



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

THEORY AND PRACTICE OF MEAT PROCESSING

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПЕРЕРАБОТКИ МЯСА

Vol. 2 (2), 2017

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 31.03.17.
Тираж 1000 экз. Заказ № 509.
Типография ВНИИМП.

© ВНИИМП, 2017

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
Мелешеня 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. 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:

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»**

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. Gorbatov 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. Gorbatov
All-Russian Meat Research Institute», Moscow, Russia

Science editor:

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

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

Frequency — 4 issues a year.

Published in 2015.

Signed print 31.03.17.

Circulation — 1000 copies. Order № 509.

Printing house — VNIIMP.

© ВНИИМП, 2017

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

Belozarov 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. Gorbatov
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

Василев Д., Джёрджевич В., Карабасил Н., Димитриеви́ч М., Петрови́ч З., Велебит Б., Теодорови́ч В. ИНУЛИН КАК ПРЕБИОТИК И ЗАМЕНИТЕЛЬ ЖИРА В МЯСНЫХ ПРОДУКТАХ	4
---	---

Мирошников С.А., Харламов А.В., Маркова И.В. КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОВЯДИНЫ БЫЧКОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД И НАПРАВЛЕНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ.....	14
---	----

Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Лунина О.И. ПИЩЕВАЯ ГИПЕРЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКТЫ ИЗ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	23
--	----

Тарасюк В.Т., Филиппович В.П., Прокопенко А.В., Строкова Н.Е., Егоркин А.В., Часовских А.В. ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ПОД ВЛИЯНИЕМ γ-ОБЛУЧЕНИЯ.....	37
---	----

Ишевский А.Л., Давыдов И.А. ЗАМОРАЖИВАНИЕ КАК МЕТОД КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	43
--	----

Козырев И.В., Миттельштейн Т.М., Пчелкина В.А., Лисицын А.Б. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОХЛАЖДЁННОЙ ГОВЯДИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ЦВЕТОВЫХ КЛАССОВ	60
---	----

Приступа В.Н., Колосов А.Ю., Торосян Д.В., Колосов Ю.А., Орлова О.Н., Дмитриева Л.С., Ерошенко В.И., Скрипник Л.В. МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МЯСНОГО СЫРЬЯ ЖИВОТНЫХ КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ НОВЫХ ЗАВОДСКИХ ЛИНИЙ.....	69
--	----

CONTENTS

Vasilev D., Djordjević V., Karabasil N., Dimitrijević M., Petrović Z., Velebit B., Teodorović V. INULIN AS A PREBIOTIC AND FAT REPLACER IN MEAT PRODUCTS	4
---	---

Miroshnikov S.A., Kharlamov A.V., Markova I.V. QUALITY INDICATORS OF BEEF FROM YOUNG BULLS OF VARIOUS DAIRY AND BEEF BREEDS.....	14
---	----

Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Lunina O.I. FOOD HYPERSENSITIVITY AND PRODUCTS OF ANIMAL ORIGIN RESOURCES.....	23
--	----

Tarasyuk V.T., Filippovich V.P., Prokopenko A.V., Strokova N.E., Egorkin A.V., Chasovskikh A.V. STUDY STRUCTURE OF THREE-COMPONENT POLYMERIC MATERIAL UNDER INFLUENCE OF γ-IRRADIATION.....	37
--	----

Ishevskiy A.L., Davydov I.A. FREEZING AS A METHOD OF FOOD PRESERVATION.....	43
--	----

Kozyrev I.V., Mittelshtein T.M., Pchelkina V.A., Lisitsyn A.B. TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CHILLED BEEF OF VARIOUS COLOR CLASSES	60
--	----

Pristupa V.N., Kolosov A.Yu., Torosayn D.V., Kolosov Yu. A., Orlova O.N., Dmitrieva L.S., Eroshenko V.I., Skripnik L.V. MEAT PRODUCTIVITY THE QUALITY OF RAW MEAT OF ANIMALS OF KALMYK BREED NEW FACTORY LINES.....	69
---	----

INULIN AS A PREBIOTIC AND FAT REPLACER IN MEAT PRODUCTS

ИНУЛИН КАК ПРЕБИОТИК И ЗАМЕНИТЕЛЬ ЖИРА В МЯСНЫХ ПРОДУКТАХ

Vasilev D.¹, Djordjević V.², Karabasil N.¹, Dimitrijević M.¹, Petrović Z.², Velebit B.², Teodorović V.¹

¹ University of Belgrade-Faculty of veterinary medicine, Belgrade, Serbia

² Institute of meat hygiene and technology, Belgrade, Serbia

Ключевые слова: инулин, мясные продукты с низким содержанием жира, пребиотик.

Keywords: inulin, low-fat meat products, fat replacer, prebiotic.

Аннотация

Повышение интереса потребителей к здоровому питанию способствует увеличению спроса на мясную продукцию с пониженным содержанием жира, что ставит сложную задачу перед специалистами мясной промышленности, связанную с важной ролью жировой ткани в формировании потребительских характеристик. В этой связи, особое внимание уделяется веществам, которые могут заменить жировую ткань в мясoproдуктах. Инулин является неперевариваемым фруктоолигосахаридом, который с одной стороны представляет собой пребиотик, а с другой — обладает технологическими свойствами, которые позволяют имитировать жир в продукте. При гидратации инулин формирует гель, имеющий структуру, схожую с жирами, он имеет нейтральный вкус и запах, и не оказывает влияния на аромат мясoproдуктов. Инулин вносят при изготовлении мясной продукции в форме порошка или в предварительно гидратированном виде. Ферментированные колбасы с пониженным содержанием жира, изготовленные с добавлением инулина, имеют более низкие уровни pH и активности воды (a_w), и содержат больше молочнокислых бактерий по сравнению с традиционными продуктами. В термообработанных колбасах, инулин улучшает влагоудерживающую способность и стабильность мясного фарша, что позволяет сократить потери при термообработке и не ухудшить органолептические свойства продукта с низким содержанием жира. Но вместе с тем, существуют особенности, которые необходимо принимать во внимание в случае использования инулина — это его количество, добавляемое в продукт и степень полимеризации. Избыточное количество инулина может оказать негативное влияние на сенсорные свойства продукта, а также привести к проблемам с пищеварением.

Abstract

Fat reduction in meat products is demanded by consumers concerning health issues but represents a serious challenge for meat industry as fatty tissue plays an important role for the products properties. Because of that, a special attention is paid to the substances that could replace fatty tissue in meat products. Inulin represents a non digestible fructooligosaccharide that on the one hand represents a good prebiotic substance and from the other hand possesses such technological properties that make it a good fat replacer. In aqueous systems inulin forms a gel having a structure similar to fats, it has neutral taste and smell and has no impact on the aroma of meat products. Inulin could be added to meat products in form of powder as well as a water suspension. Low fat fermented sausages with good sensory quality could be produced with the addition of inulin as a fat replacer, and such products have a bit lower pH- and a_w -value and contain a higher number of lactic acid bacteria than conventional products. In heat treated sausages, inulin improves water holding capacity and stability of the low fat meat batter, which reduces cooking loss and shows no adverse effect on the sensory properties of the low fat product. But, there are also certain limitations because it should be paid attention to the degree of polymerization as well as the amount of inulin added to the product. Otherwise, on the one hand there could be some adverse effects on sensory properties of the product and from the other hand an excessive amount of inulin could lead to digestive problems by consumers.

Введение

В последние годы отмечается тенденция к снижению содержания жира и соли в мясной продукции, а также оптимизации жирнокислотного состава. Мясoproдукты характеризуются относительно высоким содержанием животного жира (до 44%) и хлорида натрия (более 4% — для многих видов мясoproдуктов), являются источником насыщенных жирных кислот в рационе человека, имеют высокую энергетическую ценность (около 2000 кДж/100г) [1, 2], что нередко приводит к сердечно-сосудистым заболева-

Introduction

In recent years meat products are subject to many investigations in terms of composition changes in order to get healthier properties, especially regarding the fat content, fatty acid profile, energy value and salt content. Meat products are characterized by relatively high animal fat content (up to 44%), being an extensive source of saturated fatty acids in human nutrition, high energy value (about 2000 kJ/100g), as well as sodium chloride content (often more than 4% depending on the type of the product) [1, 2], which is often connected to the cardiovascular

ниям, ожирению, диабету и гипертонии [3, 4]. Особое внимание уделяется снижению жира и соли, а также обогащению продуктов некоторыми ингредиентами, которые обладают функциональными свойствами: пробиотики, пребиотики, диетическая клетчатка, ненасыщенные жирные кислоты, витамины, минеральные вещества, натуральные антиоксиданты и т.д., что представляет собой концепцию функциональных пищевых продуктов [2, 5, 6, 7, 8, 9]. Разработка функциональных мясопродуктов должна соответствовать семи технологическим принципам: необходимо учитывать содержание ингредиентов, которые являются дефицитными нутриентами в определенных географических регионах; массовое потребление продуктов; сохранение сенсорных свойств продуктов в неизменном виде; положительное взаимодействие между ингредиентами; содержание микронутриентов должно обеспечивать 30–50% суточной потребности (в соответствии с критериями Всемирной организацией здравоохранения); естественное содержание использованных ингредиентов в продукте; содержание добавленного ингредиента должно быть указано на упаковке продукта [10]. Указание ингредиентов на упаковке, а также заявления о питательных свойствах должны соответствовать нормативным документам, чтобы не вводить потребителей в заблуждение [11]. Учитывая, что сенсорные свойства мясопродуктов в большой степени зависят от его состава, то снижение жира и одновременное добавление функциональных ингредиентов должно обеспечивать сохранение сенсорных свойств продукта в неизменном виде [8]. Существуют различные подходы к замене жира в мясопродуктах. Например, использование эмульгированных растительных масел, основной проблемой которых является склонность растительных полиненасыщенных жирных кислот к окислению [3, 4]. В мясной промышленности широко используются некоторые гидроколлоиды (каррагинаны, камеди, альгинат и т.д.) в качестве заменителей жира, желирующих веществ и загустителей [12], но некоторые исследования указывают на возможное неблагоприятное влияние каррагинанов [13] и некоторых камедей [14] на здоровье лабораторных животных, что вызывает беспокойство в отношении их возможного эффекта на людей. В этом отношении, особое внимание уделяется инулину, который благодаря своему составу, технологическим и сенсорным свойствам рассматривается как ценный пребиотик и в то же время как заменитель жира. Кроме того, цена на инулин на рынке невысока, что положительно сказывается на себестоимости конечного продукта [15]. Целью данной работы было обсуждение пребиотических и жирозаменяющих свойств инулина, а также возможностей его использования в ферментированных и термообработанных колбасах.

diseases, obesity, diabetes and hypertension by consumers [3, 4]. A special attention is paid to the fat and salt reduction, but also to the product's enrichment with some ingredients being capable to provide some additional health improving effects (functional properties), such as probiotics, prebiotics, dietary fibers, unsaturated fatty acids, vitamins, minerals, natural antioxidants etc., which is indicated as functional food concept [2, 5, 6, 7, 8, 9]. Designing of functional meat products should follow seven technological principles, such as to contain ingredients that are nutritional deficient in certain geographical areas, mass consumption of products, sensory properties of the products should not be changed, positive interaction between ingredients, in accordance to World Health Organization criteria the content of micronutrients should satisfy 30–50% of daily demand by usual consumption of the product, natural content of used ingredient in the product should be taken into account, the content of added ingredient should be labeled on the product's package [10]. The adequate labeling of ingredients as well nutritive claims should be in accordance with the regulations in order not to mislead the consumers [11]. As the sensory properties of meat products strongly depend on its composition, the fat reduction and simultaneous addition of functional ingredients should be conducted in such manner to provide the sensory properties of the product being mainly unchanged [8]. There are different approaches to animal fat replacement in meat products. Often are used pre-emulsified plant oils but the main problem is the proneness of plant polyunsaturated fatty acids to lipid oxidation [3, 4]. Some hydrocolloids (carrageenans, gums, alginate etc.) are widely used in meat industry as fat replacers, gelling agents and thickeners [12] but there are some studies indicating possible harmful impact of carrageenans [13] and some gums [14] in laboratory animals, indicating a concern about their possible influence on humans. With respect to this, a special attention is paid to inulin, which is thanks to its composition, technological and sensory properties recognized as a valuable prebiotic and at the same time fat replacer. Even more, the price of inulin on the market is not too high which is important for calculating the price of the final product that is also important both for the consumers and the producers [15]. The aim of this paper is to discuss prebiotic and fat replacing properties of inulin, as well as the possibilities for the use of inulin in fermented and heat treated sausages.

Пребиотические свойства инулина

Пребиотики являются неперевариваемыми (имеют незначительную энергетическую ценность) пищевыми ингредиентами, которые могут проявлять полезные свойства для здоровья человека, за счет изменения кишечной микрофлоры в направлении стимулирования полезных бактерий и ингибирования вредных бактерий. Были выявлены различные положительные свойства инулина, хотя еще не полностью верифицированные, такие как предотвращение кишечной инфекции, стимулирование иммунной реакции, предотвращение колоректального рака, снижение уровней холестерина в крови и увеличение биодоступности нутриентов. Сообщается, что олигосахариды и диетическая клетчатка часто используются в пищевых продуктах [6, 8, 16].

Среди олигосахаридов, инулин и олигофруктоза соответствуют многим требованиям, предъявляемым к пребиотикам. Инулин получают из цикория обыкновенного (*Cichorium intybus*) и он состоит из 10–60 молекул фруктозы, в то время как олигофруктозу получают путем гидролиза инулина, и она состоит только из 4 молекул фруктозы. Неперевариваемость зависит от β -(2-1) связей между молекулами фруктозы, которые устойчивы к ферментам пищеварительного тракта человека [17]. Поскольку полезные бифидобактерии и лактобациллы способны вырабатывать фермент 2, 1- β -D-фруктан-фруктангидролазу, что не наблюдается в случае вредных бактерий, то они используют молекулы инулина и олигофруктозы как источник энергии, что оказывает прямое положительное влияние на их рост в кишечнике [5, 7]. Rao [18] сообщает, что потребление 5 г инулина в течение 11 дней приводит к более высокому количеству бифидобактерий у людей, что не происходит в случае дисахаридов, таких как сахароза. Более того, Lopez-Molina [7] заявляют, что ферментация инулина до лактата и короткоцепочечной карбоновой кислоты под действием молочнокислых бактерий в толстой кишке приводит к значительному снижению уровня pH, что в сочетании с выработкой бактериоцинов этими бактериями, обеспечивает неблагоприятные условия для вредных бактерий.

Для инулина не предусмотрено ограничение уровня ежедневного потребления, но некоторые авторы обсуждают количества инулина, способные улучшить здоровье человека. В соответствии с Causey [5] ежедневное потребление нескольких граммов (4 г или более) фруктанов, может быть достаточным для значительного увеличения количества бифидобактерий в толстой кишке. Более того, потребление 20 г инулина в день существенно снижает содержание триглицеридов в сыворотке у людей с гиперхолестеринемией, стимулирует моторику кишечника и улучшает здоровье пищеварительной системы. Roberfroid [17] установил, что ежедневное потребление 15 г олигофруктозы или

Prebiotic properties of inulin

Prebiotics are indigestible (poor source of energy) food ingredients that could show beneficial effects on consumer's health being capable of changing the intestinal flora towards beneficial bacteria stimulation and harmful bacteria inhibition. Different beneficial effects are observed, although not yet completely verified, such as prevention of intestinal infection, immune response stimulation, colorectal cancer prevention, blood cholesterol levels reduction and increasing of nutrient's bioavailability. Oligosaccharides and dietary fibers are reported to be the frequently used in foodstuffs [6, 8, 16].

Among oligosaccharides, inulin and oligofructose meet many of the requirements attributed to prebiotics. Inulin is produced from artichoke (*Cichorium intybus*) and consists of 10 to 60 fructose molecules chain, while oligofructose is obtained by inulin hydrolysis and consists only about 4 fructose molecules. The indigestibility relies on β -(2-1) bonds between fructose molecules, which are resistant to human digestive enzymes [17]. As the useful bifidobacteria and lactobacilli are capable of producing 2, 1- β -D-fructan-fructanhydrolase enzyme, which is not the case with harmful bacteria, they use the inulin and oligofructose molecules as a source of energy which directly favors their growth in the gut [5, 7]. Rao [18] reports that intake of 5g inulin during 11 days results in higher number of bifidobacteria in humans, which is not the case with disaccharides such as saccharose. Even more, Lopez-Molina [7] claims that inulin fermentation to the lactate and short chain carboxylic acid by lactic acid bacteria in colon leads to the significant pH-value lowering, which supported by bacteriocins production by these bacteria provides an unfavorable environment for harmful bacteria.

There is no defined daily intake for inulin, but some authors discuss inulin quantities capable of improving human's health. According to Causey [5] daily intake of a few grams (4 g or more) fructans daily, could be sufficient to significantly increase the number of bifidobacteria in the colon. Even more, ingestion of 20 g inulin per day substantially reduces the content of serum triglyceride in humans with hypercholesterolemia, and stimulates intestinal motility and improves the health of digestive system. Roberfroid [17] found that intake of 15 g oligofructose or 40 g

40 г инулина улучшает абсорбцию кальция из пищевых продуктов до 58% , что важно для определенных категорий потребителей. Jackson [19] заявляет, что ежедневное потребление 9–10 г инулина в течение 8 недель может снизить количество триглицеридов в сыворотке у людей с нормальным содержанием липидов в крови, в то время как ежедневное потребление 20 г существенно снижает содержание триглицеридов у людей с более высокими уровнями холестерина. Однако Nitsch [20] заявляет, что помимо благоприятных эффектов на здоровье человека, инулин может оказывать неблагоприятное влияние при потреблении в избыточных количествах. Поскольку у человека нет фермента инулиназы, разрушение инулина зависит только от активности кишечной микрофлоры, поэтому не рекомендуется потреблять более 4 г инулина/порцию, и более 8 г/день, так как более высокие количества этого пребиотика могут привести к метеоризму и диарее [20, 21]. В некоторых других исследованиях сообщается, что для здоровых потребителей целесообразно потребление инулина в количестве 5 г в день [22].

