обратили внимание на то, что «...пицца, выдержавшая режим колебаний температуры имела самое высокое содержание влаги (38.6, 38.0 и 40.0%), что **наводит на мысль о перемещении влаги** из верхней части коржика» [11]; при этом авторы работы не дали объяснения происходящему физическому явлению.

Наши наблюдения и измерения показали, что в отличие от «идеального продукта» появление отжатой влаги на поверхности «реального продукта» — говяжьего фарша — не происходит. Если предположить, что отжимаемая влага связывается и удерживается мясным фаршем, то это должно приводить к увлажнению его незамороженной зоны.

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют, что массовая доля влаги в незамороженной зоне подмораживаемого фарша становилась тем больше, чем больше толщина замороженного слоя (рис. 3). Следовательно, процесс вытесняющего массопереноса сопутствует замораживанию и только ему свойственно.

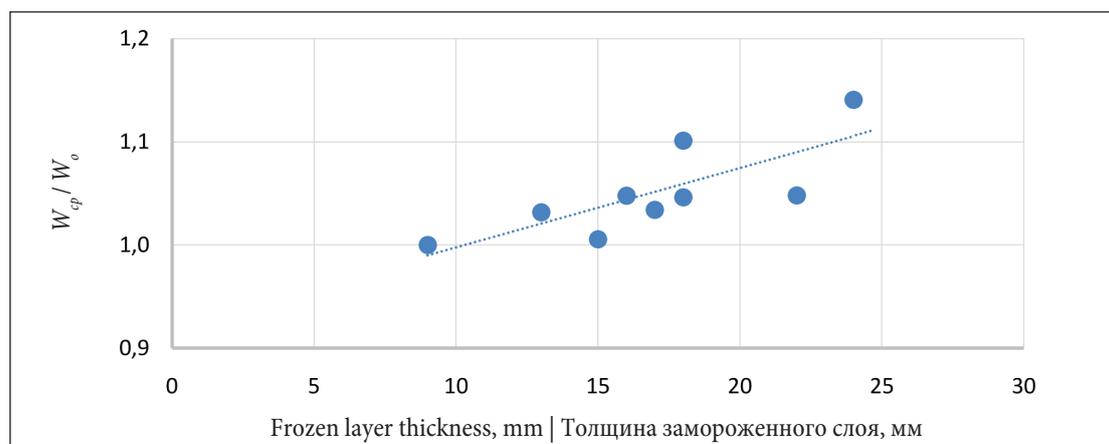


Figure 3. Change in moisture content in the unfrozen part of ground beef against the frozen layer thickness during the partial freezing

Рис. 3. Изменение относительной влажности незамороженной части говяжьего фарша от толщины замороженного слоя при подмораживании

Анализ опытных данных о массопереносе, сопровождаемый оценкой динамики льдообразования, значительно дополняет и расширяет общую картину тепломассообменных явлений, происходящих при подмораживании мясного фарша морозильной плитой, и подтверждает гипотезу о вытесняющем массопереносе при фазовом переходе водосодержащих систем.

Выводы

С помощью предложенного понятия «идеальный продукт» и реализации его в физическом эксперименте доказано, что «поршневой эффект», вызывающий

Gormley et al. [11, 12] studied the effect of temperature modes during the storage of different food products at temperatures of minus 60, minus 30, and temperature variations of -30 °C to -10 °C to -33 °C. In particular, when freezing the pizza with cheese the measurements were performed on the upper half of each cake and the authors noted that «...the pizza bases from the fluctuating regime had the highest moisture content (38.6, 38.0, 40.0%) and **suggests moisture migration from the topping**. The treatments had no effect on moisture content in the bottom half of the base (mean 38.6%), or in the topping (mean 53.6%)...» [11]; although, the authors of the work did not give an explanation for that physical phenomenon.

Our observations and measurements showed that, in contrast to the «ideal product», the appearance of expelled moisture on the surface of the «real product», i.e. beef ground beef, did not take place. Assuming that the expelled moisture is bound and held by the ground meat, this fact should lead to hydration of unfrozen parts of the product.

The experimental results show that the greater the thickness of frozen layer in partially frozen ground beef the greater the moisture content in its unfrozen part (Fig. 3). Consequently, the freezing is accompanied by mass transfer due to displacement of moisture, which is characteristic only of freezing.

Analysis of experimental data on the mass transfer followed by assessment of ice formation dynamics significantly complements and enhances the overall picture of heat and mass transfer occurring during partial freezing of ground meat by freezing plate. Also, it confirms the hypothesis of mass transfer due to displacement of moisture during the phase transition of water-containing systems.

Conclusions

By using the concept of «ideal product» and its implementation in a physical experiment, it is proved that the «piston effect» causing the migration of moisture is due

миграцию влаги, возникает за счет образования замороженной корки при подмораживании тела.

Подмораживание «идеального продукта» вызывает перенос влаги на поверхность незамороженной части тела.

При подмораживании мясного фарша образующаяся замороженная корка отжимает часть влаги в незамороженную зону фарша, соответственно повышая его влажность.

to frozen crust formation during partial freezing of the body.

Partial freezing of «ideal product» causes the transfer of moisture to the surface of the unfrozen part of the body.

During partial freezing of ground meat, the frozen crust formed expulses part of moisture to the unfrozen area of the product, correspondingly increasing its moisture content.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головкин Н.А., Маслова Г.В., Скоморовская И.Р. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах. — М.: Агропромиздат, 1987. — С. 272.
2. Чижов Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — С. 271.
3. Frozen Food Science and Technology. Edited by Judith A. Evans. — Food Refrigeration and Process Engineering Research Centre (FRPERC) University of Bristol, UK: Blackwell Publishing, 2009. — P. 368.
4. Stonehouse G.G., Evans J.A. The use of supercooling for fresh foods: A review // *Journal of Food Engineering*. — 2015. — T. 148. — P. 74–79.
5. Riedel L. Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Fleisch. // *Kältetechnik*. — 1957. — № 2. — P. 38–40.
6. Рютов Д.Г. Влияние связанной воды на образование льда в пищевых продуктах при их замораживании. // *Холодильная техника*. — 1976. — № 5. — С. 32–37.
7. Trout G.R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods — a review of methodology // *Meat Science*. — 1988. — 23. — P. 232–235.
8. Stefanovskiy V. M. Processes and Technological Systems for Freezing of Foodstuff. // *Handbook of Research on Advances and Applications in Refrigeration Systems and Technologies (2 Vols.)* / ed. Pedro Dinis Gaspar (University of Beira Interior, Portugal) and Pedro Dinho da Silva (University of Beira Interior, Portugal). — Chicago: IGI Global, 2015. — P. 412–432. DOI: 10.4018/978-1-4666-8398-3.
9. Стефановский В.М., Тимофеева Н.М., Стефановская Н.В. Сокращение усушки мяса при холодильной обработке (Прогнозное исследование). — М.: ВНИИПИ, 1989. — С. 65.
10. Стефановский В.М., Поляков И.А., Петров В.В. Подмораживание мяса морозильной плитой. // *Холодильная техника*. — 2016. — № 2. — С. 55–58.
11. Gormley T.R., Brennan M. & Butler F. Upgrading the cold chain for consumer food products. — Dublin: Teagasc Press, 2000. — P. 32.
12. Gormley R., Walshe T., Hussey K., & Butler F. (2002). The effect of fluctuating vs. constant frozen storage temperature regimes on some quality paramets of selected food products. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie — Food Science and Technology*, 35 (2), 190–200. doi:10.1006/fstl.2001.0837

REFERENCES

1. Golovkin N.A., Maslova G.V., Skomorovskaya I.R. Frozen animal products at subcryoscopic temperatures. — M.: Agropromizdat, 1987. — P. 272.
2. Chizhov G. B. Thermal processes in the food refrigeration technology. — M.: Food Industry, — 1979. — P. 271.
3. Frozen Food Science and Technology. Edited by Judith A. Evans. — Food Refrigeration and Process Engineering Research Centre (FRPERC) University of Bristol, UK: Blackwell Publishing, — 2009. — P. 368.
4. Stonehouse G.G., Evans J.A. The use of supercooling for fresh foods: A review // *Journal of Food Engineering*. — 2015. — T. 148. — P. 74–79.
5. Riedel L. Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Fleisch. // *Kältetechnik*. — 1957. — № 2. — P. 38–40.
6. Riutov D. G. Influence of bound water on ice formation in foodstuffs during their freezing. *Refrigeration technology*. — 1976. — № 5. — P. 32–37.
7. Trout G. R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods — a review of methodology // *Meat Science*. 1988. — 23. — P. 232–235.
8. Stefanovskiy V. M. Processes and Technological Systems for Freezing of Foodstuff. // *Handbook of Research on Advances and Applications in Refrigeration Systems and Technologies (2 Vols.)* / ed. Pedro Dinis Gaspar (University of Beira Interior, Portugal) and Pedro Dinho da Silva (University of Beira Interior, Portugal). — Chicago: IGI Global, 2015. — P. 412–432. DOI: 10.4018/978-1-4666-8398-3.
9. Stefanovskiy V.M., Timofeeva N.M., Stefanovskaya N.V. Reducing shrinkage of meat during the cooling treatment (Predictive research). — M.: VNIPI, 1989. — P. 65.
10. Stefanovskiy V.M., Polyakov I.A., Petrov V.V. Meat partial freezing using a freezing plate. *Refrigeration technology*. 2016; (2): P. 55–58.
11. Gormley T.R., Brennan M. & Butler F. Upgrading the cold chain for consumer food products. — Dublin: Teagasc Press, 2000. — P. 32.
12. Gormley R., Walshe T., Hussey K., & Butler F. (2002). The effect of fluctuating vs. constant frozen storage temperature regimes on some quality paramets of selected food products. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie — Food Science and Technology*, 35 (2), 190–200. doi:10.1006/fstl.2001.0837

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Стефановский Владимир Михайлович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности 125422, Москва, ул. Костякова, д. 12.

Тел.: 8-495-253-15-74

E-mail: stef-vm@yandex.ru

Поляков Игорь Алексеевич — старший научный сотрудник лаборатории холодильного оборудования, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности 125422, Москва, ул. Костякова, д. 12.