Свойства инулина как заменителя жира

Инулин представлен на рынке в форме порошка, умеренно растворимого в воде, белого цвета и с нейтральным вкусом [16]. Инулин широко используется как заменитель жира, в основном в таких пищевых продуктах, как торты, шоколад, спреды [23], молочные продукты [24]; однако, что касается мясных продуктов, то его применение находится на уровне экспериментальных исследований. Jánváry [25] заявляет, что инулин может успешно заменять жир в мясопродуктах за счет его технологических свойств. В частности, при гидратации инулин формирует гель, имеющий структуру, схожую с жирами, он имеет нейтральный вкус и запах, и не оказывает влияния на аромат мясопродуктов. Так как инулин умеренно растворим в воде, то необходимо использовать нагретую воду (свыше 50 °C) для повышения его растворимости [26]. Гели, полученные из инулина, растворенного в водной среде, имеют кремовую структуру, консистенция которой зависит от концентрации инулина. Уровень pH не оказывает влияния на стабильность инулиновых гелей [27], что важно для его использования в ферментированных продуктах (ферментированных колбасах и т.д.), которые характеризуются более низкими уровнями pH. Более того, будучи неперевариваемым, инулин обладает незначительной энергетической ценностью (только 1 ккал/г) [28], что делает инулин прекрасным ингредиентом для мясопродуктов с пониженной калорийностью. В соответствии с Shoaib et al. [16], энергетическая ценность инулина составляет только 25–30% от этого показателя у перевариваемых углеводов, кроме того инулин обладает эле различимым сладким вкусом, так как содержит только 10% сахаразы.

inulin daily improves calcium absorption from food up to 58%, which is important for certain categories of consumers. Jackson [19] claims that daily intake of inulin from 9 to 10g in a period of 8 weeks could reduce serum triglycerides in people with normal blood lipid content, while days intake of 20 grams a day significantly reduces the content of triglycerides in people with higher cholesterol levels. However, Nitsch [20] states that in addition to beneficial effects on human health, inulin can act unfavorably if ingested in excessive amounts. As humans do not possess an enzyme inulinase, and the inulin decomposition depends solely on the activity of intestinal microflora, an intake of more than 4g inulin per serving, as well as more than 8g per day is not recommended, because higher amounts of these prebiotic could lead to meteorism and diarrhea [20, 21]. Some other studies report that inulin intake in the amount of 5g daily is appropriate for healthy consumers [22].

Properties of inulin as a fat replacer

Inulin is put on the market in form of powder, moderately soluble in water, white in color and neutral taste [16]. Inulin is widely used as a fat substitute, mostly in foods such as cakes, chocolate, spreads [23], milk products [24], but as for meat products, it is mostly on an experimental level. Jánváry [25] states that inulin could be successfully used as a fat replacer in meat products too, because of its good technological properties. Namely, in aqueous systems inulin forms a gel having a structure similar to fats, it has a neutral taste and smell and has no impact on the aroma of meat products. As inulin is moderately soluble in water, it is necessary to use the heated water (above 50 °C) to increase its solubility [26]. Gels achieved from inulin dissolved in the aqueous medium has a creamy structure which hardness depends on the concentration of inulin. The stability of inulin gels is not influenced by pH value [27], which is important for its use in fermented products (fermented sausages etc.) characterized by lower pH values. Even more, being indigestible, inulin has a low energy value of only 1kcal per gram [28] which makes inulin a great ingredient for low energy meat products. According to Shoaib et al. [16], inulin provides only 25–30% of energy comparing to digestible carbohydrates, and that its sweetness is hard to detect being only about 10% of the sucrose.

Применение инулина в ферментированных колбасах

Ферментированные колбасы являются зачастую объектом научных исследований как функциональные продукты [2, 9, 23, 29, 30]. С одной стороны ферментированные колбасы не подвергаются термической обработке во время переработки и, таким образом, большинство ценных нутриентов мяса остаются неизменными, а с другой стороны, поскольку ферментация включает активность молочнокислых бактерий, эти колбасы являются хорошим источником пробиотических бактерий [29, 31]. Однако одним из наиболее сложных вопросов при разработке ферментированных колбас как функциональных пищевых продуктов является снижение жира [23], так как жировая ткань в этих колбасах играет важную роль в формировании текстуры и запаха [32]. Ферментированные колбасы, вырабатываемые с пониженным содержанием жировой ткани (6, 3 и 12, 5% в фарше), имеют более плотную консистенцию, и недостаточную упругость, их поверхность становится сморщенной [2, 23, 33]. В связи с этим, необходимо обеспечить адекватную замену жировой ткани; при этом инулин может быть использован в качестве заменителя жира из-за его вышеупомянутых технологических свойств. В ферментированных колбасах инулин может добавляться как порошок или в предварительно гидратированном виде [23, 30, 34].

Инулин в виде порошка, удобно использовать, добавляя непосредственно в мясной фарш во время процесса изготовления фарша [29, 30]. При этом оптимальными являются короткоцепочечные полимеры инулина, так как они более растворимые и лучше связываются с фаршем. Недостаток этого способа заключается в том, что только не более 2% инулина позволит не ухудшить сенсорные свойства продукта, и избежать избыточного потребления инулина [20, 21]. Ферментированные колбасы, выработанные с 2% порошка инулина, имеют более низкие уровни pH (4,77) по сравнению с контрольными колбасами (5,2) после 21 дня производства, что является следствием микробной ферментации инулина, доступного для молочнокислых бактерий. Данный факт подтверждается большим количеством молочнокислых бактерий и пробиотических *Lactobacillus casei* LC 01 после 7 и 14 дня производства (до 9,0 log КОЕ/г) в колбасах, содержащих порошок инулина по сравнению с контрольными колбасами (8,0 КОЕ/г) [27]. Pennachia и др., [35] сообщили, что все штаммы из группы *Lactobacillus paracasei* способны ферментировать инулин. Такие результаты говорят о том, что применение порошка инулина в ферментированных колбасах может способствовать росту штаммов пробиотических бактерий в ферментированных колбасах и увеличивать их функциональный потенциал, что соответствует четвертому технологиче-

Use of inulin in fermented sausages

Fermented sausages are frequently investigated meat product from a functional food point of view [2, 9, 23, 29, 30]. From the one hand, fermented sausages are not heat treated during processing, so the most valuable nutrients from meat stay unchanged, and from the other hand, as fermentation includes the activity of lactic acid bacteria, these sausages could be a good carrier of probiotic bacteria [29, 31]. But one of the most challenging issue in designing fermented sausages as functional food is the fat reduction [23] because fatty tissue in these sausages plays an important role in texture and flavor development [32]. Fermented sausages produced with a reduced content of fatty tissue (6, 3 and 12, 5% in stuffing) have more intensive hardness, gumminess, and chewiness, and inadequate elasticity and adhesiveness and their surface become wrinkled [2, 23, 33]. Because of that, it is necessary to provide an adequate substitute for fatty tissue, where inulin could play a distinguishable role because of its technological properties mentioned above. In fermented sausages inulin could be added as a powder or as a water suspension [23, 30, 34].

Inulin as the powder is easy to use, by adding directly in meat batter during the stuffing manufacturing process [29, 30] and the most suitable for such purpose are short-chain inulin polymers because they are more soluble and better react with the stuffing. The limitation of such method is that only up to 2% inulin could be added to the stuffing (and only 2% of fatty tissue be replaced) without negative influence on the sensory properties, and to avoid excessive intake of inulin which could be inconvenient to the consumer [20, 21]. Fermented sausages produced with 2% inulin powder have lower pH-value (4,77) than the control sausage (5,2) after 21. day of production., which is a consequence of microbial fermentation of inulin powder being available to lactic acid bacteria in the stuffing. Such statement is supported by a higher number of lactic acid bacteria and probiotic *Lactobacillus casei* LC 01 after 7th and 14th day of production (up to 9,0 log CFU/g) in inulin powder containing sausages comparing to the control sausage (8,0 CFU/g) [27]. Pennachia et al., [35] reported that the strains of *Lactobacillus paracasei* group are all capable of fermenting inulin. Such results suggest that the use of inulin powder in fermented sausages could also serve to support the growth of probiotic bacteria strains in fermented sausages and increase their functional potential, which is

скому принципу создания функциональных пищевых продуктов в соответствии с Kaltovich and Dymar [10]. Более того, ферментированные колбасы с 2% порошка инулина показали более быструю динамику снижения a_w по сравнению с контролем как следствие более быстрого снижения pH [29, 30], что ускоряет процесс сушки [32]. Такие изменения сокращают процесс производства, делая его менее дорогостоящим и, в то же время, вносят вклад в безопасность продукта. Авторы установили [2, 30, 31], что для достижения уровня a_w ниже 0,92 в традиционной ферментированной колбасе, формованной в оболочки диаметром 50 мм, процесс высушивания должен длиться 21 день, а в колбасах, содержащих инулин в разных количествах (2% порошка инулина, 4% суспензии инулина или 8% суспензии инулина), уровень a_w ниже 0,92 достигался после 14 дней. Помимо уже упомянутого влияния более низких уровней pH на потерю влаги во время сушки, в соответствии с January [25, 28], диетическая клетчатка формирует своего рода трехмерную сеть в колбасном фарше, что способствует более равномерной диффузии воды из внутреннего слоя на поверхностные участки колбасы, что ускоряет сушку.

Суспензию инулина в воде несколько сложнее использовать по сравнению с порошком инулина, так как ее сначала нужно предварительно приготовить, но, несмотря на это, использование инулина в гидратированном виде имеет ряд преимуществ. Для приготовления суспензии инулина оптимальным является использование его длинноцепочечных полимеров. Приготовление суспензии инулина заключается в перемешивании порошка инулина с теплой водой (приблизительно 75°C) в куттере в соотношении 1:1 [2, 9]. После перемешивания суспензия жидкая и может быть легко перенесена в другую емкость; во время охлаждения она приобретает плотную консистенцию. После этого, суспензия инулина должна быть заморожена (от -12°C до -18°C), что делает ее пригодной для тонкого измельчения в куттере во время приготовления колбас. Важным преимуществом использования суспензии инулина является то, что она может добавляться до 8% в колбасный фарш, заменяя 1/3 жировой ткани, что дает существенное снижение жира и энергетической ценности (на 32% меньше по сравнению с колбасами с рынка), не оказывая неблагоприятного влияния на сенсорные свойства продукта [2, 30].

Тонко измельченные частицы суспензии инулина имитируют частицы жировой ткани в колбасе, таким образом, она сохраняет мозаичный внешний вид на поперечном срезе колбасы. Кроме того, такие частицы суспензии инулина также обладают амортизирующим эффектом во время процесса сушки, так что поверхность колбас с пониженным содержанием жира не сморщивается, что является основной проблемой производства колбас с пониженным содержанием жира [2, 23, 33].

in accordance with the fourth technological principle for functional food creation according to Kaltovich and Dymar [10]. Even more, fermented sausages with 2% inulin powder showed a faster a_w -value decrease compared to the control, as a consequence of faster pH-lowering [29, 30], which favors water release and accelerates drying process [32]. Such changes shorten the production process making it cheaper and at the same time contribute to the product safety. We observed [2, 30, 31] that in order to reach the a_w value below 0,92 by conventional fermented sausage stuffed in 50mm diameter casings the drying process should last 21 day, and by sausages containing inulin in different amounts (2% inulin powder, 4% inulin suspension or 8% inulin suspension) the a_w value below 0,92 is reached after 14 days. Apart from the already mentioned influence of lower pH-values on water release from sausage during drying, according to January [25, 28] dietary fiber form a sort of three-dimensional net in the sausage stuffing which contributes to more even water diffusion from the inner to the surface parts of the sausage which makes drying easier

Inulin suspension with water is a bit more complicated for use comparing to inulin powder because it should be firstly prepared before adding to the sausage batter, but despite that, it has a number of advantages concerning sausage quality. For inulin suspension preparation, the most suitable are inulin consisted of long chain polymers, because they form more stable gels then short-chain polymers. Preparation of inulin suspension is quite simple, and consists of mixing inulin powder with warmed water (about 75°C), ratio 1:1, in a bowl cutter [2, 9]. After mixing it is still liquid so it could be easily transmitted to a container and during cooling, it takes a firm consistency. Afterward it should be frozen (-12°C to -18°C) which makes it suitable for fine grinding in a bowl cutter during sausage preparation. An important advantage of the use of inulin suspension is that it could be added up to 8% in sausage batter, replacing 1/3 of fatty tissue which provides a significant fat and energy reduction (32% less energy compared to the sausages from the market), without affecting sensory properties of the product [2, 30]. Finely grounded particles of inulin suspension imitate particles of fatty tissue in sausage, so it retains the mosaic appearance of the sausage cross cut. Even more, such inulin suspension particles also provide an amortization effect during the drying process, so the surface of the fat reduced sausages doesn't get wrinkled, which is the main problem in fat reduced sausage production [2, 23, 33].

Интересно отметить, что хотя суспензия инулина содержит большое количество воды, она не оказывает влияния на количество связанной влаги в продукте из-за влагосвязывающей способности инулина. Например, активность воды суспензии инулина, содержащей 30% инулина и 70% воды, составляет 0,926 [36]. Активность воды ферментированных колбас, выработанных с 4 и 8% суспензии, инулина (1:1), составляет 0,89–0,90 [2], что достаточно для обеспечения безопасности продукта и соответствует этому показателю в сухих ферментированных колбасах [32]. Уровень pH ферментированных колбас, содержащих 4 и 8% суспензии инулина, находится в диапазоне от 4,87 до 4,93, что соответственно, выше, чем в колбасах с порошком инулина (4,77), но ниже по сравнению с традиционными колбасами (5,18). Несколько более высокий уровень pH в колбасах с суспензией инулина по сравнению с колбасами с порошком инулина объясняется его меньшей доступностью в виде частиц суспензии для молочнокислых бактерий по сравнению с порошком инулина, который тщательно перемешан с фаршем [2]. Количество пробиотических молочнокислых бактерий было выше в ферментированных колбасах с 4 и 8% суспензии инулина по сравнению с традиционными колбасами [30].

Использование инулина в термообработанных колбасах

Термообработанные колбасы включают ряд продуктов, таких как колбаски типа франкфуртских (тонко измельченные), вареные колбасы грубого измельчения, ливерные колбасы, кровяные колбасы и т.д. [37]. Поскольку они подвергаются термической обработке, то использовать в их составе пробиотики не целесообразно. В связи с этим снижение жира и обогащение пребиотиками — основные задачи в рамках концепции функциональных пищевых продуктов [30]. Учитывая, что инулин остается стабильным во время термообработки [38], он может обладать большим потенциалом как заменитель жира, а также для обогащения пребиотиками термообработанных колбас. Более того, поскольку мясной фарш с низким содержанием жира теряет воду во время термообработки, приводя к более высоким потерям массы, при одновременном влиянии на сенсорные свойства [39], то необходимо использовать заменители жира, такие как инулин, который может улучшить стабильность колбасного фарша. В этом типе колбас, инулин может использоваться в виде порошка или водной суспензии [30, 38, 40].

В форме порошка инулин добавляется в мясной фарш вместе с жировой тканью и льдом, с последующими измельчением, перемешиванием, формованием в оболочку и термообработкой. По сравнению с традиционными колбасами, продукты, содержащие порошок инулина, характеризуются меньшими термическими потерями и несколько менее сочные из-за влагоудер-

Interestingly, although the inulin suspension contains a high amount of water, it does not affect the water activity of the product, because of the strong water binding capacity of inulin. For example, the water activity of inulin suspension containing 30% inulin and 70% water is 0,926 [36]. The water activity of fermented sausages produced with 4 and 8% inulin suspension (1:1) is 0,89–0,90 [2] which is sufficient to provide the safety of the product and commensurate to dry fermented sausages [32]. The pH-value of fermented sausages containing 4 and 8% inulin suspension ranges from 4,87 to 4,93 respectively, which is higher than sausages with inulin powder (4,77), but less than conventional sausages (5,18). A bit higher pH-value of sausages with inulin suspension than sausages with inulin powder is explained by the lower availability of inulin in suspension particles to the lactic acid bacteria compared to inulin powder being thoroughly mixed with the stuffing [2]. The number of probiotic lactic acid bacteria was higher in fermented sausages with 4 and 8% inulin suspension compared to the conventional sausage [30].

Use of inulin in heat treated sausages

Heat treated sausages include a variety of products like frankfurter type sausages (finely grounded), coarsely grounded cooked sausages, liver sausages, blood sausages etc. [37]. As they are heat treated, there is no possibility of probiotic's use in these types of sausages, so the fat reduction and prebiotic enrichment is the main point within the functional food concept [30]. As inulin remains stable during the heat treatment [38] it could have a great potential as a fat replacer as well as a prebiotic enrichment for heat treated sausages. Even more, as the low-fat meat batter tends to lose water during the heat treatment, resulting in higher cooking loss and affects the sensory properties [39], it is necessary to provide some fat replacer like inulin that would improve the sausage stuffing stability. In this type of sausages, inulin could be used in form of powder or water suspension [30, 38, 40].

In the form of powder, inulin is added to the meat batter together with fatty tissue and ice, followed by further chopping and mixing with subsequent filling into casings and heat treatment. Compared to conventional sausages, products containing inulin powder show decreased cook loss and are a bit less juicy, because of good water

живающей способности инулина, а также имеют более высокую жесткость из-за более прочных связей между ингредиентами фарша. Влияние инулина на текстуру колбас зависит от растворимости самого инулина (краткоцепочечные молекулы более растворимы), поэтому использование 9% инулина (степень полимеризации $-DP < 10$) не оказывает неблагоприятного влияния на консистенцию продукта [38].

Суспензия инулина в воде может быть приготовлена аналогично тому, как описано для ферментированных колбас, но без замораживания и с другим соотношением инулин-вода, например 30% [2] или 35% [40] гидратированного инулина. Суспензия готовится путем перемешивания порошка инулина с нагретой водой при 75 °C или 85 °C, соответственно. Alvarez и др., [40] также использовали β -глюкановый гель, который готовят путем растворения 10% β -глюкана в воде с последующим нагреванием до кипения. Суспензия инулина обычно добавляется в мясной фарш с жировой тканью с последующим измельчением и перемешиванием. Во время термообработки, суспензия инулина реагирует с мясными белками, приводя к образованию плотной матрицы. По сравнению с порошком инулина, суспензия инулина обладает меньшей способностью удерживать влагу в мясном фарше, но это можно улучшить одновременным введением β -глюканового геля (0,3–0,6%) с суспензией инулина (3–6%), что может приводить к получению колбас с низким содержанием жира с хорошими сенсорными свойствами [40]. В соответствии с Vasilev и др., [2] в вареных колбасах, выработанных с 52,5% мяса, 22,5% воды (льда) и 25% жировой ткани, взамен 8 % жировой ткани можно использовать суспензию инулина (соотношение инулин:вода 1:3), при этом получить продукт, который содержит на 3% больше воды по сравнению с контролем (хорошая влагосвязывающая способность) и с достаточно приемлемыми органолептическими свойствами. Более того, ливерные колбасы с 4% суспензии инулина и 1% клетчатки гороха имели лучшие сенсорные характеристики по сравнению с контрольными колбасами.