Тел.: 8-910-457-77-89

E-mail: hsh05@yandex.ru

Петров Владимир Владимирович — старший научный сотрудник, заведующий лабораторией холодильного оборудования, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности.

125422, Москва, ул. Костякова, д. 12.

Тел.: 8-909-976-84-22

E-mail: bestprofile@yandex.ru

Критерии авторства

Стефановский В.М. разработал методологию исследования, участвовал в проведении экспериментов, провел анализ полученных данных и занимался описательной частью.

Поляков И.А. сконструировал и изготовил экспериментальную установку, проводил исследование по динамике подмораживания водосодержащего слоя стеклянных шариков и мясного фарша, и занимался описательной частью.

Петров В.В. участвовал в создании экспериментальной установки, в обсуждении результатов, корректировал рисунки к рукописи до подачи в редакцию.

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 12.10.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Stefanovskiy Vladimir Michailovich — doctor of technical sciences, professor, chief research scientist, The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry

125422, Moscow, Kostyakova str., 12

Tel.: 8-495-253-15-74

E-mail: stef-vm@yandex.ru

Polyakov Igor Alekseevich — senior research scientist, Refrigeration equipment laboratory, The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry

125422, Moscow, Kostyakova str., 12

Tel.: 8-910-457-77-89

E-mail: hsh05@yandex.ru

Petrov Vladimir Vladimirovich — senior research scientist, head of Refrigeration equipment laboratory, The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry

125422, Moscow, Kostyakova str., 12

Tel.: 8-909-976-84-22

E-mail: bestprofile@yandex.ru

Contribution

Stefanovskiy V. M. developed the research methodology, participated in conduction of experiments, carried out the data analysis, and worked with narrative.

Polyakov I. A. designed and manufactured experimental setup, carried out the experiments on the partial freezing dynamics of water-containing layer of glass beads and ground meat, and worked with narrative.

Petrov V. V. participated in the manufacturing of the experimental setup and in the discussion of results, corrected the figures in the manuscript before submission to the editor.

All the authors are responsible for the work and the information provided.

Conflict of interest

The authors declares no conflict of interest.

Received 12.10.2016

RESEARCHING OF MEAT AND FAT COLOUR AND MARBLING IN BEEF

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЫШЕЧНОЙ И ЖИРОВОЙ ТКАНЕЙ И МРАМОРНОСТИ ГОВЯДИНЫ

Lisitsyn A.B., Kozyrev I.V.

The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

Ключевые слова: говядина, цвет мышечной ткани, цвет жировой ткани, качество мяса.

Keywords: beef, meat colour, fat colour, meat quality.

Аннотация

В результате исследований цвета мышечной и жировой тканей и мраморности на длиннейшей мышце спины (*L. dorsi*) крупного рогатого скота различного направления продуктивности — мясного (породы абердин-ангус, герефорд) и мясо-молочного (породы симментальская, черно-пестрая) — определены группы по показателю цвета в международно-цветовой модели Lab. Измерения проводили через 24 часа после убоя между 12 и 13 ребрами. Установлено, что различные диапазоны цвета мышечной ткани отличались прежде всего показателями *L (светлота) и *a (краснота), тогда как показатель *b (желтизна) изменялся не так значительно. Наибольшая дифференциация между различными диапазонами цвета жировой ткани отмечена по показателю b, тогда как показатели L и a отличались незначительно. Проводили также сравнение визуальной оценки мраморности говядины по четырем степеням (небольшая, умеренная, хорошая, насыщенная) с приборным (микроструктурным) анализом с применением компьютерной системы анализа изображений. Морфометрические исследования мраморности проводили в соответствии с принципами системного количественного анализа. Для проведения количественных измерений задавали параметры анализа объекта (площадь). Применяли как автоматическое, так и ручное измерение заданных параметров. В результате исследования мраморности на длиннейшей мышце спины (*L. dorsi*) установлена высокая степень корреляции между визуальной и приборной оценками мраморности.

Abstract

The studies of meat and fat colour and marbling in *Longissimus dorsi* of different cattle — beef-producing (Aberdeen-Angus, Hereford breeds) and dual-purpose (Simmental, Black-and-white breeds) — allowed to define groups by the colour values according to Lab international colour model. Measurements were performed 24 hours post-mortem between 12th and 13th ribs. It was found that different ranges of meat colour differed primarily in L^* (lightness) and a^* (redness) values, while b^* (yellowness) values did not significantly differ. The highest differentiation between ranges of fat colour was noted in b^* values, whereas L^* and a^* slightly differed. Moreover, visual assessment of beef marbling by four grades (small, moderate, good, and rich) and instrumental (microstructural) analysis using a computer image analysis system were carried out. The morphometric study of marbling was conducted in accordance with the principles of system quantitative analysis. To perform quantitative measurements, object analysis parameters (area) were specified. Both automatic and manual measurements of specified parameters were used. The study of *Longissimus dorsi* marbling established high agreement between visual and instrumental evaluations of marbling.

Введение

Цвет является важным критерием качества, отображающим функциональные и технологические свойства мяса, и необходимым фактором для привлечения покупателя и коммерческого успеха. Кроме того, показатель цвета является индикатором многих физиологических, биохимических и технологических процессов.

Окрашивание веществ в определенный цвет происходит в результате их взаимодействия с видимой частью спектра электромагнитных волн (400–750 нм). Образование цвета мяса — более сложный процесс, чем окрашивание неорганических веществ. Сложность обусловлена участием в этом процессе молекулярного кислорода, четырехдентатного лиганда порфирина с обширной системой сопряженных двойных связей, иона железа Fe^{2+} , способного окисляться, и других причин [1].

Introduction

Colour is an important quality characteristic reflecting the functional and technological properties of meat and necessary factor for customer attraction and commercial success. Furthermore, the colour values indicate many physiological and biochemical processes.

Certain colour of different substances is due to their interaction with visible part of the electromagnetic spectrum (400–750 nm). Meat colour formation is more complicated process compared to staining of inorganic substances. The complexity is due to the involvement of molecular oxygen, tetradentate porphyrin ligand with an extensive system of conjugated double bonds, oxidizable Fe^{2+} ions, and other factors [1].

Почти все современные способы измерения цвета основаны на системе спецификации цвета МКО. Название является аббревиатурой французского названия Международной комиссии по освещению, которая установила эту систему в 1931 году. Хотя с тех пор в систему вносились изменения, ее основная структура и принципы остались неизменными, и она широко используется в настоящее время. Цель системы МКО заключается в том, чтобы указать, каким образом можно воспроизвести цвет. Принятая в настоящее время теория цветности базируется на трех законах сложения цветов, установленных Грассманом. [2, 3]

Говядина является важным видом мяса в питании человека. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, производство говядины в России в абсолютном выражении растет с каждым годом. Так, в 2015 году, в структуре производства крупного рогатого скота на убой во всех категориях хозяйств (2879,5 тыс. тонн) доля специализированного мясного и помесного скота достигла 451,4 тыс. тонн, что составляет 15,7%. За январь-декабрь 2015 года объем промышленного производства говядины (включая субпродукты), составил 271,9 тыс. тонн (+11,0 к соответствующему периоду 2014 г.) [4]. Рост поголовья специализированных пород и их помесей стимулируется дотированием из бюджетов всех уровней [5].

В настоящее время заинтересованность российских предприятий в производстве качественной говядины растет с каждым годом. Использование при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности позволяет предприятиям получать продукцию высокого качества, соответствующую самым строгим мировым стандартам, и уверенно двигаться в направлении замещения импортной говядины на российском рынке продукцией отечественного производства. При этом исключительно важным является вопрос объективной оценки говядины и дальнейшего ее использования в зависимости от показателей качества и технологических свойств.

Во всем мире уже давно сложилась практика оценки говядины по цвету мышечной и жировой тканей, так как эти показатели дают объективное представление о качестве мяса, а кроме того, их измерение легко осуществить в условиях конвейера на этапе разделения полутуш на четвертины на участке разделки и обвалки. На основании измерения цвета мяса и мраморности можно спрогнозировать его ценность, как для промышленности, так и для потребителя [6]. В Австралии, считающейся одним из признанных лидеров в сфере производства высококачественной говядины, с 2007 года действуют единые эталоны цвета мышечной и жировой тканей и мраморности [7]. В Канаде система оценки говядины по показателям цвета существует с 80-х годов XX века

Almost all modern methods of colour measurement are based on the CIE colour specification system. The name is an acronym in French for the International Commission on Illumination, which established the system in 1931. Although, since the system has been amended, its basic structure and principles have remained unchanged, and it is widely used nowadays. The purpose of the CIE system is to indicate how to reproduce the colour. Currently accepted theory of colour is based on three laws of colour addition established by Grassmann [2, 3].

Beef is an important meat type in human nutrition. According to the Ministry of Agriculture of Russian Federation, beef production grows in absolute terms every year. So, in 2015, in the structure of slaughtered cattle production in all categories of farms (2879.5 thousand tons), the proportion of specialized beef-producing cattle and crossbred cattle reached 451.4 thousand tons, which is 15.7%. During January-December 2015, the volume of industrial production of beef (including offal), amounted to 271.9 thousand tons (11.0 thousand tons higher compared to corresponding period of 2014) [4]. The increase in livestock population of specialized breeds and their crossbreeds is stimulated by subsidizing from the budgets of all levels [5].

Currently, the interest of Russian companies in the production of high quality beef increases every year. Growing and fattening of young beef-producing cattle allows businesses in the Russian market to receive high quality products that meet the most stringent international standards, and to move confidently in the direction of imported beef substitution with domestically produced meat. However, an extremely important question is the objective evaluation of beef and its further use depending on quality parameters and technological properties.

All over the world, there is a long established practice of beef evaluation by the colour of muscle and fat tissue, as these indicators provide an objective view of meat quality. In addition, their measurement is easily carried out in the conveying system at the stage of half carcass separation into quarters during cutting and deboning. Based on meat colour and marbling, beef value can be predicted, both for industry and for the consumer [6]. Since 2007, Australia, which is considered one of the recognized leaders in the production of high quality beef, have established uniform standards of meat and fat colour and marbling [7]. In Canada, beef grading system according to colour indicators was established in the 80s of XX century and is constantly

и постоянно совершенствуется для повышения объективности и наилучшего соответствия предпочтениям потребителей [8].