Выводы

Инулин представляет собой неперевариваемый фруктоолигосахарид, который, с одной стороны, представляет собой хороший пребиотик, а, с другой стороны, обладает технологическими свойствами, которые позволяют имитировать жир в продукте. При гидратации инулин формирует гель, имеющий структуру, схожую с жирами, обладает нейтральным вкусом и запахом, и не оказывает влияния на аромат мясопродуктов. Инулин можно вносить в состав мясных продуктов в форме порошка или в предварительно гидратированном виде. Ферментированные колбасы с низким содержанием жира с хорошими органолептическими свойствами, изготовленные с добавлени-

binding capacity of inulin, and higher hardness because of strengthening the connections between stuffing ingredients. The influence of inulin on the sausage texture depends on the solubility of the inulin itself (short chain molecules are more soluble), so the use of 9% inulin (degree of polymerization- $DP < 10$) in the stuffing does not have a negative impact on the product texture [38].

Inulin suspension in water could be prepared similarly as described by fermented sausages, but without freezing and in the different inulin-water ratio, which means 30% [2] or 35% [40] inulin in water. The suspension is prepared by mixing the inulin powder with warmed water at 75°C or 85°C, respectively. Alvarez et al., [40] used also a β -glucan gel, which is prepared by dissolving 10% β -glucan in water with consequent heating until boiling. Inulin suspension is usually added in meat batter with fatty tissue followed by chopping and mixing till the final stuffing is obtained. During the heat treatment, inulin suspension reacts with meat proteins giving a compact matrix. Compared to inulin powder, inulin suspension is less capable of holding water in meat batter but this could be improved by the simultaneous addition of β -glucan gel (0,3–0,6%) with inulin suspension (3–6%) which could result in obtaining of low-fat sausages with good sensory properties [40]. According to Vasilev et al., [2] in cooked sausage produced with 52,5% meat, 22,5% water (ice) and 25% fatty tissue, inulin suspension (inulin:water ratio 1:3) could replace up to 32% of fatty tissue (8% inulin gel and 17% fatty tissue in the stuffing), giving a product that contains 3% more water than the control (good water binding capacity) and with quite acceptable sensory properties. Even more, liver sausages with 4% inulin suspension and 1% pea fiber, showed a better sensory quality than the control sausage.

Conclusions

Inulin represents a non-digestible fructooligosaccharide that on the one hand represents a good prebiotic substance and from the other hand possesses such technological properties that make it a good fat replacer. In aqueous systems inulin forms a gel having a structure similar to fats, it has a neutral taste and smell and has no impact on the aroma of meat products. Inulin could be added to meat products in form of powder as well as a water suspension. Low fat fermented sausages with good sensory quality could be produced with the addition of inulin as a fat replacer, and such products have a bit lower pH- and a_w -value and

ем инулина в качестве заменителя жира, имеют более низкие значения pH и активности воды, содержат больше молочнокислых бактерий по сравнению с традиционными продуктами. Более ускоренное снижение pH и активности воды в ферментированных колбасах, обогащенных инулином, позволяет сократить продолжительность процесса производства. В термообработанных колбасах, инулин улучшает влагоудерживающую способность и стабильность мясного фарша, что позволяет уменьшить термопотери и не оказывает неблагоприятного влияния на органолептические свойства продукта с пониженным содержанием жира. Однако существует ряд особенностей, которые необходимо принимать во внимание в случае использования инулина — это его количество, добавляемое в продукт и степень полимеризации. В противном случае, избыточное количество инулина может оказать негативное влияние на сенсорные свойства продукта, а также привести к проблемам с пищеварением.

Благодарности

Данная статья является результатом работы в рамках исследовательских проектов No III46009 и TR31034, финансируемых Министерством образования, науки и технологического развития Республики Сербия.

contain a higher number of lactic acid bacteria than conventional products. As the pH- and a_w -value drop faster in inulin enriched fermented sausages, this could be used as an advantage in terms of the shortening of usual duration of the production process. In heat treated sausages, inulin improves water holding capacity and stability of the low-fat meat batter, which reduces cooking loss and shows no adverse effect on the sensory properties of the low-fat product. But, there are also certain limitations because it should be paid attention to the degree of polymerization as well as the amount of inulin added the product. Otherwise, on the one hand, there could be some adverse effects on sensory properties of the product and from the other hand, an excessive amount of inulin could lead to digestive problems by consumers.

Acknowledgements

This paper is a result of the work on the research projects No III46009 and TR31034 funded by the Ministry of education, science and technological development of the Republic of Serbia.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Saicic, S. Fatty acids and cholesterol content in certain meat products from the national market/ S. Saicic, D. Trbovic, D. Vranic, S. Jankovic, S. Stefanovic, R. Petronijevic // *Meat Technology*. — 2010. — V. 51. — № 1. — P. 52–59.
2. Vasiliev, D. Qualität und Nährwert von mit Inulin und Erbsenfasern als Fettgewebe-Ersatzstoffe hergestellten Rohwürsten / D. Vasiliev, S. Saicic, N. Vasiljevic // *Fleischwirtschaft*. — 2013. — V. 93. — № 3. — P. 123–127.
3. Jimenez-Colmenero, F. Healthier meat and meat products: their role as functional foods/ F. Jimenez-Colmenero, J. Carballo, S. Cofrades // *Meat Science*. — 2001. — V. 59. — № 1. — P. 5–13.
4. Jimenez-Colmenero, F. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats/ F. Jimenez-Colmenero // *Trends in Food Science and Technology*. — 2007. — V. 18. — P. 567–578.
5. Causey, J.L. Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men / J.L. Causey, J.M. Feirtag, D.D. Gallaher, B.C. Tungland, J.L. Slavin // *Nutrition Research*. — 2000. — V. 20. — № 2. — P. 191–201.
6. Holzapfel, W.H. Introduction to pre- and probiotics / W. H. Holzapfel, U. Schilling // *Food Research International*. — 2002. — V. 35. — P. 109–116.
7. Lopez-Molina, D. Molecular properties and probiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.) / D. Lopez-Molina, M.D. Navarro-Martinez, F.R. Melgarejo, A.N.P. Hiner, S. Chazarra, J.N. Rodriguez-Lopez // *Phytochemistry*. — 2005. — Vol. 66. — P. 1476–1484.
8. Arihara, K. Strategies for designing novel functional meat products / K. Arihara // *Meat Science*. — 2006. — V. 74. — P. 219–229.
9. Vasiliev, D. Qualität und Mikroflora von funktionellen Rohwürsten, Untersuchung von Würsten, die mit KCl und CaCl₂ als Kochsalz-Ersatzstoffe hergestellt und mit dem Probiotikum L. Casei LC01 sowie einem Präbiotikum angereichert worden sind / D. Vasiliev, M. Jovetic, D. Vranic, V. Tomovic, M. Jokanovic, M. Dimitrijevic, N. Karabasil, N. Vasiljevic // *Fleischwirtschaft*. — 2016. — V. 96. — № 2. — P. 96–102.
10. Kaltovich I.V., Dymar O.V. New meat products with immunomodulatory effect creation method. Theory and practice of meat processing. 2016;1(4):28–42. DOI:10. 21323/2414-438X-2016-1-4-28-42
11. Henderikx F. Labeling of food: a challenge for many // *Veterinar-ski Glasnik*, online first edition, DOI: 10. 2298/VETGL170214001H — [electronic resource]. — 2017. — access mode: <https://doi.org/10.2298/VETGL170214001H>
12. Li J. M. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods / J. M. Li, S. P. Nie // *Food Hydrocolloids*. — 2016. — V. 53. — P. 46–61.
13. Tobacman J. K. Review of harmful gastrointestinal effects of carrageenan in animal experiments // *Environ Health Perspect*. — 2001. — V. 109. — №10. — P. 983–994.
14. Tetsuguchi M. Effects of curdlan and gellan gum on the surface structure of intestinal mucosa in rats / M. Tetsuguchi, S. Nomura, M. Katayama, Y. Sugawa-Katayama // *J Nutr Sci Vitaminol*. — 1997. — V. 43. — №5. — P. 515–27.
15. Neburchilova N. F., Petrunina I. V. Principles of determination of value in use for meat and meat products based on quality indicators — the coefficients of consumer properties. Theory and practice of meat processing. 2016;1(3):81–95. DOI:10. 21323/2414-438X-2016-1-3-81-95
16. Shoaib, M. Inulin: Properties, health benefits, and food applications/ M. Shoaib, A. Shehzada, M. Omar, A. Rakha, H. Razaa, H. Rizwan Sharif, A. Shakeela, A. Ansaria, S. Niazia // *Carbohydrate Polymers*. — 2016. — V. 147. — P. 444–454.
17. Roberfroid, M. Functional food concept and its application to prebiotics / M. Roberfroid // *Digestive and Liver Disease*. — 2002. — V. 34. — № Suppl. 2. — S. 105–110.
18. Rao, V.A. The prebiotic properties of oligofructose at low intake levels / V. A. Rao // *Nutrition Research*. — 2001. — V. 21. — № 6. — P. 843–848.
19. Jackson, K.G. The effect of the daily intake of inulin on fasting lipid, insulin and glucose concentrations in middle-aged men and women / K.G. Jackson, G.R.J. Taylor, A.M. Clohessy, C. MWilliams // *British Journal of Nutrition*. — 1999. — V. 82. — № 1. — P. 23–30.
20. Nitsch, P. Sensorische Qualität beibehalten / P. Nitsch // *Fleischwirtschaft*. — 2006. — V. 86. — № 11. — P. 41–46.
21. Bonnema, A.L. Gastrointestinal tolerance of chicory inulin products / A.L. Bonnema, L.W. Kolberg, W. Thomas, J.L. Slavin // *Journal of the American Dietetic Association*. — 2010. — V. 110. — № 6. — P. 865–868.
22. Ripoll, C. Gastrointestinal tolerance to an inulin-rich soluble roasted chicory extract after consumption in healthy subjects / C. Ripoll, B. Flourie, S. Megnien, O. Hermand, M. Janssens // *Nutrition*. — 2010. — V. 26. — № 7–8. — P. 799–803.
23. Mendoza, E. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages / E. Mendoza, M.L. Garcia, C. Casas, M.D. Selgas // *Meat Science*. — 2001. — Vol. 57. — № 4. — P. 387–393.
24. Modzelewska-Kapitula, M. Investigation of the potential for using inulin HPX as a fat replacer in yogurt production / M. Modzelewska-Kapitula, L. Klebukowska // *International Journal of Dairy Technology*. — 2009. — V. 62. — № 2. — P. 209–214.

25. Janvary, L. Ballaststoff als Fettersatz, Mit Inulin werden Wurst und Fleischwaren fit für den Wellnesstrend / L. Jänvåry // *Fleischwirtschaft*. — 2005. — V. 85. — № 2. — P. 22–23.
26. Kalyani Nair, K. Inulin dietary fiber with functional and health attributes — a review / K. Kalyani Nair, S. Kharb, D. K. Thompson // *Food Reviews International*. — 2010. — V. 26. — № 2. — P. 189–203.
27. Imeson A. Food stabilisers, thickeners and gelling agents. Oxford, UK; Blackwell — 2010. — Publishing Ltd.
28. Janvary, L. Fleischerzeugnisse mit Mehrwert / L. Jänvåry // *Fleischwirtschaft*. — 2006. — V. 86. — № 11. — P. 51–54.
29. Müller, W. D. Funktionelle Fleischerzeugnisse — Rohwürste // *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach*. — 2006. — V. 45. — P. 185–191.
30. Vasilev, D. Some quality parameters of functional fermented, cooked and liver sausages / D. Vasilev, I. Vukovic, S. Saicic // *Meat Technology*. — 2011. — V. 52. — № 1. — P. 141–153.
31. Vasilev, D. Some important physical, physico-chemical and sensory properties of functional fermented sausages / D. Vasilev, I. Vukovic, V. Tomovic, M. Jokanovic, N. Vasiljevic, M. Milanovic-Stevanovic, M. Tubic // *Meat Technology*. — 2009. — V. 50. — № 5–6. — P. 342–350.
32. Leistner, L. Allgemeines über Rohwurst / L. Leistner // *Fleischwirtschaft*. — 1986. — V. 66. — № 3. — P. 290–300.
33. Muguerza, E. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages / E. Muguerza, G. Fista, D. Ansorena, I. Astiasaran, J. G. Bloukas // *Meat Science*. — 2002. — V. 61. — № 4. — P. 397–404.
34. Vasilev, D. The composition and significant changes in fats of functional fermented sausage / D. Vasilev, I. Vukovic, S. Saicic,

- N. Vasiljevic, M. Milanovic-Stevanovic, M. Tubic // *Meat Technology*. — 2010. — V. 51. — № 1. — P. 27–35.
35. Pennacchia, C. Potential probiotic *Lactobacillus* strains from fermented sausages: Further investigations on their probiotic properties / C. Pennacchia, E.E. Vaughan, F. Villani // *Meat Science*. — 2006. — V. 73. — № 1. — P. 90–101.
36. Smits G., Daenekindt L., Booten K. Fraktionierte, polydisperse Zusammensetzungen, Patent DE69512071T2 // Google Patents — [Electronic resource]. — 2000. — access mode: <http://google.com/patents/DE69512071T2?cl=tr>
37. Mohan A. Basics of sausage making, Formulation, Processing and safety // UGA Extension Bulletin 1437. University of Georgia and Fort Valley State University, the U. S. — 2014. — P. 5–8. Available from: <http://efsonline.uga.edu/wp-content/uploads/2016/08/Basics-of-Sausage-Making.pdf>
38. Keenan, D.F. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach / D.F. Keenan, V.C. Resconi, J.P. Kerry, R.M. Hamill // *Meat Science*. — 2014. — V. 96. — № 3. — P. 1384–1394.
39. Honikel K. O., Hamm R. Measurement of water-holding capacity and juiciness. In Pearson A. M., Dutson T. R. (Eds.). *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. London: Chapman & Hall. — 1994. — P. 125–161.
40. Álvarez, D. Effect of inulin, β -Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters / D. Álvarez, S. Barbut // *Meat Science*. — 2013. — V. 94. — № 3. — P. 320–327.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Василев Драган — адъюнкт-профессор, Белградский Университет — Факультет ветеринарной медицины.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: vasilevd@vet.bg.ac.rs

Джёрджевич Весна — старший научный сотрудник, Институт гигиены и технологии мяса.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: vesna.djordjevic@inmes.rs

Карабасил Неджелко — адъюнкт-профессор, Белградский Университет — Факультет ветеринарной медицины.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: nedja@vet.bg.ac.rs

Димитриевић Мирьяна — адъюнкт-профессор, Белградский Университет — Факультет ветеринарной медицины.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: mirjana@vet.bg.ac.rs

Петровић Зоран — научный сотрудник, Институт гигиены и технологии мяса.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: zoran.petrovic@inmes.rs

Велебит Бранко — Старший научный сотрудник, Институт гигиены и технологии мяса.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: branko.velebit@inmes.rs

Теодоровић Владо — профессор, Белградский Университет — Факультет ветеринарной медицины.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: vteodorovic@vet.bg.ac.rs

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 07.04.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Vasilev Dragan — Associate professor, University of Belgrade- Faculty of veterinary medicine.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: vasilevd@vet.bg.ac.rs

Djordjević Vesna — Senior Research Associate, Institute of meat hygiene and technology.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: vesna.djordjevic@inmes.rs

Karabasil Nedjeljko — Associate professor, University of Belgrade- Faculty of veterinary medicine.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: nedja@vet.bg.ac.rs

Dimitrijević Mirjana — Associate professor, University of Belgrade- Faculty of veterinary medicine.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: mirjana@vet.bg.ac.rs

Petrović Zoran — Research Associate, Institute of meat hygiene and technology.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: zoran.petrovic@inmes.rs

Velebit Branko — Senior Research Associate, Institute of meat hygiene and technology.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: branko.velebit@inmes.rs

Teodorović Vlado — Full professor, University of Belgrade- Faculty of veterinary medicine.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: vteodorovic@vet.bg.ac.rs

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 07.04.2017

QUALITY INDICATORS OF BEEF FROM YOUNG BULLS OF VARIOUS DAIRY AND BEEF BREEDS

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОВЯДИНЫ БЫЧКОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД И НАПРАВЛЕНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Miroshnikov S.A., Kharlamov A.V., Markova I.V.

All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding, Orenburg, Russia

Ключевые слова: говядина, качество, показатели, аминокислоты, жирные кислоты, бычки, порода, токсичность.

Аннотация

Установлено, что исследованное мясное сырье бычков различного направления продуктивности: I группа — бычки красной степной породы, II группа — черно-пестрой, III — калмыцкой по 15 голов в каждой группе, сбалансировано по аминокислотному составу и соотношению жирных кислот. По показателям экологической безопасности оно отвечает всем нормируемым СанПин 2.3.2.1078-01 значениям.

Биологическая ценность говядины бычков мясного направления продуктивности выше, чем у молочных на 3,7% и 0,9%. В белках мяса бычков трех групп содержание незаменимых аминокислот превышает рекомендуемый FAO/ВОЗ для человека.

Во внутримышечном жире бычков олеиновая кислота имела самый высокий процент содержания (38,71; 39,02; 40,16% в I; II и III группах, соответственно), содержание пальмитиновой кислоты в образце внутримышечного жира бычков красной степной породы составило — 26,40%, чёрно-пестрой — 25,86% и 25,07% — калмыцкой и стеариновой — 21,09%; 21,95% и 20,41% соответственно в I, II и III группах. Таким образом, внутримышечный жир бычков калмыцкой породы характеризовался меньшим содержанием насыщенных жирных кислот (НЖК) по сравнению со сверстниками из I и II групп, по пальмитиновой кислоте на 1,33% и 0,79%, стеариновой — 0,68% и 1,54% и миристиновой — 0,37% и 0,15% соответственно. Содержание НЖК (пальмитиновая и миристиновая кислота) в образцах внутримышечного жира бычков I группы было большим, чем во II и III, стеариновой — наименьшим; полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) имеют достаточно высокую концентрацию во внутримышечном жире бычков всех пород. Так, общее их содержание в образцах I группы составило 5,64%, II — 6,42% и III — 7,18%. При незначительных различиях в содержании ПНЖК прослеживалось превосходство данных показателей у животных III группы над I и II на 1,54 и 0,76% соответственно.

Для Южного Урала с повышенными техногенными нагрузками на природные и сельскохозяйственные агроэкосистемы, получен экологически безопасный продукт питания. В мясе от животных III группы содержание по свинцу меньше, чем в I и II — на 15,8 и 30,4%, на 54,5 и 60,0% по меди и на 50,0% по кадмию. Содержание цезия, как радионуклида, не превышает показаний по нормативным документам, его количество составило 3,0 Бк/кг.

Keywords: beef, quality, indicators, amino acids, fatty acids, young bulls, breed, toxicity.

Abstract

It was established that studied meat raw material from young bulls of different breeds (Group I — red steppe, Group II — black-and-white, Group III — Kalmyk, 15 animals per group) was balanced by amino acid and fatty acid composition and by fatty acid ratio. In terms of safety, it corresponds to all parameters standardized in SanPiN 2.3.2.1078-01.

The biological value of meat from beef bulls is higher compared to dairy bulls by 3.7% and 0.9%. In all groups, the essential amino acid content in meat proteins exceeds the values recommended by FAO/WHO for humans.

Oleic acid had the highest concentration in the intramuscular fat (38.71, 39.02, 40.16% in Groups I, II and III, respectively). Palmitic acid content in the sample of intramuscular fat from red steppe bulls was 26.40%, in black-and-white bulls — 25.86%, and in Kalmyk bulls — 25.07%. Stearic acid concentration was 21.09%, 21.95% and 20.41% in Groups I, II and III, respectively. Thus, the intramuscular fat of Kalmyk bulls is characterized by a lower content of saturated fatty acids compared to herdmates from Groups I and II: palmitic acid by 1.33% and 0.79%, stearic acid by 0.68% and 1.54% and myristic acid by 0.37% and 0.15%, respectively. The content of saturated fatty acids (palmitic and myristic) in intramuscular fat samples from Group I was higher than in Groups II and III, and the content of stearic acid was the lowest. Polyunsaturated fatty acid (PUFA) concentration in the intramuscular fat of all breeds is sufficiently high. Thus, total PUFA content in Group I was 5.64%, in Group II — 6.42% and in Group III — 7.18%. While differences in PUFA content were insignificant, animals in Group III had a higher PUFA level compared to Groups I and II by 1.54 and 0.76%, respectively.

Ecologically pure food product has been obtained in the Southern Urals with its increased anthropogenic burden on natural and agricultural ecosystems. In Group III, lead content is lower than in Groups I and II by 15.8 and 30.4%, copper content is lower by 54.5 and 60.0% and cadmium content is lower by 50.0%. The content of cesium, as a radionuclide, does not exceed the specifications and is equal to 3.0 Bq/kg.

Введение

Нарушение структуры питания населения России, высокий уровень стрессовых нагрузок и загрязнение окружающей среды уже привело к заметному ухудшению показателей здоровья россиян. Более половины населения страдает избыточным весом, у 30% детей и у 40% беременных понижен уровень гемоглобина, высока частота заболеваемости щитовидной железой, чрезмерно высок уровень заболеваемости и смертности от атеросклероза. Во многом, в этих показателях нашли отражение как недостаток в пище незаменимых факторов питания, так и чрезмерное потребление высококалорийных продуктов, нехватка грубой пищи, микроэлементов, витаминов и жирных кислот. Защитные возможности организма человека достаточно велики и до определенного момента человек успешно сопротивляется действию негативных факторов. Однако, возрастающий дефицит природных биологически активных нутриентов в организме, из которых и благодаря которым формируется иммунная система, ведёт к снижению защитных механизмов. Оказалось, что не калории, а наличие физиологически активных веществ определяет ценность пищи в век технического прогресса и гиподинамии [1–4].

Согласно приказу Минздрава № 614 от 19.08.2016 г. рекомендуемая норма потребления мяса — 73 кг/год/чел, в том числе говядины 20 кг/год/чел или 27,4%, в том числе говядины и телятины в год. К сожалению, нынешний уровень производства говядины в стране не позволяет обеспечить россиян этим продуктом в нужном объеме, поэтому так велик процент ввозимого из-за рубежа, так называемого, импортного мяса от 50 до 80% [5].

Биологическая ценность — показатель качества пищевого белка, отражающий степень соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка [6].

Значение белков определяется не только многообразием их функций, но и их незаменимостью другими пищевыми веществами. Если жиры и углеводы в той или иной степени взаимозаменяемы, то белки компенсировать чем-либо невозможно. Поэтому они считаются наиболее ценными компонентами пищи.

Белки, содержащиеся в мясном сырье нутриенты, способствуют предотвращению нарушения функции печени, профилактике сердечнососудистых заболеваний, повышают устойчивость организма к стрессам [7].

Целью исследований являлось — изучение пищевой и биологической ценности мясного сырья бычков различного направления продуктивности.

Материалы и методы

Исследования выполнены на образцах мясного сырья от бычков молочного и мясного направления продуктивности пород: красной степной, черно-пестрой

Introduction

Troubles with nutrition in the Russian population, high level of stress and environmental pollution has already led to a significant deterioration in health indicators of Russians. More than half of the population have an excessive weight; 30% of children and 40% of pregnant women have low hemoglobin level; incidence of thyroid gland disorders is high; morbidity and mortality from atherosclerosis are very high. In many respects, these indicators reflect the lack of essential nutritional factors, as well as the excessive consumption of high-calorie foods, the lack of coarse food, microelements, vitamins and fatty acids. The protective capabilities of human body are high enough and a person successfully resists negative factors for a certain period. However, the growing deficiency in natural bioactive nutrients, which form the immune system, leads to deterioration of protective mechanisms. It was found that, in the age of technical progress and hypodynamia, not the calories but the presence of physiologically active substances determines food value [1–4].

According to the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 614 dated August 19, 2016, the recommended meat consumption is 73 kg/year/person, including beef 20 kg/year/person or 27.4%. Unfortunately, the current level of beef production in the country does not allow to provide adequate amount of this product, so the percentage of imported meat is 50% to 80% [5].

Biological value is an indicator of food protein quality reflecting the correspondence of its amino acid composition to the needs of the body in amino acids for protein synthesis [6].

The importance of proteins is determined not only by the variety of their functions, but also by the fact that they could not be substituted by other food substances. Fats and carbohydrates, to some extent, may be substituted by other nutrients, but it is not the case with proteins. Therefore, proteins are considered the most valuable food components.

Proteins contained in raw meat materials contribute to the prevention of liver dysfunction, cardiovascular diseases, and increase resistance to stress [7].

The purpose of the research was to study the nutritional and biological value of meat raw materials from young bulls of various dairy and beef breeds.

Materials and methods

The research was performed using samples of meat raw materials from young bulls of various dairy and beef breeds: red steppe, black-and-white, and Kalmyk. During

и калмыцкой. При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и оптимизации количества исследуемых образцов.

Для решения поставленных задач на бычках различного направления продуктивности проведен научно-хозяйственный опыт в СПК колхоз «Красногорский» Оренбургской области. Были сформированы три группы животных: I группа — бычки красной степной породы, II группа — черно-пестрой, III — калмыцкой по 15 голов в каждой группе. Животные всех групп с 10 до 15-месячного возраста содержались на откормочной площадке с помещением легкого типа. Для заключительного откорма в 15-месяцев молодняк был поставлен в помещение на привязь, где содержался до 18-месячного возраста.

Исследования проводились согласно общепринятым в зоотехнической науке методикам в Центре коллективного пользования ФГБНУ ВНИИМС. Исследовались образцы средней пробы измельченного мяса (пропущенного через волчок (мясорубке) с диаметром отверстий решетки 3 мм) и внутримышечного жира, полученные от бычков трех групп. Полученное измельченное мясо хорошо перемешивали и из него отбирали среднюю пробу 400 г.

Для определения химического состава использовали следующие методы исследования: определение массовой доли влаги — по ГОСТ 9958-74; массовой доли белка по ГОСТ 25011-81, массовой доли жира — по ГОСТ 26183, массовой доли золы — по ГОСТ Р 53642.

Содержание аминокислот и их соотношение изучали с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105/105М». Сравнение проводили согласно аминокислотной шкале Продовольственного комитета Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ). Так называемая «шкала ФАО» содержит минимальные требования к биологической ценности белка.

Жирнокислотный состав определяли на газовом хроматографе «Кристалл-4000 Люкс».

Экобезопасность сырья оценивалась путём определения токсичных элементов, радионуклидов, пестицидов, антибиотиков и микробиологических показателей в соответствии с требованиями СанПин 2.3.2.1078-01.

Измерения проводились с трехкратной повторностью. Обработка полученного материала проводилась с помощью общепринятого параметрического метода (t- критерий Стьюдента) с применением программы «Statistica 10.0».

Результаты и обсуждение

Результаты

Для определения пищевой и биологической ценности мяса бычков различных пород был проведен анализ химического состава средней пробы измельчен-

the research, efforts were made to minimize the suffering of animals and to optimize the number of samples to be examined.

At the collective farm «Krasnogorsky» in the Orenburg region, scientific and economic experiment was conducted with young bulls of various dairy and beef breeds. Three animal groups were formed: Group I — red steppe, Group II — black-and-white, Group III — Kalmyk, 15 animals per group. From 10 to 15 months of age, animals in all groups were managed on the feeding platform with a light-type premises. At 15 months of age, young bulls were put on a leash in premises for final feeding, where they were kept up to 18 months of age.

The studies were carried out at the Center for Collective Use of the All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding according to the methods generally accepted in animal science. Samples of minced meat (passed through meat grinder with hole diameter of 3 mm) and intramuscular fat obtained from young bulls of three groups were studied. The resulting minced meat was mixed well and average sample of 400 g was taken.

To determine the chemical composition, the following research methods were used: determination of moisture content according to GOST 9958-74; determination of protein content according to GOST 25011-81; determination of fat content according to GOST 26183; determination of ash content according to GOST R 53642.

The content of amino acids and their ratio were studied using «Capel 105/105M» capillary electrophoresis system. The comparison was made according to the amino acid scale of the Food Committee of the World Health Organization (FAO/WHO). The so-called «FAO scale» contains the minimum requirements for protein biological value.

The fatty acid composition was determined with «Kristall-4000 Lux» gas chromatograph.

Safety of raw materials was assessed by determining toxic elements, radionuclides, pesticides, antibiotics and microbiological indicators in accordance with the requirements of SanPiN 2.3.2.1078-01.

The measurements were performed in triplicate. Obtained data analysis was carried out with the standard parametric method (Student's t-test) using «Statistica 10.0» software.

Results and discussion

Results

To determine the nutritional and biological value of meat from young bulls of various dairy and beef breeds, chemical composition analysis of the average sample

Table 1. Chemical composition of the average minced meat sample, %
Таблица 1. Химический состав средней пробы измельченного мяса, %

Parameter Показатель	Group Группа		
	I	II	III
Moisture content, % Массовая доля влаги, %	70.69 ± 0.12	70.58 ± 0.31	69.60 ± 0.25
Dry matter content, % Массовая доля сухого вещества, %	29.31 ± 0.12	29.42 ± 0.31	30.40 ± 0.25
Protein content, % Массовая доля белка, %	19.23 ± 0.21	19.04 ± 0.14	19.25 ± 0.24
Fat content, % Массовая доля жира, %	9.13 ± 0.26	9.42 ± 0.25	10.19 ± 0.49
Ash content, % Массовая доля золы, %	0.95 ± 0.03	0.96 ± 0.01	0.96 ± 0.02
Energy value of 1 kg of meat, MJ Энергетическая ценность 1 кг мякоти, МДж	6.86	6.94	7.27
Energy value of whole carcass meat, MJ Энергетическая ценность всей мякоти туши, МДж	1216.9	1321.4	1485.9

ного мяса (Табл. 1). По содержанию сухого вещества мясо бычков III группы содержало его больше на 0,98-1,09% по сравнению с мясом животных I и II групп. Минимальным содержанием жира отличались бычки I группы, а максимальным — III, так разница составила 1,1%. Неодинаковое содержание жира в мякоти туш подопытных бычков отразилось и на ее энергетической ценности. Энергетическая ценность 1 кг мякоти и всей мякоти туши была выше соответственно у животных из III группы на 6,0 и 22,1%; 4,8 и 12,4%.

Известно, что каждая порода характеризуется своим уникальным белковым составом, поэтому мы изучили биологическую ценность белков мышечной ткани различных пород (Табл. 2).

В белках мяса животных трех групп содержание незаменимых аминокислот (Табл. 2) превышает рекомендуемый ФАО/ВОЗ для человека, что говорит о том, что полученное мясо сбалансировано по аминокислотному составу и усвояемость белков животного происхождения равна 100% (Табл. 3).

Анализ аминокислотного сора, свидетельствующего о полноценности белка, показал, что в белках говядины всех пород бычков не имеется лимитирующих аминокислот. Минимальный аминокислотный скор лицина в белках наблюдался у животных II и III группы. Лейцина выше в белках мышечной ткани бычков

of minced meat was made (Table 1). Meat in Group III contained more dry matter by 0.98-1.09% compared to meat in Groups I and II. The minimum fat content was observed in meat from Group I, and the maximum fat content was in Group III, while the difference was 1.1%. Different fat content in the carcasses of the experimental bulls resulted in different energy value. Compared to Groups I and II, energy value of 1 kg of meat and whole carcass meat in Group III was higher by 6.0 and 22.1%; 4.8 and 12.4%, respectively.

It is known that each breed is characterized by its unique protein composition, so we studied the biological value of protein in muscle tissue of different breeds (Table 2).

The content of essential amino acids in meat protein of animals in all three groups (Table 2) exceeds the recommendations by FAO/WHO for humans, which indicates that the meat obtained is balanced by amino acid composition, and the digestibility of animal proteins is 100% (Table 3).

Amino acid score analysis indicating protein value showed that beef proteins of all bulls had no limiting amino acids. The minimal amino acid score of lysine in proteins was observed in animals from Groups II and III. Leucine content was higher in muscle proteins of Kalmyk bulls compared to the red steppe and black-and-white

Table 2. The content of essential amino acids in the proteins of muscle from young bulls of various breeds, mg per 1 g of protein
Таблица 2. Содержание незаменимых аминокислот в белках мышечной ткани бычков различных пород, мг на 1 г белка

Amino acid Аминокислота	The content of essential amino acids Содержание незаменимых аминокислот			
	FAO/WHO reference Эталон по ФАО/ВОЗ	I	II	III
Lysine Лизин	55	56 ± 1.16	55 ± 1.13	55 ± 0.98
Leucine Лейцин	70	75 ± 1.21	74 ± 0.99	71 ± 1.14
Isoleucine Изолейцин	40	43 ± 0.78	40 ± 0.64	41 ± 0.86
Valine Валин	50	54 ± 0.52	53 ± 0.46	51 ± 0.61
Methionine + cysteine Метионин+цистеин	35	39 ± 0.48	37 ± 0.51	36 ± 0.46
Threonine Треонин	40	44 ± 0.56	45 ± 0.64	42 ± 0.48
Tryptophan Триптофан	10	36 ± 0.84	34 ± 0.76	36 ± 0.92
Phenylalanine + tyrosine Фенилаланин+тирозин	60	60 ± 1.24	62 ± 1.32	61 ± 1.48

Table 3. Indicators of biological value of beef muscle proteins

Таблица 3. Показатели биологической ценности белков мышечной ткани говядины

Amino acid	Amino acid score, % Аминокислотный скор (АС), %		
	I	II	III
Lysine Лизин	101.8	100.0	100.0
Leucine Лейцин	107.1	105.7	101.4
Isoleucine Изолейцин	107.5	100.0	102.5
Valine Валин	108.0	106.0	102.0
Methionine + cysteine Метионин+цистеин	111.4	105.7	102.9
Threonine Треонин	110.0	112.5	105.0
Tryptophan Триптофан	180.0	170.0	180.0
Phenylalanine + tyrosine Фенилаланин+тирозин	100.0	103.3	101.7
The difference coefficient of amino acid scores, % КРАС, %	15.7	12.9	12.0
Biological value, % БЦ, %	84.3	87.1	88.0

калмыцкой породы, чем красной степной на 5,7% и 4,3% черно-пестрой. Меньшей разницей по аминокислотному скору в отношении эталонного белка во II группе — 100%, тогда как в I — 107,5, III — 102,5. Полноценного белка валина по результатам расчета сора было в белках мышц животных калмыцкой породы, так их скор составил 102,0%, красной степной — 108,0 и черно-пестрой — 106,0. Скор аминокислоты метионин, с меньшей разницей к эталонному белку на стороне бычков мясного направления продуктивности, скор треонина наименьший в III группе, чем II на 7,5% и I на 5,0. Разница сора фенилаланина с эталонным белком, наблюдалась минимальной и составила у животных I группы — 100%, II — 103,3 и III — 101,7.

По результатам расчета биологической ценности белка более сбалансированным соотношением незаменимых аминокислот обладает калмыцкая порода — 88%, тогда как черно-пестрая и красная степная — 87,1 и 84,3% соответственно.

Различия в составе жирных кислот были небольшие, но значимые для самих жирных кислот (Табл. 4).

Оценка содержания полиненасыщенных кислот позволила отметить достаточно высокую их концент-

by 5.7% and 4.3%, respectively. The lowest difference in the amino acid scores from the reference protein was in Group II (100%), while in Groups I and III this difference was 107.5% and 102.5%, respectively. Amino acid score for valine in muscle proteins of Kalmyk breed was 102.0%, and for red steppe and black-and-white breeds this value was 108.0% and 106.0%, respectively. Amino acid score for methionine with a lowest difference from the reference protein was observed in beef bulls, and amino acid score for threonine in Group III was lower than in Groups II and I by 7.5% and 5.0%, respectively. The lowest phenylalanine score was 100% (Groups I), and for animals in Groups II and III these values were, 103.3% and 101.7%.