Однако, как показало проведенное нами предварительное изучение существующей мировой практики стандартизации говядины, единых эталонов цвета мышечной и жировой ткани и мраморности в мире не существует. Это связано с национальными особенностями выращивания и откорма крупного рогатого скота, а также с различными предпочтениями потребителей.

В связи с этим возникла необходимость в разработке эталонов цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности, применимых к российским условиям, с учетом особенностей выращивания крупного рогатого скота и производства говядины, на базе которых впоследствии будут созданы объективные и достоверные экспресс-методы оценки качества говядины.

Материалы и методы

Для определения цвета мышечной и жировой ткани в производственных условиях использовали спектрофотометр Konica Minolta CM-2300d (производитель: Япония).

Так как при визуальной оценке цвета мяса значительное влияние оказывают источник света и угол наблюдения [9, 10], все измерения проводили при источнике освещения D65 (стандартный дневной свет) с углом наблюдения 2°, каждое измерение проводили с двукратной повторностью, за результат измерения принимали среднее арифметическое двух измерений.

Для статистической обработки данных использовали компьютерные программы MS Excel, IBM SPSS Statistics.

Измерения проводили на длиннейшей мышце спины (L. dorsi) молодняка (до 24 месяцев) крупного рогатого скота различных направлений продуктивности — мясного (породы абердин-ангус, герефорд) и мясо-молочного (породы симментальская, чернопестрая). Измерения проводили между 12 и 13 ребрами. Для сбора данных цвета мышечной ткани было проведено более 150 измерений, цвета жировой ткани — более 100 измерений. Все измерения проводились через 24 часа после убоя. Измерения были использованы для определения цветовых классов мышечной и жировой тканей, характерных для говядины российского производства, и установления средних (эталонных) значений для каждого класса.

Проводили также сравнение визуальной оценки мраморности говядины по четырем степеням (небольшая, умеренная, хорошая, насыщенная) с приборным (микроструктурным) анализом с применением компьютерной системы анализа изображений «AxioVision 4.7.1.0», адаптированной для гистологических исследований.

being improved to enhance the objectivity and meet consumer preferences the best way [8].

However, as demonstrated by our preliminary study of existing world practice of beef standardization, there are no uniform world standards of meat and fat colour and marbling. This is due to national aspects of cattle breeding and fattening, as well as various preferences of consumers.

In this connection, there is a need to develop standards of meat and fat colour and marbling applicable to Russian market conditions, taking into account the aspects of cattle breeding and beef production, on the basis of which objective and reliable rapid methods for evaluating beef quality will be subsequently established.

Materials and methods

To determine meat and fat colour in a production environment, Konica Minolta CM-2300d spectrophotometer (Japan) was used.

Since the visual colour evaluation is strongly influenced by the light source and viewing angle [9, 10], all measurements were carried out with D65 light source (standard daylight) and observation angle of 2°. Each measurement was performed twice, and the result was the average of two measurements.

Statistical analysis of data was performed using MS Excel and IBM SPSS Statistics software.

Measurements were carried out in *Longissimus dorsi* of different young (up to 24 months) cattle — beef-producing (Aberdeen-Angus, Hereford breeds) and dual-purpose (Simmental, Black-and-white breeds). Measurements were carried out between the 12th and 13th ribs. Overall, more than 150 measurements of muscle tissue colour were carried out, as well as more than 100 measurements for fat colour. All measurements were taken 24 hours post-mortem. The measurements were used to determine the colour grades of meat and fat, which are characteristic of Russian beef, and to establish average (standard) values for each grade.

The comparison was carried out for visual assessment of beef marbling by four grades (small, moderate, good, and rich) and instrumental (microstructural) analysis using AxioVision 4.7.1.0 computer image analysis system adjusted for histological studies.

Результаты и обсуждение

В результате математической обработки данных на основании усредненных значений определены пять классов по цвету мышечной ткани и четыре класса по цвету жировой ткани в системе Lab, которые представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

Установлено, что значения цвета мышечной ткани между различными классами отличались, прежде всего, показателями L^* (светлота) и a^* (краснота), тогда как показатель b^* (желтизна) изменялся не так значительно. В результате расчёта процентной разницы установили, что различия в показателе L^* (светлота) между классами 1 и 5 составляют 69,05%, в показателе a^* — 64,0%, в показателе b^* — 45%. Цветовое различие dE между каждыми двумя соседними классами составило 5 и более, что достаточно для восприятия цветового различия человеческим глазом — в среднем, человек воспринимает цветовое различие dE в 3–4 единицы и более.

Согласно данным Benjamin W.B., Holman с соавторами [11], сравнение инструментальной оценки цвета говядины с предпочтениями потребителей выявило зависимость изменения предпочтений от показателей L^* и b^* , тогда как изменение показателя a^* не оказывало значительного влияния на потребительскую оценку говядины по внешнему виду. R.A. Mancini и M.C. Hunt [12] в обзоре существующих методов оценки (инструментальной и визуальной) мяса по показателю цвета утверждают, что наибольшее изменение цвета мяса вызвано, прежде всего, изменением показателя L^* (светлота). К аналогичным выводам пришли в своей работе R. Morales, A.P.S. Aguiar с соавторами [13], на основе опроса 204 потребителей, что предпочтения изменяются, прежде всего, при разнице между показателями L^* .

В ходе проведенной экспериментальной работы в условиях российских мясоперерабатывающих предприятий были получены данные, в результате математической обработки которых были определены значения эталонов цвета жировой ткани (табл. 2).

Установлено, что значения цвета жировой ткани между различными классами отличались, прежде всего, показателем b^* (желтизна). В результате рас-

Table 1. Average values of meat colour by grades

Табл. 1. Средние значения цвета мышечной ткани для классов

Parameter in Lab colour model Цветовая модель	Ranges of colour values Диапазоны цвета				
	1	2	3	4	5
L^*	42±2	39±1.5	36±1.5	33±1.5	29±2.5
a^*	25±2	22±2	21±2	20±2	16±2
b^*	20±1.5	16±2	15±1	12±2	9±1
Visual display of colour Визуальное отображение цвета					

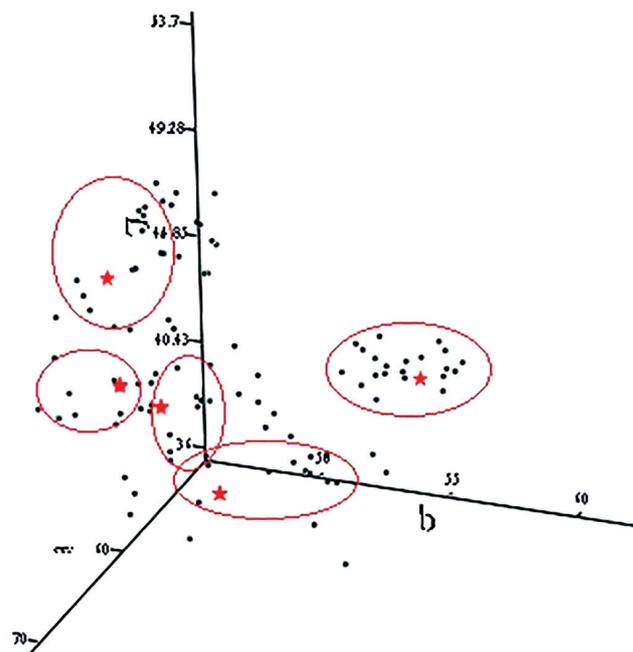


Figure 1. The graph of colour values distribution

Рис. 1. График распределения показателей цвета

Results and discussion

As a result of data mathematical processing on the basis of average values, five grades of meat colour and four grades of fat colour were determined in Lab system, which are presented in Figure 1 and Table 1.

It was found that meat colour values differ between grades primarily by L^* (lightness) and a^* (redness), whereas b^* (yellowness) values varied not significantly. As a result, the calculation of percent difference determined that the difference in L^* (lightness) between grades 1 and 5 is 69.05%, as well as the difference in a^* is 64,0%, and in b^* is 45%. Colour difference dE between each two neighbouring grades was 5 or more, which is sufficient for perception by the human eye, as the average colour difference dE recognizable by human is 3–4 units and more.

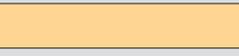
According to Benjamin W. B., Holman et al. [11], comparison of the instrumental analysis of beef colour with consumer preferences revealed the dependence of preferences on L^* and b^* values, whereas variations in a^* values did not significantly influence the visual beef assessment by consumers. R. A. Mancini and M.C. Hunt [12] in a review of existing colour evaluation methods (visual and instrumental) of meat stated that the greatest variations in meat colour were caused, first of all, by variations in L^* (lightness) values. R. Morales, A. P. S. Aguiar et al. [13] in their work based on the interview of 204 consumers made similar conclusions that preferences vary most of all with the difference between L^* values.

As a result of mathematical processing of data obtained during the experimental work in the conditions of Russian meat-processing enterprises, fat colour standards were identified (Table 2).

It was found that colour values differ between grades primarily in b^* (yellowness). The calculation of percent

Table 2. Average values of fat colour by grades

Табл. 2. Средние значения цвета жировой ткани для классов

Fat colour Цвет жира	Parameter in Lab colour model Характеристика в цветовой модели Lab		
	L*	a*	b*
1 	98±2	3±0.5	5±3
2 	94±2	4±1	11±2
3 	91±1.5	4±1	23±3
4 	88±3	6±1	37±3

чёта процентной разницы установили, что различия в показателе *L (светлота) между классами 1 и 4 составляют 10.02%, в показателе *a — 100,0%, в показателе *b — 640,0%. Аналогичные данные получены при компьютерном исследовании цвета жировой ткани говядины, выращиваемой в странах Азии К. Chen с соавторами [14]. Различия в показателе *b, а также в содержании жирных кислот и в органолептических показателях жировой ткани с различными цветовыми характеристиками установили А.Р. Moloney, М.Т. Mooney с соавторами [15] при изучении показателей качества жировой ткани ирландского крупного рогатого скота.

Морфометрические исследования мраморности проводили в соответствии с принципами системного количественного анализа. Для проведения количественных измерений задавали параметры анализа объекта (площадь). Применяли как автоматическое, так и ручное измерение заданных параметров. Полученные результаты (таблица 3) переводили в другие компьютерные программы для дальнейшей статистической обработки.

Полученные данные свидетельствуют о совпадении визуальной оценки мраморности с приборной (микроструктурной) и возможности применения в промышленных условиях как приборной, так и визуальной оценки мраморности.

Выводы

Установлены средние значения цвета по показателям L, a, b для каждого диапазона мышечной и жировой тканей молодняка (до 24 месяцев) крупного рогатого скота различных направлений продуктивности и пород.

Показано совпадение визуальной оценки мраморности с приборной (микроструктурной), что позволяет сделать заключение о возможности использования эталонов при определении качества говядины по этому признаку.

Table 3. Comparative assessment of beef samples marbling

Табл. 3. Сравнительная оценка мраморности образцов говядины

Item № п/п	Marbling visual assessment Визуальная оценка мраморности	Microstructural analysis of fat tissue inclusions in one image Микроструктурный анализ включений жировой ткани в одном снимке	
		number, pcs. количество, шт.	area, % of the total image area площадь, % к общей площади снимка
1	Small Небольшая	296	10.2
2	Moderate Умеренная	514	16.55

difference determined that L* (lightness), a* (redness), and b* (yellowness) values varied between grades 1 and 4 by 10.02%, 100.0%, and 640.0%, respectively. Similar results were obtained by K. Chen et al. in a computer study of fat colour in beef grown in Asian countries [14]. During the study of quality indicators of fat in Irish cattle, A.P. Moloney, M.T. Mooney et al. revealed variations in b* values, fatty acids content and sensory properties of fat with different colour characteristics [15].

The morphometric study of marbling was conducted in accordance with the principles of system quantitative analysis. To perform quantitative measurements, object analysis parameters (area) were specified. Both automatic and manual measurement of specified parameters were used. The results obtained (Table 3) were transferred to other software programs for further statistical processing.

The findings suggest the agreement between visual assessment and instrumental (microstructural) analysis of marbling and the potential application of both methods in industry.

Conclusion

Average values (L*, a*, b*) for each range of meat and fat colour from different young (up to 24 months) cattle were established.

High agreement was shown for visual assessment and instrumental (microstructural) analysis of marbling allowing the possibility of standards implementation to determine the beef quality by this parameter.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мурашев С. В., Воробьев С. А., Жемчужников М. Е. Физические и химические причины возникновения красного цвета мяса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств» / 2010, № 1. — С. 17–20.
2. Richard C. Dougal, Clive A. Greated and Alan E. Marson Then and now: James Clerk Maxwell and colour // Elsevier Ltd Optics & Laser Technology. — School of Physics, University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JZ, UK, 2005. — Т. 38, № 4–6. — С. 210–218.
3. Цвет в промышленности / Под ред. Р. Мак-Дональда: Пер. с англ. И.В. Пеновой, П.П. Новосельцева под ред. Ф.Ю. Телегина. — М.: Логос, 2002. — С. 596.
4. Ежегодный информационно-аналитический обзор Министерства сельского хозяйства Российской Федерации // № 4, 05.02.2016
5. Дусаева Е.М., Куванов Ж.Н. Статистическое исследование мирового рынка говядины // Известия Оренбургского государственного аграрного университета / 2013, № 3 (41). — С. 166–170.
6. Patrick Jackman, Da-Wen Sun, Cheng-Jin Du, Paul Allen. Prediction of beef eating qualities from colour, marbling and wavelet surface texture features using homogenous carcass treatment // Pattern Recognition / Volume 42. — Issue 5. — May 2009. — P. 751–763.
7. MSA Standards Manual for Beef Grading // Meat & Livestock Australia Limited — ISBN 1 74036 660 3
8. Aalhus, J.L., López-Campos, Ó., Prieto, N., Rodas-Gonzalez, A., Dugan, M.E.R, Uttaro, B., and Juárez, M. Review: Canadian beef grading — opportunities to identify carcass and meat quality traits valued by consumers // Canadian Journal of Animal Science / 2014, № 94(4). — P. 545–556.
9. Brewer, M. S., Zhu, L. G., Bidner, B., Meisinger, D. J., & McKeith, F.K. (2001). Measuring pork color: Effects of bloom time, muscle pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science*, 57(2). — P. 169–176.
10. Garcia-Esteben, M., Ansorena, D., Gimeno, O., & Astiasaran, I. (2003). Optimization of instrumental colour analysis in dry-cured ham. *Meat Science*, 63(3). — P. 287–292.
11. Benjamin W.B. Holman, Yanwei Mao, Cassius E.O. Coombs, Remy J. van de Ven, David L. Hopkins. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability // *Meat Science* / Volume 121, November 2016. — P. 104–106.
12. R.A. Mancini, M.C. Hunt/ Current research in meat color // *Meat Science* 71(1), September 2005, 100–121. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003.
13. R. Morales, A.P.S. Aguiar, I. Subiabre, C.E. Realini/ Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling // *Food Quality and Preference*, Volume 29. — Issue 2. — September 2013. — P. 166–173.
14. K. Chen, X. Sun, Ch. Qin, X. Tang. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine // *Computers and Electronics in Agriculture* / Volume 70. — Issue 1. — January 2010. — P. 27–32.
15. A.P. Moloney, M.T. Mooney, J.P. Kerry, C. Stanton, P. O'Kiely. Colour of fat, and colour, fatty acid composition and sensory characteristics of muscle from heifers offered alternative forages to grass silage in a finishing ration // *Meat Science* 95 (2013). — P. 608–615.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Лисицын Андрей Борисович — доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова. 109316, г. Москва, ул. Талалихина д. 26
Тел.: 8-495-676-95-11
E-mail: info@vniimp.ru

Козырев Илья Владимирович — Отдел научно-прикладных и технологических разработок, научный сотрудник, руководитель направления, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова 109316, г. Москва, ул. Талалихина д. 26
Тел.: 8-495-676-97-71
E-mail: ikozzyrev@vniimp.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 30.10.2016

REFERENCES

1. Murashev S. V., Vorobyev S. A., Zhemchuzhnikov M. E. Physical and chemical causes of red meat colour // *Scientific Journal of NIU ITMO. A series of «Food Production Processes and Devices»* / 2010, № 1. — P. 17–20.
2. Richard C. Dougal, Clive A. Greated and Alan E. Marson Then and now: James Clerk Maxwell and colour // Elsevier Ltd Optics & Laser Technology. — School of Physics, University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JZ, UK, 2005. — Т. 38, № 4–6. — С. 210–218.
3. Colour in the industry / ed. R. McDonald: Trans. from English by I. V. Penova, P. P. Novoseltsev, ed. F. U. Telegin. — M.: Logos, 2002. — 596 p.
4. The weekly informational and analytical review of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation // No. 4, 02.05.2016
5. Dusaeva E. M., Kuvanov J. N. Statistical study of the global beef market // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University* / 2013, № 3 (41). — P. 166–170.
6. Patrick Jackman, Da-Wen Sun, Cheng-Jin Du, Paul Allen. Prediction of beef eating qualities from colour, marbling and wavelet surface texture features using homogenous carcass treatment // *Pattern Recognition* / Volume 42. — Issue 5. — May 2009. — P. 751–763.
7. MSA Standards Manual for Beef Grading // Meat & Livestock Australia Limited — ISBN 1 74036 660 3
8. Aalhus, J.L., López-Campos, Ó., Prieto, N., Rodas-Gonzalez, A., Dugan, M.E.R, Uttaro, B., and Juárez, M. Review: Canadian beef grading — opportunities to identify carcass and meat quality traits valued by consumers // *Canadian Journal of Animal Science* / 2014, № 94(4). — P. 545–556.
9. Brewer, M. S., Zhu, L. G., Bidner, B., Meisinger, D. J., & McKeith, F.K. (2001). Measuring pork color: Effects of bloom time, muscle pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science*, 57(2). — P. 169–176.
10. Garcia-Esteben, M., Ansorena, D., Gimeno, O., & Astiasaran, I. (2003). Optimization of instrumental colour analysis in dry-cured ham. *Meat Science*, 63(3). — P. 287–292.
11. Benjamin W.B. Holman, Yanwei Mao, Cassius E.O. Coombs, Remy J. van de Ven, David L. Hopkins. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability // *Meat Science* / Volume 121, November 2016. — P. 104–106.
12. R.A. Mancini, M.C. Hunt/ Current research in meat color // *Meat Science* 71(1), September 2005, 100–121. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003.
13. R. Morales, A.P.S. Aguiar, I. Subiabre, C.E. Realini/ Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling // *Food Quality and Preference*, Volume 29. — Issue 2. — September 2013. — P. 166–173.
14. K. Chen, X. Sun, Ch. Qin, X. Tang. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine // *Computers and Electronics in Agriculture* / Volume 70. — Issue 1. — January 2010. — P. 27–32.
15. A.P. Moloney, M.T. Mooney, J.P. Kerry, C. Stanton, P. O'Kiely. Colour of fat, and colour, fatty acid composition and sensory characteristics of muscle from heifers offered alternative forages to grass silage in a finishing ration // *Meat Science* 95 (2013). — P. 608–615.

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Lisitsyn Andrey Borisovich — doctor of technical sciences, Professor, Academician of RAS, Director, The V. M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-95-11
E-mail: info@vniimp.ru

Kozyrev Ilya Vladimirovich — Department of applied scientific and technological developments, Researcher, Chief of the scientific direction, The V. M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-97-71
E-mail: ikozzyrev@vniimp.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declares no conflict of interest.

Received 30.10.2016

INFLUENCE OF THE RADISH HOMOGENATE ON THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MODEL MINCED MEAT

ВЛИЯНИЕ ГОМОГЕНАТА РЕДЬКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДЕЛЬНЫХ ФАРШЕЙ

Bitueva E.B., Biltrikova T.V.

East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

Ключевые слова: мясные системы, водосвязывающая способность, влагоудерживающая способность, гомогенат редьки черной, бинарные фаршевые модели.

Keywords: meat system, water binding capacity, moisture holding capacity, black radish homogenate, binary models of minced meat.