According to the results of protein biological value calculation, more balanced ratio of essential amino acids was observed in Kalmyk breed (88%), whereas black-and-white and red steppe bulls had the values of 87.1% and 84.3%, respectively.

Differences in fatty acid composition were low but significant (Table 4).

Estimation of polyunsaturated acids content allowed to notice their high enough concentration in the intramus-

Table 4. Fatty acid composition of intramuscular fat, % | Таблица 4. Состав жирных кислот внутримышечного жира, %

Fatty acid designation Условное обозначение жирной кислоты	Fatty acid name Наименование жирной кислоты (ЖК)	Group Группа		
		I	II	III
Saturated fatty acids Насыщенные ЖК		50.32 ± 0.47	50.42 ± 0.45	47.94 ± 0.48
C _{14:0}	Myristic Миристиновая	2.83 ± 0.16	2.61 ± 0.14	2.46 ± 0.15
C _{16:0}	Palmitic Пальмитиновая	26.40 ± 0.25	25.86 ± 0.26	25.07 ± 0.23
C _{18:0}	Stearic Стеариновая	21.09 ± 0.21	21.95 ± 0.25	20.41 ± 0.24
Monounsaturated fatty acids Мононенасыщенные ЖК		42.48 ± 0.33	42.85 ± 0.32	44.68 ± 0.31
C _{14:1}	Myristoleic Миристолеиновая	0.54 ± 0.14	0.65 ± 0.13	0.87 ± 0.11
C _{16:1}	Palmitoleic Пальмитолеиновая	3.23 ± 0.02	3.18 ± 0.04	3.65 ± 0.01
C _{18:1}	Oleic Олеиновая	38.71 ± 0.33	39.02 ± 0.32	40.16 ± 0.31
Polyunsaturated fatty acids Полиненасыщенные ЖК		5.64 ± 0.18	6.42 ± 0.16	7.18 ± 0.17
C _{18:2}	Linoleic Линолевая	3.86 ± 0.11	4.34 ± 0.13	4.89 ± 0.12
C _{18:3}	Linolenic Линоленовая	0.24 ± 0.01	0.23 ± 0.08	0.29 ± 0.03
C _{20:0}	Arachidonic Арахидоновая	1.54 ± 0.18	1.85 ± 0.11	2.0 ± 0.09

рацию во внутримышечном жире бычков всех пород. Так, общее их содержание в образцах I группы составило 5,64%, II — 6,42% и III — 7,18%. Различия были незначительными, но все же прослеживалось превосходство данных показателей III группы над I и II на 1,54 и 0,76% соответственно. Во внутримышечном жире бычков олеиновая имела самое высокое содержание — 38,71%; 39,02%; 40,16% в I; II и III группах, соответственно, содержание пальмитиновой кислоты составило — 26,40% в образце говядины красной степной породы; 25,86% — черно-пестрой и 25,07% — калмыцкой и стеариновая — 21,09%; 21,95% и 20,41% соответственно в I, II и III группах. Таким образом, внутримышечный жир бычков калмыцкой породы характеризовался меньшим содержанием насыщенных жирных кислот по сравнению со сверстниками из I и II групп, по пальмитиновой кислоте на 1,33% и 0,79%, стеариновой — 0,68% и 1,54% и миристиновой — 0,37% и 0,15% соответственно. По содержанию НЖК во внутримышечном жире животных I группы преобладали пальмитиновая и миристиновая кислоты, чем во II и III группах, стеариновой — наименьшим.

В хозяйстве, расположенном в зоне техногенной напряженности, контроль экологической чистоты, полученного мяса бычков, проводили по всем возможным показателям, отвечающих за безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Результаты испытаний мясного сырья, полученного от убоя бычков красной степной, черно-пестрой и калмыцкой пород, в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01 показывают, что исследуемое мясо соответствовало по показателям безопасности всем нормативным требованиям.

Количество тяжелых металлов не превышало пределы допустимых концентраций, тем не менее, в опытных образцах мясного сырья от животных III группы их содержание было меньшим, чем в I и II группах на 15,8 и 30,4% по свинцу, на 54,5 и 60,0% по меди и на 50,0% по кадмию, соответственно. Что же касается содержания цинка, то наименьшее его количество было обнаружено в мясе бычков чёрно-пёстрой породы на 22,8 и 9,3%, по сравнению с мясом красной степной и калмыцкой пород соответственно.

Содержание цезия, как радионуклида, не превышало показаний по нормативным документам, его количество составило 3,0 Бк/кг.

Кроме того, сильно токсичных химически опасных веществ как антибиотики, пестициды и большинство микроорганизмов, в том числе патогенных обнаружено не было.

Обсуждение

Повышение пищевой ценности мясного сырья является наиболее важной проблемой современного скотоводства.

Содержание жира в мышечной ткани бычков всех пород. Так, общее их содержание в образцах I группы составило 5,64%, Group II — 6,42% и Group III — 7,18%. The differences were insignificant, but nevertheless, the superiority of Group III was observed over Groups I and II by 1.54 and 0.76%, respectively. In intramuscular fat of bulls, oleic acid had the highest content — 38.71%; 39.02%; 40.16% in Groups I; II; III, respectively; palmitic acid content was 26.40% in the red steppe breed beef sample, 25.86% — in black-and-white and 25.07% — in Kalmyk breed; and stearic acid content was 21.09%; 21.95% and 20.41% in Groups I, II and III, respectively. Thus, the intramuscular fat of Kalmyk bulls was characterized by a lower content of saturated fatty acids compared to herdsmates from Groups I and II, for palmitic acid by 1.33% and 0.79%, for stearic acid by 0.68% and 1.54%, and for myristic acid by 0.37% and 0.15%, respectively. As for the content of saturated fatty acids in the intramuscular fat, palmitic and myristic acids concentration in Group I was higher, than in Groups II and III, and stearic acid content was the lowest.

On the farm located in the zone of anthropogenic tension, the control of ecological purity of the obtained bull meat was carried out for all applicable food safety indicators.

In accordance with the requirements of SanPiN 2.3.2.1078-01, study results for meat raw materials obtained from the slaughtered red steppe, black-and-white and Kalmyk bulls showed that the meat under investigation corresponded to all regulatory requirements in terms of safety.

The content of heavy metals did not exceed maximum allowable concentrations, nevertheless, in experimental samples of meat raw material from animals in Group III, their content was lower than in Groups I and II by 15.8% and 30.4% for lead, by 54.5% and 60.0% for copper and by 50.0% for cadmium, respectively. As for the content of zinc, the smallest amount of this metal was found in meat of black-and-white bulls, which were by 22.8% and 9.3% lower in comparison with meat of red steppe and Kalmyk breeds, respectively.

Cesium content, as a radionuclide, did not exceed regulatory requirements, and its amount was 3.0 Bq/kg.

In addition, highly toxic, chemically hazardous substances, such as antibiotics, pesticides and most microorganisms, including pathogens, were not found.

Discussion

Increasing the nutritional value of meat raw materials is the most important problem of modern cattle breeding.

Пищевая ценность — это понятие, интегрально отражающее всю полноту полезных свойств пищевых продуктов, включая степень обеспечения данным продуктом физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах и энергии. Пищевая ценность характеризуется химическим составом пищевого продукта с учетом потребления его в общепринятых количествах, биологической ценностью белка и биологической эффективностью липидов, энергетической ценностью данного продукта [8, 9].

Понятие пищевой ценности определяется такими факторами как, белковый и жирнокислотный состав мяса и его экологичность. Поэтому полную характеристику его качества можно дать лишь на основании оценки этих факторов [10]. В ходе исследований были выявлены различия по данным показателям. По мнению В.И. Левахина [11]; А.В. Черкаева [12], химический состав мяса напрямую зависит от породы, пола, возраста, упитанности, условий содержания и кормления, наши данные тому доказательство. Известно, что каждая порода характеризуется своим уникальным белковым составом и биологическая ценность зависит не только от содержания в них незаменимых аминокислот, но и от соотношения этих аминокислот, чем больше разница этих соотношений по сравнению с эталонным белком, тем меньше биологическая ценность [13, 14].

Вместе с тем, животный жир нельзя назвать особенно ценным продуктом для человеческого организма. Жиры мяса содержат, главным образом, насыщенные жирные кислоты (47,8–50,4%), что обуславливает более высокую температуру их плавления и более трудное усвоение организмом. Несмотря на то, что содержание предпочтительных ПНЖК составило 5,6–7,2%, как и было меньше, чем содержание НЖК, но их небольшое присутствие в мясе исследуемых пород животных определяет говядину, как полноценное сырьё, сбалансированное по жирнокислотному и аминокислотному составу [15].

Загрязнение окружающей среды химическими веществами является одним из наиболее сильных факторов разрушения компонентов биосферы. Среди наиболее опасных для здоровья человека токсикантов занимают тяжелые металлы [16, 17]. Они отнесены к тиоловым ядам, блокирующих сульфгидрильные группы белков и нарушающих обменные процессы в организме (при низких дозах), в больших дозах могут выступать в качестве блокаторов и других функционально активных групп белков — аминных, карбоксильных и др. [18, 19].

Выводы

- Мясо бычков калмыцкой породы являлось биологически наиболее полноценным по аминокислотному составу и их соотношению. Отмечено, большее количество наименьшего сора незаменимых

Nutritional value is a concept that integrally reflects all valuable properties of food products, including the degree to which the product provides the physiological needs of human in basic nutrients and energy. Nutritional value is characterized by the chemical composition of the food product taking into account its consumption in conventional amounts, biological value of proteins, biological efficacy of lipids and the energy value [8, 9].

The concept of nutritional value is determined by such factors as protein and fatty acid composition of meat and its safety. Therefore, a complete description of its quality can be given only on the basis of these factors assessment [10]. During the research, differences in these indicators were revealed. According to V.I. Levakhin [11] and A.V. Cherekaeva [12], the chemical composition of meat directly depends on breed, sex, age, fatness, housing and feeding conditions, which is confirmed by our results. It is known that each breed is characterized by its unique protein composition, and biological value depends not only on the content of essential amino acids, but also on their ratio. The greater the difference in these ratios compared to the reference protein, the less the biological value [13, 14].

At the same time, animal fat cannot be called a valuable product for human. Fats in meat contain mainly saturated fatty acids (47.8–50.4%), which results in a higher melting point and more difficult digestion. Despite the fact that the content of preferred PUFAs was 5.6-7.2% and was less than the content of saturated fatty acids, their presence in meat of studied animals determines the beef as valuable raw material balanced in fatty acid and amino acid composition [15].

Environmental pollution by chemicals is one of the most powerful factors in the destruction of biosphere components. Heavy metals are among the most toxic substances for human [16, 17]. They are assigned to thiol poisons blocking sulfhydryl groups of proteins and disturbing metabolic processes in the body (at low doses), and in large doses they can act as blockers of other functionally active protein groups — amine, carboxyl, etc. [18, 19].

Conclusions

- Meat of young Kalmyk bulls was the most biologically valuable in terms of amino acid composition and their ratio. The greater number of the lowest scores for essential amino acid, such as lysine, leucine, valine, threonine

аминокислот, таких как лизин, лейцин, валин, треонин и метионин+цистеин. Красная степная порода характеризовалась меньшей биологической ценностью (84,3%) за счёт повышенного содержания метионина и триптофана, чёрно-пёстрая (87,1%) — треонина и триптофана.

- мясо бычков I и II групп характеризовалось наибольшим содержанием НЖК составило — 50,32% для I группы и 50,42 — II, тогда как 47,94% — III. Наибольшее содержание моно- и полиненасыщенных жирных кислот, наблюдалось в мясе бычков мясного направления продуктивности. Линоленовой жирной кислоты больше в мясе животных III группы в среднем на 0,1%; линолевой и арахидоновой — 0,6-1,0%; 0,2-0,5% соответственно.
- исследуемое мясное сырьё, полученное от бычков различного направления продуктивности соответствовало по показателям безопасности всем нормативным требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01.

and methionine + cysteine was noted for this breed. Red steppe breed was characterized by lower biological value (84.3%) due to increased content of methionine and tryptophan, and black-and-white bull meat had lower biological value (87.1%) due to increased content of threonine and tryptophan.

- Meat of young bulls from Groups I and II was characterized by the highest content of saturated fatty acids — 50.32% for Group I and 50.42 for Group II, while Group III had lower values of 47.94%. The highest content of mono- and polyunsaturated fatty acids was observed in meat of beef cattle. Group III had higher level of linolenic, linoleic and arachidonic fatty acids on average by 0.1%, 0.6-1.0% and 0.2-0.5%, respectively.
- The studied meat raw material obtained from young bull of various dairy and beef breeds corresponded to safety requirements stated in SanPiN 2.3.2.1078-01.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаев, В.А. Микроэмульгирование и микрокапсулирование ПНЖК класса $\omega 3$ для расширения возможностей их использования / В.А. Исаев, С.В. Симоненко // Пищевая промышленность. — 2016. — № 1. — С. 38–41.
2. Исаев, В.А. Функциональные пищевые продукты и проектирование их физиологического воздействия на организм человека / В.А. Исаев, С.В. Симоненко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 10–1. — С. 42–49.
3. Шарфунова, И.Б. Пищевая химия. Методический комплекс. Часть 2. Кемерово: КемТИПП. — 2003. — С. 45.
4. Афанасьева, Е. А. Методологические принципы оценки мясной продуктивности и качества мяса крупного рогатого скота / Е.А. Афанасьева, Г.П. Легошин, О.Н. Могиленец, И.В. Сусь, Т.М. Миттельштейн // Молочное и мясное скотоводство. — 2012. — № 7. — С. 6–8.
5. Незавитин, А.Г. Увеличение производства и улучшение качества говядины в Западной Сибири / А.Г. Незавитин, М.Ф. Кобцев // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. — 2011. — Т. 5. — № 21. — С. 71–78.
6. Алексеева, Е.И. Повышение питательных и вкусовых качеств говядины / Е.И. Алексеева, О.А. Ключарева // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. — 2010. — № 5. — С. 18–20.
7. Маркова, И.В. Сравнительная характеристика аминокислотного состава мышечной ткани бычков молочного и мясного направления продуктивности / И.В. Маркова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2013. — Т. 43. — № 5. — С. 122–124.
8. Gorlov, I. Method for producing environmentally safe meat in radioactively contaminated area / I. Gorlov, M. Slozhenkina, N. Mosolova, S. Bozhkova, E. Zlobina, V. Levakhin, E. Azhmuldinov, G. Levakhin, A. Tsarenok // Asian journal of animal sciences. — 2016. — Vol. 10. — № 1. — P. 99–105.
9. Бестаева, О.М. Экспертиза качества говядины / О.М. Бестаева, М.С. Газзаева // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ «Горский Государственный Аграрный университет». — 2016. — № 53. — С. 205–208.
10. Горлов, И.Ф. Новые подходы в обеспечении экологической безопасности агропромышленного производства / И.Ф. Горлов, В.Н. Шишкун, Н.И. Мосолова // Молочное и мясное скотоводство. — 2012. — № 7. — С. 21–24.
11. Левахин, В.И. Сравнительная оценка мясной продуктивности и убойных качеств бычков различных пород / В.И. Левахин, М.М. Поберухин, Н.И. Рябов // Вестник мясного скотоводства. — 2012. — Т. 78. — № 4. — С. 116–117.

REFERENCES

1. Isaev, V.A. Micro emulsification and micro-capsulation of PUFA class $\omega 3$ to empower their use / V.A. Isaev, S.V. Simonenko // Food industry. — 2016. — № 1. — P. 38–41.
2. Isaev, V.A. Functional foodstuff and design of their physiological impact on the human body / V.A. Isaev, S.V. Simonenko // International journal of applied and fundamental research. — 2016. — № 10–1. — P. 42–49.
3. Sharfunova, I.B. Food Chemistry. Methodical complex. Part 2. Kemerovo: KemTIPP. — 2003. — 45 P.
4. Afanasyeva, E.A. Methodological principles of beef productivity evaluation of cattle and meat quality / E.A. Afanasyeva, G.P. Legoshin, O.N. Mogilenets, I.V. Sus, T.M. Mittelshtein // Dairy and beef cattle breeding. — 2012. — № 7. — P. 6–8.
5. Nezavitin, A.G. Production increase and beef quality improvement in the Western Siberia / A.G. Nezavitin, M.F. Kobtsev // Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University. — 2011. — Vol. 5. — № 21. — P. 71–78.
6. Alekseeva, E.I. Increase of nutritional quality and palatability of beef / E.I. Alekseeva, O.A. Klucheva // Bulletin of Bryansk State Agrarian University. — 2012. — № 5. — P. 18–20.
7. Markova, I.V. Comparative description of the amino acid composition of muscular tissue in steers / I.V. Markova // News of Orenburg State Agrarian University. — 2013. — Vol. 43. — № 5. — P. 122–124.
8. Gorlov, I. Method for producing environmentally safe meat in radioactively contaminated area / I. Gorlov, M. Slozhenkina, N. Mosolova, S. Bozhkova, E. Zlobina, V. Levakhin, E. Azhmuldinov, G. Levakhin, A. Tsarenok // Asian journal of animal sciences. — 2016. — Vol. 10. — № 1. — P. 99–105.
9. Bestaeva, O.M. Beef quality examination / O.M. Bestaeva, M.S. Gazzaeva // Bulletin of scientific works of young scientists, graduate students and undergraduates of the State Educational Establishment «Gorsky State Agrarian University». — 2016. — № 53. — P. 205–208.
10. Gorlov, I.F. New approaches in providing the ecological safety of agricultural production / I.F. Gorlov, V.N. Shishkunov, N.I. Mosolova // Dairy and beef cattle breeding. — 2012. — № 7. — P. 21–24.
11. Levakhin, V.I. Comparative estimation of meat productivity and slaughtering qualities in young bull of different breeds / V.I. Levakhin, M.M. Pobereukhin, N.I. Ryabov // The herald of beef cattle breeding. — 2012. — Vol. 78. — № 4. — P. 116–117.
12. Cherekaev, A.V. Ways for development of beef cattle breeding in Russia / A.V. Cherekaev // Glavnyi zootekhnik. — 2008. — № 2. — P. 32–39.
13. Karnaukhov, Yu. A. Quality of beef and its safety depending on the animal genotype / Yu. A. Karnaukhov // Dairy and beef cattle breeding. — 2011. — № 8. — P. 15–16.

12. Черкаев, А.В. Пути развития мясного скотоводства в России / А.В. Черкаев // Главный зоотехник. — 2008. — № 2. — С. 32–39.
13. Карнаухов, Ю. А. Качество говядины и ее экологическая безопасность в зависимости от генотипа животных / Ю.А. Карнаухов // Молочное и мясное скотоводство. — 2011. — № 8. — С. 15–16.
14. Забашта, Н.Н. Качество и безопасность говядины, полученной от бычков калмыцкой породы, в зависимости от технологии выращивания / Н.Н. Забашта, Е.Н. Головкин, // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. — 2015. — Т. 4. — С. 120–128.
15. Артеменко, А.П. Качество мяса говядины в условиях ВТО / А.П. Артеменко // Аграрное образование и наука. — 2014. — № 3. — С. 2–4.
16. Топурия, Г.М. Оценка качества говядины в условиях экологического неблагополучия / Г.М. Топурия, Л.Ю. Топурия, М.Б. Ребезов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2016. — Т. 58. — № 2. — С. 153–155.
17. Забашта, Н.Н. Производство органической говядины высокого качества со статусом «эко» / Н.Н. Забашта, Е.Н. Головкин, А.Ф. Глазов // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. — 2014. — Т. 3. — С. 92–97.
18. Мирошников, С.А. Отечественное мясное скотоводство: Проблемы и решения / С.А. Мирошников // Вестник мясного скотоводства. — 2011. — Т. 3. — № 64. — С. 7–12.
19. Харламов, А.В. Мясная продуктивность и качество мяса бычков различных генотипов при откорме на барде / А.В. Харламов, А.М. Мирошников, А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, А.Х. Заверюха // Достижения науки и техники АПК. — 2014. — № 4. — С. 62–64.

14. Zabashta, N.N. Quality and safety of beef produced from bulls of the Kalmyk breed depending on the technology of growing / N.N. Zabashta, E.N. Golovko // Collection of scientific works of the North-Caucasus Research Institute of Animal Husbandry. — 2015. — Vol. 4. — P. 120–128.
15. Artemenko, A.P. Quality of beef in the conditions of the WTO / A.P. Artemenko // Agrarnoe obrazovanie i nauka. — 2014. — № 3. — P. 2–4.
16. Topuria, G.M. Evaluation of beef quality obtained under unfavorable ecological conditions / G.M. Topuria, L.Yu. Topuria, M.B. Rebezov // News of Orenburg State Agrarian University. — 2016. — Vol. 58. — № 2. — P. 153–155.
17. Zabashta, N.N. Production of high quality organic beef with «ECO» status / N.N. Zabashta, E.N. Golovko, A.F. Glazov // Collection of scientific works of the North-Caucasus Research Institute of Animal Husbandry. — 2014. — Vol. 3. — P. 92–97.
18. Miroshnikov, S.A. Domestic beef cattle: Problems and solutions / S.A. Miroshnikov // The herald of beef cattle breeding. — 2011. — Vol. 3. — № 64. — P. 7–12.
19. Kharlamov, A.V. Productivity and quality of beef bulls of different genotypes in breeding with the distiller's grains / A.V. Kharlamov, A.M. Miroshnikov, A.N. Frolov, O.A. Zavialov, A.H. Zaveryukha // Achievements in science and technology of the agro-industrial complex. — 2014. — № 4. — P. 62–64.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Мирошников Сергей Александрович — доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. 460000, Оренбург, ул. 9 Января, 29
Тел.: +7-3532-43-46-78
E-mail: vniims.or@mail.ru

Харламов Анатолий Васильевич — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом технологии мясного скотоводства и производства говядины, Всероссийский научно-исследовательский мясного скотоводства. 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29,
Тел.: +7-3532-43-46-78
E-mail: vniims.or@mail.ru

Маркова Ирина Викторовна — кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29
Тел.: +7-3532-43-46-78
E-mail: irinazz88@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 06.04.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Miroshnikov Sergey Alexandrovich — doctor of biological sciences, professor, corresponding member to the Russian Academy of Sciences, Director, the All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding 460000, Orenburg, 9 January str., 29
Tel.: +7-3532-43-46-78
E-mail: vniims.or@mail.ru

Kharlamov Anatoliy Vasilievich — doctor of agricultural sciences, professor, head of the Department of beef cattle technology and beef production, the All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding 460000, Orenburg, 9 January str., 29
Tel.: +7-3532-43-46-78
E-mail: vniims.or@mail.ru

Markova Irina Viktorovna — candidate of biological sciences, research scientist of the Department of beef cattle technology and beef production, the All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding 460000, Orenburg, 9 January str., 29
Tel.: +7-3532-43-46-78
E-mail: irinazz88@yandex.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 06.04.2017

FOOD HYPERSENSITIVITY AND PRODUCTS OF ANIMAL ORIGIN RESOURCES

ПИЩЕВАЯ ГИПЕРЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКТЫ ИЗ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Lunina O.I.

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

Ключевые слова: мясные продукты, аллергены, технологическая обработка.

Keywords: meat products, allergens, technological process.

Аннотация

Количество людей с пищевой гиперчувствительностью, а именно пищевой непереносимостью и пищевыми аллергиями растет каждый год. Классифицированы следующие виды пищевой непереносимости: энзимопатия, синдром «негерметичного кишечника», психогенная пищевая непереносимость, дезинтоксикационная недостаточность и истинная пищевая непереносимость. Пищевые аллергены — это, в основном, гликопротеины, гаптены или полипептиды. Большинство случаев пищевой аллергии является IgE-обусловленными аллергическими реакциями. Открытия в медицине за последние годы, детализация и классификация пищевой гиперчувствительности требуют дальнейших исследований для разработки современных технологических приемов и рецептур продуктов с заданными свойствами для потребителей с пищевой гиперчувствительностью. Существующие технологии основаны на элиминации и/или снижении содержания пищевого аллергена в продукте. В статье представлен обзор причин пищевой непереносимости и пищевой аллергии, правовых основ, списка пищевых аллергенов и методов их контроля, состояния рынка гипоаллергенного питания и научных подходов создания гипоаллергенных продуктов на основе животного сырья.

Abstract

The number of people with food hypersensitivity, namely food intolerance and food allergies, grows every year. Food intolerance is classified into following types: enzymopathy; leaky gut syndrome; psychogenic food intolerance; detoxification insufficiency and true food intolerance. Food allergens mainly are glycoproteins, haptens or polypeptides. Most cases of food allergy are IgE-mediated allergic reactions. Recent discoveries in medicine, detailing and classification of food hypersensitivity require further researches to develop modern techniques and product recipes with specified properties for consumers with food hypersensitivity. Existing technologies are based on the elimination and or reduction of the content of the allergenic substance in food. The article provides an overview of causes of food intolerance and food allergy, legislative background, a list of food allergens and methods of control, market profile of hypoallergenic produce and scientific approaches to creating hypoallergenic food products based on raw materials of animal origin.

Введение

В последнее десятилетие пищевая непереносимость и пищевая аллергия стала серьезной проблемой как у нас в стране, так и в странах Европы. Пищевую аллергию и пищевую непереносимость различают по причинам возникновения и тяжести последствий.

Пищевая аллергия является самой распространенной формой аллергии и составляет 80% в структуре распространенности аллергических заболеваний в РФ [1]. По данным ВОЗ в России за последнее десятилетие число аллергиков увеличилось на 20%. По словам заместителя директора Института иммунологии Федерального медико-биологического агентства (ФМБА) Н. Ильиной от 13% до 35% россиян страдают различными видами аллергических заболеваний, причем наиболее подвержены аллергии люди, находящиеся в стрессовых условиях (пресс-конференция РИА новости, 2010). К группе риска относятся категории граждан, которые перенесли тяжелые заболевания, и прошли курс терапии (например, антибиотиков), после которой назначают особую гипоаллергенную

Introduction

During the last decade, food intolerance and food allergies have become a serious problem both in Russia and European countries. Food allergy and food intolerance are distinguished by cause and severity of consequences.

Food allergy is the most common type of allergy and accounts for 80% of cases in the structure of allergic disease prevalence in the RF [1]. According to WHO, over the past decade, the number of highly allergic individuals in Russia increased by 20%. According to N. Ilyina, deputy director of the National Research Center — Institute of Immunology, Federal Medical-Biological Agency (FMBA), 13% to 35% of Russians suffer from various types of allergic diseases, and people who are under stress are most susceptible to allergy (RIA Novosti press conference, 2010). The risk group include individuals who suffer from severe diseases and received therapy (for example, antibiotics), which re-

диету. От 10 — до 20 % взрослого населения страдают пищевой непереносимостью — часто считая это пищевой аллергией.

Дети больше чем взрослые подвержены аллергическим заболеваниям и аллергическим реакциям на пищевые продукты.

На отечественном рынке можно найти ассортимент зерновых и молочных гипоаллергенных продуктов. Мясные продукты с гипоаллергенными свойствами практически не представлены на полках магазинов. Исключение составляет детские продукты прикорма первого года жизни.

В статье представлен обзор причин, вызывающих аллергические реакции организма человека, перечень пищевых аллергенов, состояния рынка гипоаллергенного питания и научных подходов создания гипоаллергенных продуктов питания на основе животного сырья.

Пищевая гиперчувствительность — определения и классификация

Пищевая непереносимость, или пищевая гиперчувствительность — это нарушение обычных процессов переваривания и усвоения пищи. Симптомами являются диарея, тошнота, рвота, газообразование, боли в животе [2].

Классифицированы следующие виды пищевой непереносимости:

- энзимопатия — недостаточность пищеварительных ферментов, что обуславливает невозможность нормального расщепления и усвоения углеводов, белков и аминокислот (гиполактозия, целиакия, галактоземия, фенилкетонурия);
- синдром «негерметичного кишечника» — повышенная проницаемость токсинов в кровотока через слизистую кишечника;
- психогенная пищевая непереносимость — неспособность организма усваивать пищу из-за воздействия или последствий стрессов;
- дезинтоксикационная недостаточность — реакция иммунной системы на вещества, неприродного происхождения, поступающие в организм с пищей;
- истинная пищевая непереносимость — реакция организма на естественные биологически активные вещества (гистамин, кофеин, салицилаты и др.).

При пищевой непереносимости основным способом профилактики является соблюдение диеты, полностью исключая вещество, которое не может переварить желудочно-кишечный тракт.

Пищевая аллергия — гиперчувствительность, это негативная реакция организма на определенное вещество (или пищевой продукт, содержащий это вещество), нарушающее работу иммунной системы. P. G. H. Gell и R. R. A. Coombs выделили 4 основных типа реакций гиперчувствительности. На сегодняшний день известно 5 типов реакций гиперчувствительности.

requires prescription of special hypoallergenic diet. Besides, 10 to 20% of the adult population suffer from food intolerance and often consider it a food allergy.

Children are more susceptible to food allergens compared to adults.

A range of hypoallergenic products based on cereals and milk is in the domestic market now. Retail shows almost absence of meat products with hypoallergenic properties. The only exception is complementary foods for babies of first year of life.

The article provides an overview of causes of allergic reactions in human, a list of food allergens, market profile of hypoallergenic produce and scientific approaches to creating hypoallergenic food products based on raw materials of animal origin.

Food hypersensitivity — definitions and classifications

Food intolerance, or food hypersensitivity, is abnormality in usual processes of food digestion and absorption. Symptoms are diarrhea, nausea, vomiting, gas formation, and abdominal pain [2].

Food intolerance is classified into following types:

- enzymopathy — insufficiency of digestive enzymes, which causes inability of normal digestion and absorption of carbohydrates, proteins and amino acids (hypolactasia, celiac disease, galactosemia, phenylketonuria);
- leaky gut syndrome — increased intestine permeability for toxins that enter bloodstream through the intestinal mucosa;
- psychogenic food intolerance — the inability of the body to digest food because of stress effects or consequences;
- detoxification insufficiency — the reaction of the immune system to artificial substances that enter the body with food;
- true food intolerance — the body's response to natural biologically active substances (histamine, caffeine, salicylates, etc.).

The main method of food intolerance prevention is to follow a diet that completely excludes the substance that cannot be digested in the gastrointestinal tract.

Food allergy is a hypersensitivity, i.e. negative reaction of the body to certain substance (or food product containing this substance), which interrupts immune system functioning. P. G. H. Gell and R. R. A. Coombs identified 4 main types of hypersensitivity reactions. To date, there are 5 types

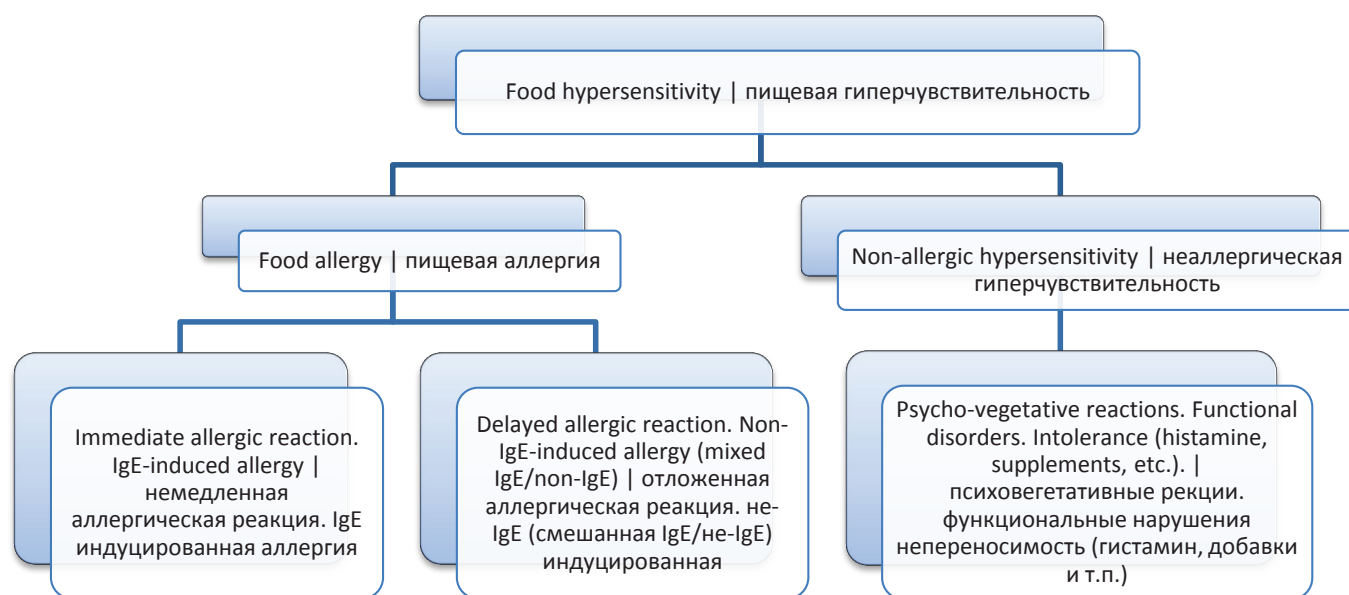


Fig. 1. Food hypersensitivity | Рис. 1. Пищевая гиперчувствительность

Термин аллергия был сохранён за первым типом реакций. (Рис. 1) [2]. В результате поступления аллергена в кровь особо опасным для жизни пациента является тяжелая аллергическая реакция — анафилаксия (стремительное падение кровяного давления). В основе многих аллергических заболеваний (атопический дерматит, крапивница, ангиоотек, аллергический ринит, бронхиальная астма и др.) лежит пищевая аллергия [3].

Пищевые аллергены — это, в основном, гликопротеины, содержащиеся в пищевых продуктах, реже — полипептиды, гаптены, которые соединяются с белками пищи [4]. Аллергенность этих протеинов обусловлена наличием эпитопов. Эпитоп — это часть макромолекулы антигена, которая распознается иммунной системой: антителами (иммуноглобулинами), В-лимфоцитами, Т-лимфоцитами. Существует пять классов антител (IgA, IgG, IgM, IgE, IgD), которые отличаются особенностями структуры и функций. Большинство случаев пищевой аллергии является IgE-обусловленными аллергическими реакциями.

Правовые основы

За рубежом разработаны законодательные требования [5], в которые включены перечень аллергенов и процессы их контроля:

- Директива 2003/89/EC в отношении указания ингредиентов в составе пищевых продуктов (Европейский союз)
- Директива по аллергенам 2005/26/EC (Европейский союз)
- Федеральное законодательство. Секция 201-210 (США)
- Закон о маркировке пищевых аллергенов и защите прав потребителя от 2004 года (Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004)
- Продовольственный кодекс. Стандарт 1.2.3 (Австралия/Новая Зеландия).

of hypersensitivity reactions. The term «allergy» is reserved for the first type of such reactions. (Fig. 1) [2]. As a result of allergen entering into the blood, a serious allergic reaction, anaphylaxis (rapid drop in blood pressure), is especially dangerous for a patient's life. Many allergic diseases (atopic dermatitis, urticaria, angioedema, allergic rhinitis, bronchial asthma, etc.) are based on food allergy [3].

Food allergens are basically glycoproteins contained in food and, less often, polypeptides, haptens linked to food proteins [4]. The allergenic capacity of these proteins is due to the presence of epitopes. Epitope is a part of antigen macromolecule, which is recognized by the immune system: antibodies (immunoglobulins), B-lymphocytes, T-lymphocytes. There are five classes of antibodies (IgA, IgG, IgM, IgE, IgD) differing in their structure and functions. Most cases of food allergy are IgE-mediated allergic reactions.

Legislative background

Abroad, legislative requirements have been developed [5], which include list of allergens and methods of their control:

- Directive 2003/89/EC on the indication of ingredients in the composition of food products (European Union)
- Directive 2005/26/EC on allergens (European Union)
- CFR 21. Parts 201-210 (USA)
- Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004
- The Food Code. Standard 1.2.3 (Australia/New Zealand).

В России перечень наиболее распространенных пищевых аллергенов, употребление которых может вызвать аллергические реакции или противопоказано при отдельных видах заболеваний, указан в Техническом регламенте Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТР ТС 022/2011).

По данным ФАО причиной пищевой гиперчувствительности могут стать 160 видов пищевых продуктов. Законодательства многих стран мира определили основные группы аллергенных продуктов. В таблице 1 представлен сравнительный перечень принятых аллергенов в странах ЕС, США, Австралии и России.