Аннотация

Установлено, что включение гомогената редьки черной в модельные фарши из разных видов мяса (говядина, свинина, курица) способствует повышению степени гидрофильности системы. В опытных образцах с увеличением содержания гомогената редьки (10, 20, 30, 40, 50)% к массе мяса повышается водосвязывающая способность. Так в говяжьем фарше она увеличилась от 68 (контроль) до 80% (50% гомогената редьки черной), в свином — от 55 до 73% и курином — от 72 до 82% соответственно. Повышение водосвязывающей способности в модельных фаршах обосновано смещением pH от 5,9–6,05 до 6,25–6,43 (в зависимости от вида мяса) и содержанием нейтральных солей в дисперсионной среде гомогената редьки. Также в модельных фаршах установлено повышение и влагоудерживающей способности. Значения варьировали от 10% (модели с куриным фаршем) до 25% (свиной фарш) относительно контроля. В модельных фаршах клетчатка и пектиновые вещества редьки прочно связывают воду и после тепловой обработки выполняют функции стабилизатора системы. Установлено, что включение гомогената редьки черной в мясные фаршевые системы из разных видов мяса повышает функционально-технологические показатели.

Abstract

It was established that inclusion of black radish homogenate into model minced meat from different meat types (beef, pork, chicken) facilitates an increase in a degree of system hydrophilicity. In the experimental samples, the water binding capacity increased with an increase in the radish homogenate content at a level of 10, 20, 30, 40, 50% of meat weight. For example, in minced beef, it increased from 68% (control) to 80% (50% of black radish homogenate), in minced pork from 55 to 73%, in minced chicken from 72 to 82%, respectively. An increase in water binding capacity in model minced meat was due to a pH shift from 5.9–6.05 to 6.25–6.43 (depending on a meat type) and the content of neutral salts in the dispersion system of the radish homogenate. An increase in moisture holding capacity was also established in model minced meat. The values varied from 10% (models with minced chicken) to 25% (minced pork) compared to control. In model minced meat, fibers and pectin substances of the black radish strongly bind water and act as a system stabilizer after thermal treatment. It was found that addition of the black radish homogenate in minced meat systems from different meat types increased the functional and technological indicators.

Введение

Современные представления о здоровой пище основаны на концепции оптимального питания, которая обосновывает необходимость и обязательность обеспечения организма не только в энергии, эссенциальных макро- и микронутриентах, но и в целом ряде необходимых минорных биологически активных компонентов, в частности хемопреventоров [1]. Для удовлетворения физиологических потребностей организма в минорных компонентах недостаточно ассортимента существующих мясных продуктов. На сегодняшний день является актуальным создание новых видов мясной продукции, употребление которых будет соответствовать принципам здорового питания, с одной стороны, и корректировать недостаток биологически активных веществ — с другой. В этом отношении мясорастительные изделия могут занять достойное место в рационе современного человека. В рецептурах мясных изделий в зависимости от вида растительного сырья достигаются разные цели: обогащение витаминами, минеральными веществами,

Introduction

Modern insights of healthy food are based on the concept of optimal nutrition, which substantiates the need for provision of the body not only in energy, the essential macro- and micro-nutrients but also in several necessary minor biologically active components, in particular, chemopreventors [1]. To satisfy the physiological requirements of the body in the minor components, an available assortment of meat products is not sufficient. Nowadays, it is urgent to create new types of meat products, which consumption, on the one hand, will correspond to the principles of healthy nutrition, and, on the other hand, will correct a deficiency of the biologically active substances. In this regard, meat-and-plant products can occupy a highly important place in the modern human diet. The recipes of meat products achieve different goals depending on the type of plant raw material: enrichment with vitamins, minerals and dietary fibers; improvement of the functional and

пищевыми волокнами; улучшение функционально-технологических свойств; снижение калорийности и стоимости мясных продуктов [2, 3, 4]. Так, например, при использовании тыквенного порошка увеличиваются массовая доля прочносвязанной влаги, выход изделий, что связано с полисахаридами растительного ингредиента [4]. Использование композитной смеси из корнеплодов пастернака и бобов нута в комбинированных мясных системах способствует повышению всех функционально-технологических свойств мясных фаршей и стабилизации качества мясной системы. Максимальные значения водосвязывающей и влагоудерживающей способностей достигаются при введении функциональной добавки в количестве 3,0–3,5 % в фарш взамен основного сырья и составляют соответственно 70,6–71,5 % и 64,7–66,1 % [5]. Используются также мука, например льняная, при замене основного сырья на 5, 10 и 20 % наблюдалось увеличение водосвязывающей способности фарша. При использовании замороженного сырья, в опытных образцах по сравнению с контролем она увеличилась на 9 и 17 % при внесении соответственно 10 и 20 % льняной муки [6].

В мясной системе используются не только наземное растительное сырье, но и морские водоросли. Разработаны технологии мясных продуктов с пищевыми добавками на основе морских водорослей. Готовые продукты отличаются высокими функционально-технологическими показателями, и обладают лечебно-профилактическими свойствами [7, 8].

Достаточно часто для коррекции функционально-технологических свойств мясной системы используют изолированные пищевые волокна, в частности применение в производстве вареных колбас яблочных, тыквенных, пшеничных, свекловичных, солодовых пищевых волокон, полученных методом ферментативной обработки сырья [9].

Одним из источников биологически активных веществ, в том числе и хемопревенторов, являются овощи семейства крестоцветных, так например, редька черная известна с древних времен как профилактическое и лечебное средство при различных заболеваниях. На сегодняшний день исследования ряда ученых свидетельствуют с позитивных свойствах редьки черной, так при исследовании в опытах *in vivo*, установлено, что сок редьки черной обладает антиоксидантными свойствами [10]. Также установлено положительное влияние редьки черной на морфофункциональные характеристики слизистой оболочки кишечника в опытах на экспериментальных животных [11]. В настоящее время спектр ее применения в мясной промышленности достаточно узок.

Включение растительного сырья в мясные системы требует всестороннего изучения сочетаемости, в частности в плане изменения гидрофильных свойств мясной системы. Изменения данных свойств мяса влияют на показатели товарного вида, пищевую ценность, выход продукта. И зависят от многих причин, в частности

технологических свойств; reduction of the calorie content and cost of meat products [2, 3, 4]. For instance, when using pumpkin powder, the mass fraction of strongly bound moisture and product yield increase, which is associated with polysaccharides of the plant ingredient [4]. The use of the composite mixture from parsnip roots and chickpea in the combined meat systems facilitates an increase in all functional and technological properties of minced meat and stabilization of meat system quality. Maximum values of water binding and moisture holding capacities are achieved upon addition of the functional additive in an amount of 3.0–3.5 % into minced meat instead of the main raw material and are equal to 70.6–71.5 % and 64.7–66.1 %, respectively [5]. Meal, for example linseed meal, is also used when replacing main raw material at a level of 5, 10 and 20 %, which leads to an increase in water binding capacity of minced meat. When using frozen meat raw material, it increased by 9 and 17 % in the experimental samples compared to the control upon addition of 10 and 20 % of linseed meal, respectively [6].

Not only terrestrial plant raw material but also marine algae are used in a meat system. The technologies of meat products with food additives based on marine algae were developed. Finished products are characterized by high functional and technological indicators and have curative and prophylactic properties [7, 8].

Isolated dietary fibers obtained by the method of enzyme processing of raw material and used in cooked sausage production (in particular, apple, pumpkin, wheat, beat, malt dietary fibers) are quite often applied for correction of the functional and technological properties of a meat system [9].

One of the sources of the biologically active substances, including chemopreventors, is vegetables of the family Cruciferae; for example, black radish is known since ancient times as a prophylactic and curative agent in various diseases. Today, studies of several scientists suggest the positive properties of black radish. For example, it was established in *in vivo* experiments that the juice from black radish had the antioxidant properties [10]. It was also found that black radish had a positive effect on the morphofunctional characteristics of the intestinal mucosa in the experiments on animals [11]. At present, a range of its use in the meat industry is rather narrow.

Inclusion of plant raw material in meat systems requires a comprehensive study of compatibility, in particular, in terms of changes of the hydrophilic properties of a meat system. Changes in these meat properties affect the indicators of marketable appearance, nutritional value and product yield and depend on many reasons, in particular, on the condition

от состояния исходного сырья, термического состояния мяса, влияния условий хранения, технологических процессов и др. [12, 13] И, тем не менее, возможно контролировать изменения функционально-технологических свойств мяса путем включения различных ингредиентов, в том числе растительного сырья [14].

Целью работы являлось изучение изменения функционально-технологических свойств при включении гомогената редьки черной в модельные мясные системы.

Материалы и методы

Для проведения экспериментов использовали стандартные и общепринятые физико-химические методы исследований.

Объекты исследования представляли бинарную модель, состоящую из фарша разных видов мяса (говяжий, свиной и куриный) и редьки. Редьку вводили в гомогенизированном виде в количествах (10, 20, 30, 40, 50) % к массе мясного сырья. Исследовали показатели, характеризующие функционально-технологические свойства фаршевых систем: водосвязывающую, влагоудерживающую способности и pH модельных фаршей.

Водосвязывающую способность (ВСС) определяли методом прессования по Грау-Хамма. Метод основан на выделении воды образцом при легком прессовании, сорбции выделившейся воды фильтровальной бумагой и определении количества отделившейся влаги по размеру площади пятна, оставляемого на фильтровальной бумаге.

Массовую долю связанной влаги в образце вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(A - 8,4 \times B) \times 100}{A},$$

где X — массовая доля связанной влаги в образце, % к общей влаге; A — общая масса влаги в навеске, мг; B — площадь влажного пятна, мм².

Влагоудерживающую способность (ВУС), определяли по методу, разработанному Р. М. Салаватулиной. Образцы фарша массой (180–200) г закатывали в консервные банки, взвешивали и подвергали тепловой обработке, охлаждали в проточной воде до комнатной температуры и затем в течение (12–18) ч при температуре (3–6) °С. Бюксы с бульоном помещали в сушильный шкаф и при температуре (103–105) °С доводили до постоянной массы. Определяли содержание влаги, выделившейся при тепловой обработке и влагоудерживающую способность фарша по следующей формуле:

$$ВУС = B - (D \times \nu) / (M \times A) \times 100 \%,$$

где B — содержание влаги в фарше, %; D — масса всего отделившегося бульона с жиром, г; ν — масса воды в исследуемом бульоне, г; M — масса исследуемого бульона с жиром, г; A — масса навески фарша, г.