Еще более подробный перечень аллергенов, включая новые, представлен на сайте ВОЗ и Международного союза иммунологов (IUIS) <http://www.allergen.org/>.

Причины и источники пищевой гиперчувствительности

Аллергены опасны тем, что могут вызывать опасные для здоровья человека реакции организма даже в микромалых дозах.

Аллергическая реакция на арахис может быть вызвана дозой, измеряемой микрограммами. Тепловая обработка в этом случае, только увеличивает их аллергенность (по данным European Food Safety Authority — EFSA).

Аллергия к коровьему молоку встречается чаще всего у детей. Среди белков молока наибольшими аллергенными свойствами обладает β -лактоглобулин (А и В). Лактопротеин — α -лактальбумин, казеин и его α -, β -, и λ -фракции являются менее аллергенными. [1]. Аллергенными свойствами обладает и молоко других млекопитающих, например, козье молоко. В ряде обзоров по пищевой аллергии наиболее важным аллергеном назван сыр, из-за высокого содержания гистамина [4].

Частота энтеропатии (энзимопатии), связанной с непереносимостью глютена в Северной Америке — от 0,5 –до 1% всего населения. Больные с пищевой непереносимостью к глютену имеют риски возникновения аллергических реакций на другие зерновые, поэтому им необходимо избегать потребления ячменя, ржи и овса.

Белки куриного яйца вызывает аллергические реакции. Наиболее выраженными аллергенными свойствами обладают овальбумин (около 70%), овомукоид, овотрансферин (кональбумин). Основным аллергеном желтка является альфа-ливетин [6]. Клинические исследования показывают, что дозы яичного белка, поступающего с пищей, вызывающие аллергию — от микрограммов до нескольких миллиграммов. При наличии аллергии к куриному белку возможна одновременно повышенная чувствительность к белкам яиц других видов (утиных, гусиных).

In Russia, the list of the most common food allergens, consumption of which may cause allergic reactions or is contraindicated for certain types of diseases, is indicated in the Technical Regulations of the Customs Union «Food products in terms of labeling» (TR TS 022/2011).

According to FAO, 160 food products can cause food hypersensitivity. Legislation in many countries of the world identify the main groups of allergenic products. Table 1 provides a comparative list of recognized allergens in the EU, USA, Australia and Russia.

An even more detailed list of allergens, including new ones, is available on the WHO website and website of the International Union of Immunological Societies (IUIS) <http://www.allergen.org/>.

Causes and sources of food hypersensitivity

Allergens are dangerous because they can cause reactions harmful to human health, even in very small doses.

An allergic reaction to peanuts may be caused by a dose measured in micrograms. In this case, heat treatment only increases their allergenic capacity (according to the European Food Safety Authority — EFSA).

An allergic reaction to cow's milk is found most often in children. Among milk proteins, β -lactoglobulin (A and B) has the highest allergenic capacity. α -Lactalbumin, casein and its α -, β -, and λ -fractions are less allergenic [1]. Milk of other mammals, for example, goat's milk, possesses allergic properties too. In a number of reviews on food allergies, cheese is recognized as the most important allergen due to the high content of histamine [4].

The frequency of enteropathy (enzymopathy) associated with gluten intolerance in North America accounts for 0.5 to 1% of the total population. Patients with food intolerance to gluten have risks of allergic reactions to other cereals, so they need to avoid the consumption of barley, rye and oats.

Chicken egg white cause allergic reactions too. Ovalbumin (about 70%), ovomucoid, ovotransferrin (conalbumin) have the most pronounced allergenic properties. The main yolk allergen is alpha-livetin [6]. Clinical studies show that the doses of egg white entering body with food that may cause allergies are micrograms to several milligrams. If there is an allergy to chicken egg protein, there may be an increased sensitivity to egg proteins of other species (duck, goose).

Table 1. The main groups of food allergens | Таблица 1. Основные группы пищевых аллергенов

No №	European Union Европейский Союз	Australia Австралия	USA США	Russia Россия
1.	Cereals (containing gluten) with exceptions (e.g. glucose syrup, maltodextrins, cereals used to produce distillates and alcoholic beverages) Зерновые культуры (содержащие глютен) с исключениями (например, сироп глюкозы, мальтодекстрины, зерновые, используемые для получения дистиллятов и алкогольных напитков)	Cereals (containing gluten) Зерновые культуры (содержащие глютен)	Wheat Пшеница	Cereals containing gluten and related processed products Злаки, содержащие глютен, и продукты их переработки
2.	Crustaceans Ракообразные	Crustaceans Ракообразные	Crustaceans (lobster, crab, shrimp) Ракообразные (омары, крабы, креветки)	Crustaceans and related processed products Ракообразные и продукты их переработки
3.	Fish, with the exception of fish gelatin or fish glue Рыба, за исключением рыбьего желатина или рыбьего клея	Fish Рыба	Fish (e.g. bass, flounder, cod) Рыба (напр., басс, камбала, треска)	Fish and related processed products (excluding fish gelatin used as a base in preparations containing vitamins and carotenoids) Рыба и продукты ее переработки (кроме рыбного желатина, используемого в качестве основы в препаратах, содержащих витамины и каротиноиды)
4.	Eggs Яйца	Eggs Яйца	Eggs Яйца	Eggs and related processed products Яйца и продукты их переработки
5.	Milk, with the exception of milk used to produce distillates and alcoholic beverages Молоко, за исключением используемого для получения дистиллятов и алкогольных напитков	Milk Молоко	Milk Молоко	Milk and related processed products (including lactose) Молоко и продукты его переработки (в том числе лактоза)
6.	Peanuts Арахис	Peanuts Арахис	Peanuts Арахис	Peanuts and related processed products Арахис и продукты его переработки
7.	Nuts, with the exception of nuts used to produce distillates and alcoholic beverages Орехи, за исключением используемых для получения дистиллятов и алкогольных напитков	Groundnuts Земляной орех	Tree nuts (e.g. almond, walnuts, pecan) Древовидные орешники (напр., миндаль, грецкие орехи, пекан)	Nuts and related processed products Орехи и продукты их переработки
8.	Soybeans, with the exception of fully refined oil and fat, tocopherols, phytosterols, esters Соевые бобы, за исключением полностью рафинированного масла и жира, токоферолов, фитостеролов, сложных эфиров	Soybeans Соевые бобы	Soybeans Соя	Soybeans and related processed products Соя и продукты ее переработки
9.	Sesame seeds Семена кунжута	Sesame seeds Семена кунжута		Sesame and related processed products Кунжут и продукты его переработки
10.	Sulfur dioxide and sulfites (> 10 mg/kg or 10 mg/L as SO ₂) Диоксид серы и сульфиты (> 10 мг/кг или 10 мг/л как SO ₂)	Sulfites Сульфиты		Sulfur dioxide and sulfites, if their total content is greater than 10 milligrams per kilogram or 10 milligrams per liter based on sulfur dioxide Диоксид серы и сульфиты, если их общее содержание составляет более 10 мг на 1 кг или 10 мг на 1 л в пересчете на диоксид серы
11.	Mustard Горчица			Mustard and related processed products Горчица и продукты ее переработки
12.	Lupine Люпин			Lupine and related processed products Люпин и продукты его переработки
13.	Celery Сельдерей			Celery and related processed products Сельдерей и продукты его переработки
14.	Shellfish Моллюски			Shellfish and related processed products Моллюски и продукты их переработки
15.				Aspartame and aspartame-acesulfame salt Аспартам и аспартам-ацесульфам соль
16.		Bee pollen Пчелиная пыльца		
17.		Propolis Прополис		
18.		Royal jelly Маточное молочко		

Пищевая аллергия к рыбе и морепродуктам, обусловлена наличием в них саркоплазматических белков — парвальбуминов. Главным аллергеном, содержащимся в большинстве моллюсков является мышечный белок тропомиозин. Считают, что морская рыба более аллергена, чем речная [6]. Большинство антигенных компонентов белков рыбы термостабильны и не разрушаются при кулинарной обработке [4]. Количество рыбы, которое может вызвать аллергическую реакцию исчисляется миллиграммами.

При кулинарной обработке антигенные свойства пищевых продуктов изменяются. Например, в молоке при кипячении аллергенность одних белков теряется, других — увеличивается; аллергенные свойства некоторых видов рыбы при консервировании снижаются; вареные яйца и крутой белок яйца менее аллергены, чем свежее яйцо. Термическая обработка арахиса не снижает его аллергенность, из-за того, что аллерген арахиса практически не разрушается при обработке.

Аллергические реакции могут вызывать не только пищевые продукты, но и пищевые добавки, входящие в состав продукта. При пищевой непереносимости рекомендуется избегать употребление в составе продуктов следующих пищевых добавок: пищевые красители E102, E110, E123, консерванты E 210-227, E 249-252, вкусовые добавки E 621-625, ароматизаторы B550-553 и др. [6, 7, 8]. Например, ароматические добавки в жевательной резинке, глазури, замороженных молочных десертах, леденцах, сосисках, сиропах могут вызывать пищевую непереносимость, которые путают с пищевой аллергией к молочным продуктам, овощам, фруктам. Краситель тартразин, вызывает развитие таких реакций, как затруднение дыхания и кашель, которые ошибочно связывают с аллергией к пищевым продуктам, в состав которых он входит. Консерванты — сорбиновая кислота (E200) могут вызвать кожные реакции, бензойная кислота (E210) — провоцировать приступы удушья, пара-оксибензойной кислоты метиловый эфир (E218) — кожные высыпания и зуд. Потребление пищевых продуктов (сушеных фруктов и овощей, безалкогольных напитков, фруктовых соков, кисломолочных напитков, вина, пива, колбасных изделий и гамбургеров), в составе которых в качестве консервантов используются диоксид серы и сульфиты, часто приводит к неблагоприятным реакциям организма.

Генетическая модификация пищевых продуктов, по мнению некоторых ученых-генетиков, способствует повышению уровня аллергических реакций организма человека. Современные методы выращивания зерновых, бобовых, овощей и многих других видов сельскохозяйственной продукции базируются на использовании трансгенных технологий с целью повышения урожайности, устойчивости к инфекциям и погодным условиям, улучшения хранимостности и т.д., в результате которых в ДНК культуры

Food allergy to fish and seafood is due to the presence of sarcoplasmic proteins, parvalbumins. The main allergen present in most shellfish is the muscle protein tropomyosin. It is believed that marine fish is more allergenic than fish from rivers [6]. Most of the antigenic components of fish proteins are heat-stable and do not degrade when cooked [4]. The amount of fish that may cause an allergic reaction is estimated in milligrams.

Antigenic properties of food products change during cooking. For example, during milk boiling, allergenic capacity of some proteins is lost, and for others it is increased. Allergenic properties of some fish species are reduced during canning. Boiled eggs are less allergenic than fresh ones. Heat treatment of peanuts does not reduce its allergenic capacity due to the fact that the peanut allergen almost does not degrade during processing.

Allergic reactions may be caused not only by food products, but also by food additives in their composition. In food intolerance, it is recommended to avoid consumption of the following food additives in food products: food colorings E102, E110, E123, preservatives E210-227, E249-252, flavor enhancers E621-625, flavorings E550-553, etc. [6, 7, 8]. For example, flavoring additives in chewing gum, icings, frozen milk desserts, candies, sausages, and syrups may cause food intolerance, which is confused with food allergy to dairy products, vegetables, fruits. Tartrazine coloring causes the development of such reactions as dyspnea and cough mistakenly associated with an allergy to food products, in which it is contained. Preservatives: sorbic acid (E200) may cause skin reactions; benzoic acid (E210) provoke asthma attack; para-hydroxybenzoic acid methyl ester (E218) cause skin rashes and itching. Consumption of food products (dried fruits and vegetables, soft drinks, fruit juices, fermented milk, wine, beer, sausages and hamburgers), which use sulfur dioxide and sulfites as preservatives, often leads to adverse reactions.

According to some genetic scientists, the genetic modification of food products contributes to an increase in allergic reactions in human. Modern methods of growing cereals, legumes, vegetables and many other types of agricultural products are based on transgenic technologies to increase yields, resistance to infections and weather conditions, improve storage capacity, etc. As a result, foreign DNA sequences are artificially introduced into the DNA

искусственно вносятся чужеродные аминокислотные последовательности для придания ей заданных свойств [4]. Именно эти изменения приводят к тому, что пищевая продукция, выращенная с помощью генной инженерии, вызывает пищевую непереносимость и аллергические заболевания, особенно у детей.

Аллергия на мясо и мясные изделия наблюдается сравнительно редко. Среди различных видов мясного сырья аллергия на говядину и куриное мясо встречается чаще, чем к остальным видам мяса.

Мясные продукты из свинины, говядины, телятины, баранины, конины, мяса кролика и зайца, гуся, курицы, перепелов, утки, в том числе дикой, говяжьей печени могут вызывать аллергические реакции. Различия в распространенности реакций на тот или иной вид мяса также связаны с географическим преобладанием их употребления в рационе питания и национальными традициями. Описаны неблагоприятные реакции на такие виды мяса млекопитающих, как, например, мясо кенгуру, кита, а также на мясо индейки [4]. Несмотря на это, мясо кролика считается низкоаллергенным мясным сырьем. Мясо индейки также имеет низкий сенсibilизирующий потенциал [9].

Аллергическая реакция может возникать в результате повышенной чувствительности к аллергенам, схожим по своему строению. Это называется перекрестной аллергией. В таблице 2 представлены примеры перекрестной аллергии, когда пища, которая не является аллергенной, вызывает аллергическую реакцию организма при ее потреблении [10].

Бычий сывороточный альбумин, содержащийся в молоке в следовых количествах, перекрестно реагирует с говядиной и телятиной [7].

Эксперты считают возможной перекрестную аллергию пыльцы березы, ольхи или орешника на яблоки (50–60% случаев), фундук (40–60%), персик (20–30%), вишня (10–20%), морковь (10%), соя (10%); а также пыльцы полыни на сельдерей (40%), пряные травы (10%) [2].

of agricultural plant to give it the specified properties [4]. It is these changes that lead to the fact that food products obtained using genetic engineering cause food intolerance and allergic diseases, especially in children.

Allergy to meat and meat products is relatively rare. Among all types of meat, allergy to beef and chicken meat is more common than to other species.

Meat products from pork, beef, veal, mutton, horse, rabbit, goose, chicken, quail, duck (including wild one), and beef liver may cause allergic reactions. Differences in the prevalence of reactions to a particular type of meat are also associated with the geographical predominance of their use in the diet and national traditions. Adverse reactions to mammalian meat, such as kangaroo, whale, and turkey meat are described [4]. However, rabbit meat is considered to be a low-allergy raw meat. Turkey meat also has low sensitizing potential [9].

An allergic reaction may occur as a result of hypersensitivity to allergens similar in structure. This is called polyvalent allergy. Table 2 presents examples of polyvalent allergy when food that is not allergenic causes an allergic reaction when it is consumed [10].

Bovine serum albumin contained in milk in trace amounts cross-reacts with beef and veal meat [7].

Experts consider an allergy to birch, alder or hazel pollen to be polyvalent with apples (50-60% of cases), hazelnuts (40-60%), peach (20-30%), cherry (10-20%), carrots (10%), soybean (10%), as well as wormwood pollen to be polyvalent with celery (40%), spicy herbs (10%) [2].

Table 2. Polyvalent allergy and food cross-reactivity | Таблица 2. Перекрестная аллергия при пищевой реактивности

Allergenic products Аллергенные продукты	Food product Продукты питания	Other Другое
Cow's milk Коровье молоко	Milk of other animal species, products containing cow's milk proteins, beef, veal meat and related products Молоко других видов животных, продукты, содержащие белки коровьего молока, говядина, телятина и мясопродукты из них	Enzyme preparations based on cattle pancreas, cow wool ферментные препараты на основе поджелудочной железы крупного рогатого скота, шерсть коровы
Kefir (kefir yeast) Кефир (кефирные дрожжи)	Molds, mold cheese, yeast dough, kvass, mushrooms Плесневые грибы, плесневые сорта сыра, дрожжевое тесто, квас, грибы	Antibiotics of penicillin type Антибиотики пенициллинового ряда
Fish Рыба	River and sea fish, seafood, chicken meat (provided that the chickens were fed with fishmeal) Речная и морская рыба, морепродукты, куриное мясо (при условии, что кур кормили рыбной мукой)	—
Chicken eggs Куриные яйца	Eggs of other bird species and products containing eggs (e.g. sauces), chicken meat and broth, mayonnaise Яйца других видов птиц и продукты, содержащие яйца (соусы, крем, майонез), куриное мясо и бульон, майонез	Feathers of birds, drugs Перья птиц, лекарственные препараты

Шведские ученые из Университета Лунд изучали протеомные профили клубники (*Fragaria ananassa*) с целью выявить биологические изменения экспрессии белков, включая белки-аллергены для выявления риска перекрестной аллергии с пылью березы (http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia_emanuelsson/strawberry_allergy_proteomics/) [11].

Отмечаются случаи возможной перекрестной аллергии между пищевыми аллергенами и лекарственными средствами животного происхождения. О.А. Субботина и ее коллеги (2014) [12] на основании проводимых в течение трех лет экспериментах получили данные, что пищевые антигены в процессе производства лекарственных средств на основе белка животного происхождения сохраняют свои антигенные свойства, несмотря на промышленную обработку и физико-химическое воздействие в процессе производства, и могут быть причиной перекрестных аллергических реакций у пациентов с пищевой аллергией.

Специалисты, длительное время работавшие над изучением аллергии на мясо, выявили, что основными аллергенами говядины являются термолабильный бычий сывороточный альбумин (Bos d6) и в меньшей степени — мышечные белки (актин, миозин и т.п.) [13]. Другие ученые к этому списку добавляют γ -глобулин [14] и тропомиозин [15].

Исследования больных с аллергией на красное мясо показали, что может развиваться замедленная анафилаксия, опосредованная специфическими IgE к гликопротеину — галактоза-альфа-1,3-галактоза (α -gal) [13]. Был установлен факт, что началу появления аллергии на красное мясо у взрослых чаще всего предшествовал укус клещей, слюна и кишечник которых содержат α -gal. Имеется другой факт: α -gal был обнаружен в противоопухолевом препарате цетуксимаб (в концентрации 10,2 мкг/5 мг), что явилось причиной развития анафилаксии сразу после первой внутривенной инъекции примерно у 20 % онкологических больных.