Определение pH растворов проводили ионометрическим методом. Принцип работы основан на измере-

of the initial raw material, meat thermal condition, effects of storage conditions, technological processes and so on [12,13]. Nevertheless, it is possible to control changes in the functional and technological meat properties by addition of different ingredients including plant raw material [14].

The aim of the research was to study changes in functional and technological properties when adding the black radish homogenate into the model meat systems.

Materials and methods

The standard and conventional physico-chemical methods of investigation were used in the experiments. The subjects of the experiments presented a binary model that consisted of minced meat of different types (beef, pork and chicken) and radish. Radish was introduced in a homogenized form in amounts of 10, 20, 30, 40 and 50 % of meat raw material weight. The indicators characterizing functional and technological properties of minced meat systems (the water binding and moisture holding capacities and pH of model minced meat) were analyzed.

The water binding capacity (WBC) was determined by the filter-paper press method (Grau and Hamm). The method is based on releasing water by a sample under slight pressure, sorption of the released water by filter paper and detection of an amount of separated water by a spot area on filter paper.

The mass fraction of bound moisture in a sample was calculated by an equation:

$$X = \frac{(A - 8,4 \times B) \times 100}{A},$$

where, X — mass fraction of bound water in a sample, % of total moisture; A — total mass of moisture in a specimen, mg; B — area of the wet spot, mm²;

The moisture binding capacity (MBC) was determined by the method developed by R.M. Salavatulina. Minced meat samples with a weight of 180–200 g were sealed in cans, weighed and subjected to thermal treatment, cooled in flowing water up to a room temperature and then at a temperature of 3–6 °C for 12–18 hours. The weighing bottles with broth were put in a drying chamber and were brought to a constant weight at a temperature of 103–105 °C. The content of moisture released upon thermal treatment and the moisture holding capacity of minced meat were determined by the following equation:

$$WBC = W - (D \times w) / (M \times A) \times 100 \%,$$

where, W — water content in minced meat, %; D — weight of the total separated broth with fat, g; w — weight of water in broth under investigation, g; M — weight of broth with fat under investigation, g; A — weight of minced meat specimen, g.

pH of solutions was measured by the ionometric method. The principle of operation is based on measurement

нии электродвижущей силы элемента, состоящего из электрода сравнения с известной величиной потенциала и индикаторного электрода, потенциал которого обусловлен концентрацией ионов водорода в испытуемом растворе.

Для подтверждения достоверности полученных экспериментальных данных проводили статистическую обработку по результатам 5–9 параллельных опытов с уровнем достоверной вероятности $p < 0,05$. Использовались программные ресурсы Microsoft Office Excel 2010 и пакет программ Statistic.

Результаты и обсуждение

Во всех опытных образцах с увеличением содержания гомогената редьки повышалась водосвязывающая способность модельных систем. При этом, что в модельные системы не добавлялась вода. Компоненты исследуемых моделей в измельченном состоянии представляют собой дисперсные системы. Дисперсная фаза в мясных фаршах включает белковые и жировые частицы, в гомогенате редьки — в основном, частицы полисахаридов. Дисперсионная среда обоих компонентов представлена растворами электролитов с включением различных низкомолекулярных органических и неорганических веществ. В отличие от мясной системы, дисперсионная среда гомогената включает в основном растворимые продукты деградации полисахаридов (моно-, дисахара, растворимые пектины), фенольные и индольные соединения. При смешивании измельченного мяса с гомогенатом редьки, влага последнего адсорбируется фаршем, так как влажность образцов разных видов мяса находилась в пределах (70–75)%, а влажность растительного ингредиента — 86%.

Результаты исследований водосвязывающей способности опытных образцов представлены на рисунке 1.

Экспериментальные данные, представленные на рисунке 1, свидетельствуют о том, что с увеличением количества гомогената до 50 % к массе мясного сырья водосвязывающая способность в опытных образцах повышается в среднем на 17 % относительно контрольных образцов, включавших только измельченное мясо. Так в говяжьем фарше она увеличилась от 68 (контроль) и до 80 % при 50 % включении гомогената, в свином — от 53 до 73 % и курином — от 72 до 82 %.

Математическая и графическая обработка данных свидетельствует о высокой точности теоретического описания и практических определений исследуемых величин.

Известно, что на значения ВСС оказывает влияние рН. Исходное значение рН фаршей варьировало от 5,9 до 6,05 в зависимости от вида мяса, рН гомогената редьки — 6,6. При увеличении количества вносимого гомогената в фарши наблюдали сдвиг рН до 6,20–6,43 (в зависимости от вида мяса) при 50 % включении гомогената (рис. 2).

Безусловно, повышение ВСС модельных систем при включении гомогената редьки связано со свойствами

of the electromotive force of an element that consists of a reference electrode with known value of potential and an indicator electrode, which potential is conditioned by a concentration of the hydrogen ions in a test solution.

To confirm the reliability of the obtained experimental data, statistical processing according to the results of 5–9 parallel experiments with a probability $p < 0.05$ was carried out. Microsoft Office Excel 2010 and software package Statistic were used.

Results and discussion

In all experimental samples, the water binding capacity of the model systems increased with an increase in the content of the radish homogenate. With that, water was not added into the model systems. The components of the studied models in the minced condition are disperse systems. The disperse phase in meat products includes protein and fat particles, in the radish homogenate mainly polysaccharide particles. The dispersion medium of both components is presented by electrolyte solutions with inclusion of different low molecular weight organic and inorganic substances. In contrast to the meat system, the dispersion medium of the homogenate includes mainly soluble products of polysaccharide destruction (monosaccharides and disaccharides, dissolved pectines), phenolic and indolic compounds. When mixing minced meat with the radish homogenate, moisture of the latter is absorbed by minced meat as moisture of the samples from different meat types was in a range of 70–75 %, and moisture of the plant component was 86 %.

The results of the investigation of the water binding capacity of the experimental samples are presented in Fig. 1.

The experimental data presented in Fig. 1 suggest that with an increase in an amount of the homogenate up to 50% of the meat raw material weight, the water binding capacity in the experimental samples increased on average by 17 % compared to the control samples, which included only minced meat. For example, in minced beef it increased from 68 % (control) to 80 % at 50 % inclusion of homogenate, in minced pork from 53% to 73 % and in minced chicken from 72% to 82 %.

Mathematical and graphical processing of the data demonstrates high precision of the theoretical description and practical measurements of the values under investigation.

It is known that pH affects the WBC values. The initial pH value of minced meat varied from 5.9 to 6.05 depending on the meat type, pH of the radish homogenate was 6.6. When increasing an amount of the added homogenate into minced meat a shift in pH up to 6.20–6.43 (depending on a meat type) at 50% inclusion of the homogenate was observed (Fig. 2).

Undoubtedly, an increase in WBC of the model systems upon addition of the radish homogenate is associated with meat protein properties. For example, when pH changes by on average 0.38 units from the initial value, an effective charge of the protein molecules increases; it will be negative due to inhibition of dissociation of the main groups.

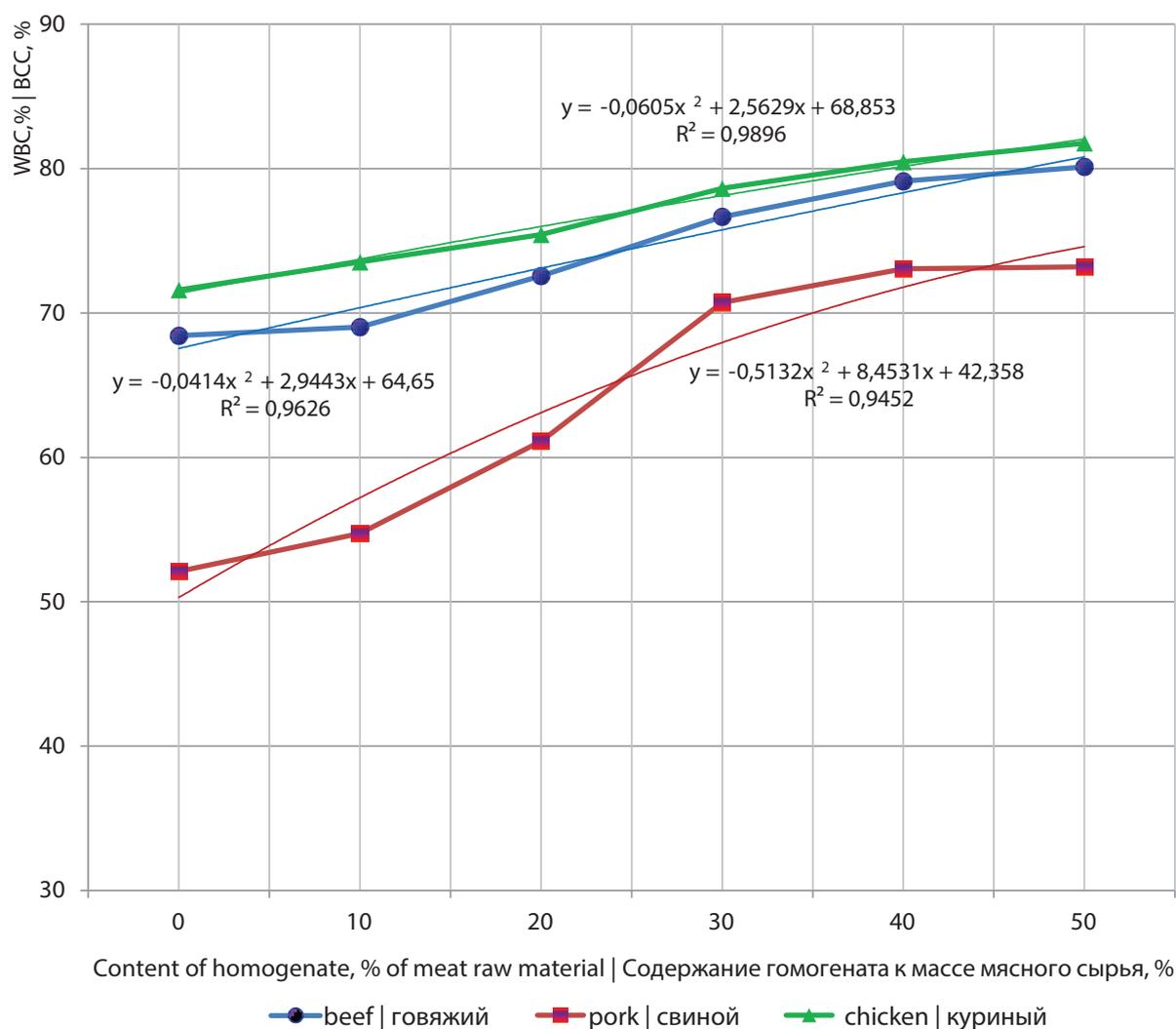


Figure 1. Changes in the water binding capacity of the model minced meat
Рис. 1. Изменение водосвязывающей способности модельных фаршей

белков мяса. Так, при сдвиге pH в среднем на 0,38 единиц от исходного значения, увеличивается эффективный заряд белковой молекулы, он будет отрицательным в результате подавления диссоциации основных групп. Кроме этого, сама влага гомогената представлена клеточным соком редьки, в котором содержится около (60–80) % минеральных веществ от общего их количества. И в основном, это соли одновалентных металлов (калия, натрия и др.), в присутствии которых также меняется эффективный заряд молекулы белка. В результате увеличивается гидратация, растворимость белков, повышается осмотическое давление системы и мясной фарш адсорбирует влагу гомогената.

Таким образом, совокупность данных факторов определяет увеличение водосвязывающей способности фаршевых моделей. Однако дальнейшее увеличение содержание растительного ингредиента не способствовало стабилизации системы фаршевых моделей. Фарш не обладал пластичностью, монолитностью и присутствовала свободная влага.

Полученные данные коррелируются с работами ряда авторов, так например, при введении тыквенного концентрата в мясные фарши водосвязывающая

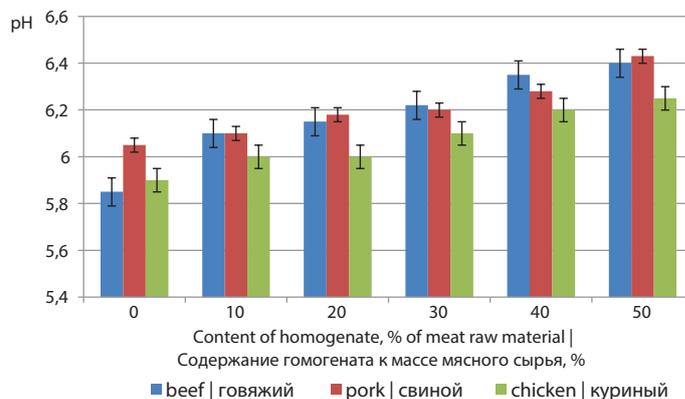


Figure 2. Changes in the pH value of the model minced meat
Рис. 2. Изменение величины pH модельных фаршей

Moreover, homogenate moisture is presented by the radish cell juice, which contains about 60–80 % of minerals of their total amount. Mainly, these are the salts of the monovalent metals (potassium, sodium and others), in which presence an effective charge of the protein molecule also changes. As a result, hydration, protein solubility and osmotic pressure of the system increase and minced meat absorbs homogenate moisture.

Therefore, a complex of these factors determines an increase in the water binding capacity of minced meat models. However, the following increase in the content of

способность в среднем увеличивается на 10% относительного контроля [3]. При внесении сушеных овощей, таких как лук, лук-порей, сельдерей в модельные мясные системы было установлено повышение водосвязывающей способности и выхода продукта [15]. Наилучшие показатели были получены при внесении порошка корнеплода сельдерея.

Водосвязывающая способность характеризует свойства сырого фарша. На практике имеет значение свойства системы после тепловой обработки. При нагревании, как известно, происходит денатурация белков, характеризующаяся перегруппировкой водородных связей и дезориентацией полипептидных цепочек [12]. В результате происходит уменьшение гидрофильных и увеличение гидрофобных свойств белковых молекул, сопровождающееся уменьшением степени гидратации и снижением стабилизирующего действия гидратационных слоев вблизи полярных группировок. Белок теряет способность удерживать влагу.

При исследовании опытных моделей фаршей установлено, что после тепловой обработки значения влагоудерживающей способности возрастают относительно контрольных образцов. Так, в модельном курином фарше значение увеличилось на 10%, в говяжьем — на 13%, в свином — на 25% относительно контроля (рис. 3).

Известно, что механизм формирования влагоудерживающей способности связан с образованием гидроколлоидов типа гелей. Денатурированные белки могут оставаться в состоянии гелей только в присутствии стабилизирующего фактора, в исследуемых образцах таким может быть гомогенат редьки. Данное пред-

the plant ingredient did not facilitate stabilization of the minced meat models. Minced meat did not have plasticity and monolithic structure, and contained free moisture.

The obtained data correlate with the works of several authors. For example, addition of the pumpkin concentrate in minced meat resulted in an increase in the water binding capacity on average by 10% compared to control [3]. When adding dried vegetables such as onion, leek and celery into model minced meat systems, an increase in water binding capacity and product yield was established [15]. The best indicators were obtained when adding powdered celery roots.

Water binding capacity characterizes the properties of raw minced meat. In practice, the properties of the system after thermal treatment are important. It is well known that during heating protein denaturation occurs, which is characterized by rearrangement of the hydrogen bonds and disorientation of the polypeptide chains [12]. As a result, a decrease in the hydrophilic and an increase in the hydrophobic properties of the protein molecules occur, which is accompanied by a decrease in the hydration degree and the stabilizing action of the hydration layers near the polar groups. Protein loses the ability to retain moisture.

When studying the experimental minced meat models, it was established that after thermal treatment, the values of the moisture holding capacity increased compared to the control samples. For example, in the model minced chicken, the value increased by 10%, in minced beef by 13% and in minced pork by 25% compared to control (Fig. 3).

It is known that the mechanism of moisture holding capacity formation is associated with development of hydrocolloids of the gel type. Denaturated proteins can stay

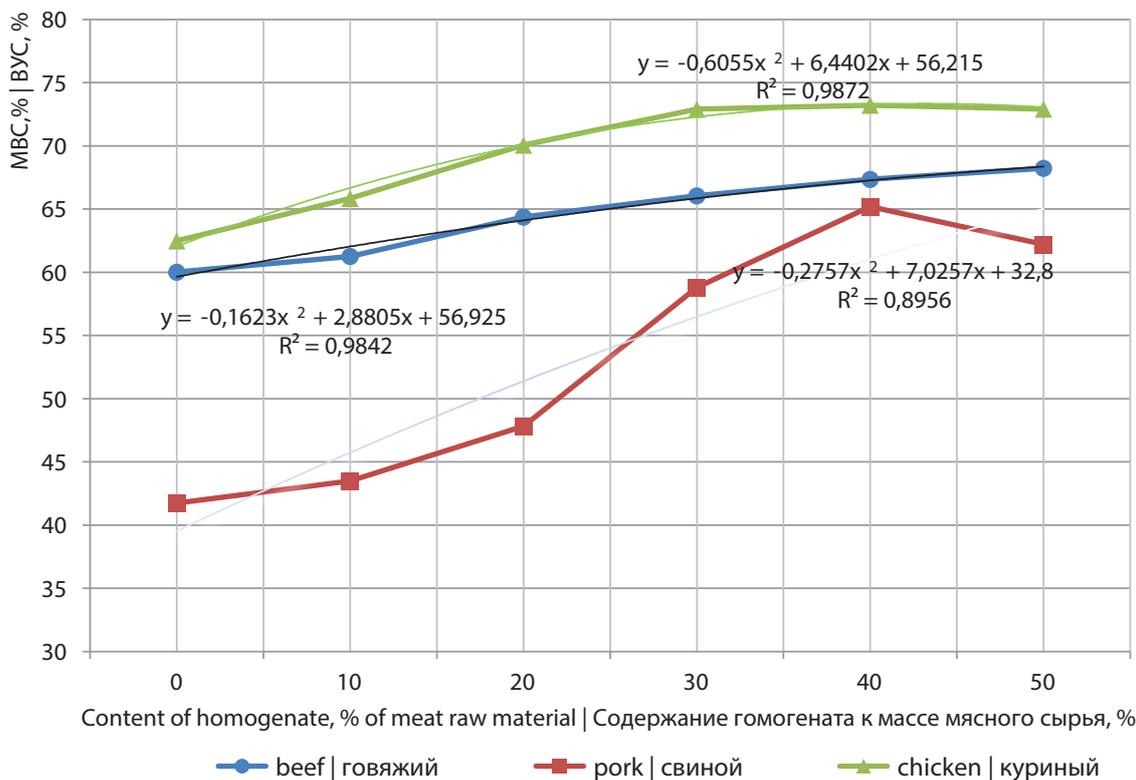


Figure 3. Changes in the moisture holding capacity in the model minced meat
Рис. 3. Изменение влагоудерживающей способности модельных фаршей

положение основано на том, что при тепловой обработке до 60% протопектина переходит в пектины, которые лучше связывают воду, и также как клетчатка прочно ее удерживают [16]. Еще одним фактором может быть и то, что функциональные группы белков мяса способны взаимодействовать с изотиоцианатами, фенольными и индольными соединениями гомогената редьки. В результате чего создается пространственная гибкая матрица, удерживающая значительную часть воды с растворенными в ней веществами. Поэтому в опытных модельных фаршах с включением гомогената редьки влагоудерживающая способность увеличивается с повышением доли последнего.

Наиболее близкими к исследуемой тематике, является работа, связанная с изучением поведения редиса (radish red) в мясной системе. Так, использовали введение 0, 10, 20, 30, 40, 50% редиса в гамбургеры из говядины. Установлено, что высокой водосвязывающей способностью обладали образцы с включением 50% редиса [17].

Хотелось бы отметить, что с точки зрения гидрофильности модельных фаршевых систем и содержания хемопреventоров предпочтительнее включение 50% растительного ингредиента в фарши. Однако гомогенат редьки обладает специфическими вкусовыми и ароматическими свойствами не характерными для мясной системы и эту особенность растительного ингредиента необходимо учитывать при дальнейших исследованиях.

Выводы

В результате, проведенных исследований установлено, что:

- с точки зрения функционально-технологических свойств введение гомогената редьки черной в мясные системы целесообразно;
- водосвязывающая способность модельных систем увеличивается в среднем на 17% при 50% включении гомогената к массе мясного сырья;
- в модельных фаршах гомогенат редьки стабилизирует мясные системы после тепловой обработки, влагоудерживающая способность модельных фаршей увеличивается на 10–25% в зависимости от вида мяса по сравнению с контрольными образцами;
- учитывая химический состав редьки черной при введении ее в мясные системы необходимо проведение исследований органолептических показателей, в частности вкуса и аромата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тутельян В.А. О нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания, 2009. — № 1. — С. 4–15.
2. Лисицын А.Б. Основные тенденции фундаментальных исследований ВНИИМП // Мясная индустрия, 2010. — № 11. — С. 5–9.
3. Weiss J., Gibis M., Schuh V., Salminen H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products / Meat Science 86 (2010). — P. 196–213.

in the gel state only in the presence of a stabilizing factor; in the tested samples this factor can be the radish homogenate. This hypothesis is based on the fact that upon thermal treatment up to 60% of protopectin is transformed into pectins, which better bind water and, similar to fibers, strongly holds it [16]. Another factor can be the fact that the functional groups of meat proteins can interact with isothiocyanates, phenolic and indolic compounds of the radish homogenate. As a result, a three-dimensional flexible matrix can be formed, which holds a significant part of water with components dissolved in it. Therefore, in the model minced meat with inclusion of the radish homogenate, the moisture holding capacity is increased with an increase in the fraction of the latter.

The most close to the studied subject is the research connected with the study of the red radish behavior in a meat system. The addition of 0, 10, 20, 30, 40, 50% of red radish to hamburgers was used. It was established that the samples with 50% inclusion of red radish had the high water binding capacity [17].

It is necessary to note that from the point of view of the hydrophilicity of the model minced meat systems and the content of chemopreventors, the addition of 50% of a plant ingredient into minced meat is preferable. However, the radish homogenate has specific taste and aroma properties, which are not typical for meat systems; and this peculiarity of the plant ingredient is necessary to take into consideration in the future investigations.

Conclusions

As a result of the performed experiments, it was established that:

- in terms of the functional and technological properties, the addition of the black radish homogenate into meat systems is expedient;
- the water binding capacity of the model systems increased on average by 17% when adding the homogenate in an amount of 50% of the meat raw material weight;
- in the model minced meat, the radish homogenate stabilized the meat systems after thermal treatment. The moisture holding capacity of the model minced meat increased by 10–25% depending on the meat type compared to the control samples;
- taking into consideration the chemical composition of the black radish, it is necessary to study the organoleptic indicators, in particular, taste and aroma, upon its addition into the meat systems.

REFERENCES

1. Tutelyan V.A. On norms of physiological requirements in energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation // Voprosy Pitaniya, 2009. — № 1. — P. 4–15.
2. Lisitsyn A.B. The main trends of fundamental research VNIIMP // Meat industry, 2010. — № 11. — P. 5–9.
3. Weiss J., Gibis M., Schuh V., Salminen H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products / Meat Science 86 (2010). — P. 196–213.
4. Sviridov V.V., Bannikova A.V., Ptichkina N.M. The study of the complex characteristics of chopped meat and fish products,

4. Свиридов В.В., Банникова А.В., Птичкина Н.М. Изучение комплекса свойств рубленых мясных и рыбных изделий, обогащенных порошком тыквы // Аграрный научный журнал, 2011. — № 7. — С. 61–63.
5. Мельникова Е.С., Курчаева Е.Е., Манжесов В.И., Оробинский В.И., Ясакова Ю.В. Перспективы использования порошка пастернака в получении комбинированных мясных систем высокой функциональности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2014. — № 1–2. — С. 190–193.
6. Гуринович Г.В., Рунда О. Льняная мука и качество мясных рубленых полуфабрикатов // Мясная индустрия, 2013. — № 9. — С. 38–41.
7. Бредихина О.В., Корниенко Н.Л., Юзов С.Г. Функциональные продукты на основе животного и растительного сырья // Мясная индустрия, 2012. — № 6. — С. 48–50.
8. Баженова Б.А. Перспективы использования растительных ингредиентов в рецептуре мясopодуKтов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти В.М. Горбатова. — Москва, 2014. — № 1. — С. 17–18.
9. Румянцева Г.Н., Комиссарова В.В., Семенова А.А. Использование растительных пищевых волокон в вареных колбасах // Мясная индустрия, 2009. — № 11. — С. 37–39.
10. Lugaši A., Blázovics A., Hagymási K., Kocsis I., Kéry A. Antioxidant effect of squeezed juice from black radish (*Raphanus sativus* L. var *niger*) in alimentary hyperlipidaemia in rats / *Phytother Res.* 2005 Jul; 19(7): 587–91.
11. Sipos P., Hagymási K., Lugaši A., Fehér E., Blázovics A. Effects of black radish root (*Raphanus sativus* L. var *niger*) on the colon mucosa in rats fed a fat rich diet / *Phytother Res.* 2002 Nov; 16(7): 677–9.
12. Соколов А.А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясopодуKтов. — М.: Пищевая промышленность, 1965. — С. 511.
13. Offer G., Trinick J. On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils // *Meat Sci.* 1983; 8(4):245–81. DOI: 10.1016/0309-1740(83)90013-X.
14. Puolanne E., Halonen M. Theoretical aspects of water-holding in meat // *Meat Science.*— Vol. 86, Issue 1, September 2010, P. 151–165.
15. Vinauskienė R., Eisinaite V., Jasutienė I., Leskauskaitė D. Composition and functional properties of meat products with a lyophilised vegetable additive // *Food Chemistry and Technology.* — Vol. 48. — № 1, 2014. — P. 78–86.
16. Patent WO 2005107500 A1. Vegetable fat replacement in meat products / Tornberg E., Sjöholm I. Published: Nov 17, 2005.
17. Abd-Elhak, Nasra A., Safaa E. Ali, Nahed L. Zaki. Innovative modification of traditional burger // *Egypt. J. Agric. Res.*, 92(3), 2014. — P. 995–1008.

- fortified powder pumpkin // *Agricultural Research magazine*, 2011. — № 7. P. 61–63.
5. Melnikova E.S., Kurchaeva E.E., Manzhosov V.I., Orobinskiy V.I., Yasakova Yu.V. Prospects for the use of parsnip powder to obtain combined meat systems with high functionality // *Vestnik of VSAU*, 2014. — № 1–2. — P. 190–193.
6. Gurinovich G.V., Runda O. Flax flour and quality of minced meat semi-finished products // *Meat industry*, 2013. — № 9. — P. 38–41.
7. Bredikhina O.V., Kornienko N.L., Yuzov S.G. Functional foods based on vegetable and animal raw materials // *Meat industry*, 2012. — № 6. — P. 48–50.
8. Bazhenova B.A. Prospects for the use of herbal ingredients in the formulation of meat products // *Proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the memory of V.M. GorbatoV.* — Moscow, 2014. — № 1. — P. 17–18.
9. Rummyantseva G.N., Komissarova V.V., Semenova A.A. The use of herbal dietary fiber in cooked sausages // *Meat industry*, 2009. — № 11. — P. 37–39.
10. Lugaši A., Blázovics A., Hagymási K., Kocsis I., Kéry A. Antioxidant effect of squeezed juice from black radish (*Raphanus sativus* L. var *niger*) in alimentary hyperlipidaemia in rats / *Phytother Res.* 2005 Jul; 19(7): 587–91.
11. Sipos P., Hagymási K., Lugaši A., Fehér E., Blázovics A. Effects of black radish root (*Raphanus sativus* L. var *niger*) on the colon mucosa in rats fed a fat rich diet / *Phytother Res.* 2002 Nov; 16(7): 677–9.
12. Sokolov A.A. Physico-chemical and biochemical basis of meat technology. — M.: Food processing industry, 1965. — P. 511.
13. Offer G., Trinick J. On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils // *Meat Sci.* 1983; 8(4):245–81. DOI: 10.1016/0309-1740(83)90013-X.
14. Puolanne E., Halonen M. Theoretical aspects of water-holding in meat // *Meat Science.*— Vol. 86, Issue 1, September 2010, P. 151–165.
15. Vinauskienė R., Eisinaite V., Jasutienė I., Leskauskaitė D. Composition and functional properties of meat products with a lyophilised vegetable additive // *Food Chemistry and Technology.* — Vol. 48. — № 1, 2014. — P. 78–86.
16. Patent WO 2005107500 A1. Vegetable fat replacement in meat products / Tornberg E., Sjöholm I. Published: Nov 17, 2005.
17. Abd-Elhak, Nasra A., Safaa E. Ali, Nahed L. Zaki. Innovative modification of traditional burger // *Egypt. J. Agric. Res.*, 92(3), 2014. — P. 995–1008.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Битужева Эльвира Борисовна — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедра «Неорганическая и аналитическая химия», Восточно-Сибирский государственный университет технологии и управления.
670013, Российская Федерация, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40в
Тел.: 8–914–848–70–02
E-mail: bitueva_elv@mail.ru

Бильтрикова Татьяна Владимировна — аспирант, кафедра «Неорганическая и аналитическая химия», Восточно-Сибирский государственный университет технологии и управления.
670013, Российская Федерация, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40в
Тел.: 8–902–164–85–00
E-mail: biltrikova88@mail.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 19.10.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Bitueva Elvira Borisovna — doctor of technical sciences, professor, head of department, department of «Inorganic and analytical chemistry», East-Siberian state university of technology and management.
670013, Russian Federation, Ulan-Ude, Kluchevskaya st., 40v.
Tel.: 8–914–848–70–02
E-mail: bitueva_elv@mail.ru

Biltrikova Tatiana Vladimirovna — PhD student, department of «Inorganic and analytical chemistry», East Siberian state university of technology and management.
670013, Russian Federation, Ulan-Ude, Kluchevskaya st., 40v.
Tel.: 8–902–164–85–00
E-mail: biltrikova88@mail.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declares no conflict of interest.

Received 19.10.2016