В мясе были обнаружены семь α -gal-содержащих IgE-связывающих протеинов (М-креатинкиназа, аспаратаминотрансфераза, β -энолаза, α -энолаза и т. п.), из которых четыре оставались стабильными при обработке [16]. Ламинин γ -1 и коллаген α -1 говядины являются α -gal-содержащими аллергенами, что объясняет перекрестную реактивность красного мяса с желатином и продуктами, в состав которых входит желатин: сладости, а также лекарственные капсулы и вакцина. Учеными было выявлено, что IgA кошки (Fel d 5) является аллергеном, который содержит α -gal. В 1994 г. была впервые описана перекрестная реактивность между альбумином кошки и свининой (синдром «свинина-кошка») [13].

Все новые потенциальные аллергены выявляются по всему миру. При исследовании аллергической ре-

Swedish scientists from the Lund University studied proteomic profiles of strawberry (*Fragaria ananassa*) to detect biological changes in protein expression, including allergen proteins, to identify the risk of polyvalent allergies with birch pollen (http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia_emanuelsson/strawberry_allergy_proteomics/) [11].

There are cases of possible polyvalent allergies between food allergens and drugs of animal origin. Based on experiments being conducted over three years, O.A. Subbotina et al. (2014) [12] have showed that, in production of drugs based on animal protein, food antigens retain their antigenic properties, despite processing and physicochemical effects during production, and may be the cause of polyvalent allergic reactions in patients with food allergies.

Specialists who worked on meat allergy for a long time have revealed that the main allergens of beef are thermolabile bovine serum albumin (Bos d6) and, to a lesser extent, muscle proteins (actin, myosin, etc.) [13]. Other scientists add γ -globulin [14] and tropomyosin [15] to this list.

Studies of patients with allergy to red meat have shown that delayed anaphylaxis may develop mediated by specific IgE to glycoprotein, galactose- α -1,3-galactose (α -gal) [13]. It was established that the onset of allergy to red meat in adults was often preceded by a bite of mites, the saliva and intestines of which contain α -gal. The other fact is that α -gal was found in the antitumor drug cetuximab (in concentration of 10.2 μ g/5 mg), which led to the development of anaphylaxis immediately after the first intravenous injection in approximately 20% of cancer patients.

Seven α -gal-containing IgE-binding proteins (M-creatine kinase, aspartate aminotransferase, β -enolase, α -enolase, etc.) were found in the meat, four of which remained stable during processing [16]. Laminin γ -1 and collagen α -1 of beef are α -gal-containing allergens, which explains cross-reactivity of red meat with gelatin and foods that include gelatin: sweets, drugs in capsules and vaccines. Scientists have found that cat's IgA (Fel d 5) is an allergen containing α -gal. In 1994, cross-reactivity between cat albumin and pork («pork-cat syndrome») was first described [13].

New potential allergens are detected all over the world. In the study of the allergic reaction in human to Hevea

акции смолы гевеи бразильской (*Hevea brasiliensis*) на человека выявлены аллергенные белки: белок теплового шока (80 kDa), протеосомная субъединица (30 kDa), ингибитор протеаз (7,6 kDa) и глицеральдегид-3-фосфат дегидрогеназа (37 kDa), которые ранее не рассматривались как аллергены [17].

Подходы к производству гипоаллергенных пищевых продуктов

Для решения проблемы профилактики пищевой непереносимости и пищевой аллергии используются следующие подходы:

- формирование рациона, исключающего попадание в организм пищевых аллергенов (элиминация пищевого аллергена);
- коррекция питания за счет использования специализированных продуктов (гипоаллергенных или с низкой аллергенностью, например, на основе белковых гидролизатов);
- формирование диеты, позволяющей обеспечить адекватную колонизацию кишечника пробиотическими бактериями, с целью снижения аллергического воздействия на организм и регуляции иммунного ответа.

При разработке гипоаллергенных продуктов представляет интерес использование методов модификации пищевых аллергенов для снижения аллергенности при сохранении иммуногенности аллергенов [4]:

- изменение в аллергенных IgE-эпитопах, которое создает невозможность IgE-антител распознать аллерген;
- снижение количества выраженного аллергена, что способствует уменьшению IgE-связывания (нет полной безопасности от потребления продукта);
- полное удаление ДНК, кодирующей аллергенный белок, т.е. отсутствие аллергена;
- необходимость учитывать комплементарный эффект выработки аллерген специфичных антител на другие иммуноглобулины, например IgG [18].

Следует учитывать, что модификации могут быть подвергнуты пищевые аллергены, являющиеся неэссенциальными структурными или функциональными белками, так как их изменения в аллергенной структуре не влияют на функцию белка. Изменения, воздействующие на белковую функцию, способны приводить к летальной мутации [4].

На российском рынке гипоаллергенные продукты и продукты для людей с пищевой непереносимостью практически не производятся.

Для коррекции непереносимости белков молока у взрослых используются продукты на основе соевого белка. Однако недостатками его использования являются негативные изменения функционирования желудочно-кишечного тракта и нарастающая аллергия к белкам сои. Молочные продукты, основанные на

brasiliensis, allergenic proteins have been identified: heat shock protein (80 kDa), proteasome subunit (30 kDa), protease inhibitor (7.6 kDa) and glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (37 kDa) that previously was not considered as allergens [17].

Approaches to hypoallergenic food production

To solve the problem of food intolerance and food allergy prevention, the following approaches are used:

- Following diet that excludes consumption of food allergens (elimination of food allergen);
- Diet correction using specialized products (hypoallergenic or with low allergenic capacity, for example, based on protein hydrolysates);
- Following diet to ensure adequate colonization of the intestines with probiotic bacteria in order to reduce allergic effect and regulate the immune response.

In the development of hypoallergenic products, the use of the methods modifying food allergens to reduce their allergenic capacity while preserving the immunogenicity is of particular interest [4]:

- Changes in allergenic IgE epitopes that make it impossible for IgE antibodies to recognize the allergen;
- Decrease in the amount of allergen, which contributes to reduction of IgE-binding (product consumption is not complete safe);
- Complete removal of DNA encoding the allergenic protein, i.e. absence of allergen;
- The need to take into account the complementary effect of allergen-specific antibodies production on other immunoglobulins, for example IgG [18].

It should be taken into account that only food allergens, which are non-essential structural or functional proteins, must be subjected to modification, since changes in their allergenic structure do not affect protein function. Changes affecting protein function may lead to a lethal mutation [4].

In the Russian market, hypoallergenic products and products for people with food intolerance are almost absent.

To correct food intolerance to milk proteins in adults, products based on soy protein are used. However, the disadvantages of its use are negative changes in the functioning of the gastrointestinal tract and increasing allergy to soy proteins. Dairy products based on the principles of

принципах глубокого гидролиза белков молока, имеют неудовлетворительные органолептические показатели (горький вкус) и высокую стоимость, что ограничивает их производство и потребление [1].

В молочной промышленности, основным направлением получения низкоаллергенных продуктов является производство молочного-белковых компонентов (казеиновые и сывороточные гидролизаты), не содержащих в своей основной массе высокомолекулярных белковых фракций.

Наиболее перспективный подход при разработке гипоаллергенных продуктов, по мнению авторов, основан на частичном гидролизе и последующем избирательном фракционировании белков с целевым удалением аллергенных фракций. В традиционные технологии производства продуктов дополнительно вводятся процессы гидролиза, ионного обмена, промышленной хроматографии, каскадной ультрафильтрации, безмембранного осмоса и т.п. Кроме того, авторы отмечают, что снижению аллергенности белков молока могут способствовать регулирование температурных режимов обработки молока, использование определенных штаммов бактерий, потребляющих пептиды с определенной молекулярной массой, и использование ультрафиолетового облучения с целью воздействия на пептиды [1].

Гипоаллергенные продукты на мясной основе отечественной промышленностью практически не выпускаются. Исключение составляют гипоаллергенные мясные продукты прикорма для детей раннего возраста [9, 14, 19, 20].

Организм людей, страдающих пищевой аллергией и пищевой непереносимостью зачастую имеет низкую обеспеченность основными нутриентами, необходимыми для полноценной жизнедеятельности человека. В таких ситуациях мясное сырье является лучшим источником восполнения основных пищевых нутриентов: полноценного белка, витаминов группы В, Е и эссенциальных высокодоступных минеральных элементов.

Одним из принципов создания гипоаллергенных продуктов, является замена мясного сырья с высокой степенью аллергенности на гипоаллергенное. Во ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова разработаны гипоаллергенные консервы из свинины и конины для прикорма детей с 5–7 месяцев, которые показали высокую терапевтическую эффективность при пищевой непереносимости [14].

Аналогичный принцип использовали специалисты Дальневосточного федерального университета при разработке технологии гипоаллергенных мясных паштетов, на основе — конины (не обладает антигенным сродством к белкам коровьего молока и говядины) и баранины (низкое содержание жира, наличие лецитина, минеральных элементов, витаминов группы В, Д, Е, К). В рецептуру мясных паштетов в каче-

ство milk protein deep hydrolysis have unsatisfactory organoleptic characteristics (bitter taste) and high cost, which limits their production and consumption [1].

In the dairy industry, the main direction of obtaining low-allergenic products is the production of milk protein components (casein and whey hydrolysates) that almost do not contain high molecular weight protein fractions.

According to the authors, the most promising approach in the development of hypoallergenic products is based on partial hydrolysis and subsequent selective fractionation of proteins with targeted removal of allergenic fractions. Processes of hydrolysis, ion exchange, industrial chromatography, cascade ultrafiltration, membraneless osmosis, etc. are introduced in the traditional technologies. In addition, the authors note that the reduction of allergenic capacity of milk proteins can be facilitated by regulating the temperature modes of milk processing, the use of special bacteria strains consuming peptides with certain molecular weight, and the use of ultraviolet irradiation to have influence on peptides [1].

Hypoallergenic meat products are almost not produced by the domestic industry. The exception is hypoallergenic meat products for complementary feeding of young children [9, 14, 19, 20].

The body of people suffering from food allergies and food intolerance often has a low supply of essential nutrients necessary for normal vital functions. In such situations, meat raw materials are the best source of main food nutrients: complete protein, vitamins of B group, E and easily available essential mineral components.

One of the principles in hypoallergenic product manufacturing is the replacement of meat raw materials with high allergenic capacity by hypoallergenic ones. The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute has developed hypoallergenic canned food from pork and horse meat for complementary feeding of children at the age of 5–7 months, which showed high therapeutic effectiveness in food intolerance [14].

A similar principle was used by specialists of the Far Eastern Federal University to develop the technology of hypoallergenic meat pates based on horse (does not possess antigenic affinity for cow's milk and beef proteins) and lamb meat (low fat content, the presence of lecithin, mineral elements, vitamins of B group, D, E, K). The formulation of meat pates includes «Polysorbavit-95» as a sorbent

стве сорбента введен «Полисорбовит-95» и гипоаллергенный или детоксицирующий ингредиент из группы пищевых волокон — пектин [21].

А.И. Жаринов с коллегами [22] разработали структурно-параметрическую модель гипоаллергенного продукта питания с оценкой адекватности качества, в которой предусматривается замена белков мяса животных и птицы, молочные белки и белки яйцепродуктов на адекватные по составу и биологической ценности белоксодержащие препараты, в частности, соевые белковые препараты. Однако, исследования последних лет показывают, что у детей сенсibilизированных к белкам коровьего молока, развиваются аллергические реакции на соевые смеси [23].

Белорусские ученые [24] представили результаты исследований по разработке алгоритма создания мясных продуктов гипоаллергенной направленности, в котором снижение аллергенности мясных продуктов происходит не только за счет подбора сырья (конина, баранина, говядина паровая, вареная, нежирные сорта свинины (в отварном и тушеном виде), ягнятина, индейка, кролик, субпродукты (печень, почки)), но и технологической обработки (варка, двойное вываривание, замораживание). При различных способах обработки мяса и мясной продукции (высушивание, варка, жарение, замораживание, ферментативный гидролиз) аллергенность снижается.

В белковых гидролизах в ходе протеолиза антигенные участки (эпитопы) разрушаются, поэтому аллергенность белковых гидролизатов уменьшается. Степень снижения аллергенности белковых гидролизатов зависит от типа используемой протеазы. Неспецифичные протеазы или смеси протеаз более эффективно снижают аллергенность белков, чем специфичные. Выявлена зависимость аллергенности от степени гидролиза: чем она выше, тем больше снижается аллергенность [25].

Специалисты ВНИИМП им. В.М. Горбатова и ВНИИ пищевой биотехнологии [14] оценивали грибные и бактериальные ферментные препараты при определении субстратной специфичности по отношению к бычьему сывороточному альбумину — основному животному белку говядины. В результате экспериментов было установлено, что наиболее глубокий гидролиз белковых веществ говядины осуществляет ферментный препарат грибной протеазы, содержащий комплекс пептидаз и протеаз, полученный путем направленной ферментацией селекционного штамма *Aspergillus oryzae*. Этот ферментный препарат позволяет провести биотрансформацию белкового сывороточного альбумина до продуктов, не обладающих аллергенными свойствами (до аминокислот и пептидов низкого молекулярного веса).

and hypoallergenic or detoxifying ingredient from the group of dietary fibers, pectin [21].

A.I. Zharinov et al. [22] developed a structural and parametric model of hypoallergenic food product with an assessment of quality adequacy, which provided for a replacement of animal meat proteins, milk proteins and egg proteins with protein-containing preparations adequate in composition and biological value, in particular, soy protein preparations. However, studies in recent years showed that children sensitized to cow's milk proteins also developed allergic reactions to soy products [23].

Belarusian scientists [24] presented research results concerning development of the algorithm for creating hypoallergenic meat products, in which the reduction in meat products with high allergenic capacity was not only due to the selection of raw materials (horse meat, mutton, steamed or boiled beef, low-fat pork (boiled and stewed), lamb, turkey, rabbit, by-products (liver, kidneys)), but also due to the technological processing (boiling, double boiling, freezing). Allergenic capacity is reduced with various methods of meat and meat products processing (drying, boiling, roasting, freezing, enzymatic hydrolysis).

During proteolysis, antigenic sites (epitopes) in protein hydrolyses degrade, therefore, the allergenic capacity of protein hydrolysates decreases. The degree of allergenic capacity decrease depends on the type of protease used. Nonspecific proteases or protease mixtures reduce allergenic capacity of proteins more effectively than the specific ones. The dependence of allergenic capacity on the degree of hydrolysis is revealed: the higher the degree is, the more the allergenic capacity decreases [25].

Specialists from the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute and the All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology [14] evaluated fungal and bacterial enzyme preparations to determine the substrate specificity for bovine serum albumin, the main protein of beef. As a result of the experiments, it was found that the deepest hydrolysis of beef protein was produced by enzyme preparation of fungal protease containing a complex of peptidases and proteases obtained by fermentation of *Aspergillus oryzae* selective strain. This enzyme preparation allows biotransformation of serum albumin to products with no allergenic properties (to amino acids and peptides of low molecular weight).

Следует отметить, что различные виды обработки, разрушая протеины и модифицируя IgE-связывающие свойства вследствие изменения конформации эпитопов, могут приводить к формированию новых эпитопов, и тем самым — к повышению аллергенности продукта, например, реакции на вареное/жареное мясо одновременно. Нагревание также не всегда разрушает аллергены, а иногда и усиливает их эффект (например, жареный арахис) [4].

Во избежание попадания аллергенов в пищевые продукты в процессе их производства, в институте разработан алгоритм решений для управления аллергенами [26]. Контроль за аллергенами в ходе производственного процесса позволяет сократить риски попадания пищевых аллергенов в готовый продукт, а при неизбежности его нахождения в продукте — информировать потребителя о его нахождении с целью минимизации последствий для здоровья благодаря предупредительной маркировке, которая включает в себя дополнительную информацию о возможности перекрестного загрязнения продукции.

Заключение

Численность людей с пищевой гиперчувствительностью с каждым годом растет. Сегодня пищевая промышленность не может в полной мере удовлетворить потребность в гипоаллергенных и низкоаллергенных пищевых продуктах для этой категории граждан.

Существующие технологии производства гипоаллергенных продуктов основаны на элиминации вещества, вызывающего негативные реакции организма, из состава пищевого продукта, использовании низкоаллергенного сырья, дополнительных методах тепловой обработки, гидролиз ферментативными препаратами до низкомолекулярных продуктов, не обладающих аллергенными свойствами.

Открытия в медицине за последние годы, детализация и классификация пищевой гиперчувствительности требует дальнейших фундаментальных исследований, с привлечением специалистов смежных дисциплин — медиков, биохимиков, диетологов, для разработки современных технологических приемов создания продуктов с заданными свойствами для людей с пищевой гиперчувствительностью (пищевой непереносимостью и пищевой аллергией). Существующие современные протеомные методы исследования позволяют проводить изучение аллергенности белков различных видов мяса, непереносимости пищевых ингредиентов, влияние технологической обработки на степень аллергенности конечного продукта и создавать гипоаллергенные и низкоаллергенные продукты на мясной основе.

It should be noted that various treatments destroying proteins and modifying IgE-binding properties due to changes in the conformation of epitopes may lead to the formation of new epitopes, and thereby to increase in the allergenic capacity of the product, for example, response to boiled/fried meat at the same time. Heat treatment also does not always destroy allergens, and sometimes enhances their effect (for example, roasted peanuts) [4].

In order to avoid the transfer of allergens into food products during their production, the institute developed an algorithm to control allergens [26]. The control of allergens during the production process helps to reduce the risks of food allergen transfer into the finished product. And if the allergen is unavoidable in the product, this approach allows to inform the consumer of its presence in order to minimize health consequences through special labeling that includes additional information on the possibility of product cross contamination.

Conclusion

The number of people with food hypersensitivity grows every year. Today, the food industry cannot fully meet the needs for hypoallergenic and low-allergenic food products for this group of consumers.

Existing technologies for hypoallergenic products are based on the elimination of the allergenic substance, the use of low-allergenic raw materials, additional heat treatment, enzymatic hydrolysis to produce low-molecular products without allergenic properties.

Recent discoveries in medicine, detailing and classification of food hypersensitivity require further researches of physicians, biochemists, nutritionists to develop modern techniques for creating products with specified properties for people with food hypersensitivity (food intolerance and food allergy). Modern proteomic research methods allow to study allergenic capacity of proteins from various types of meat, intolerance of food ingredients, impact of processing on the degree of allergenic capacity of the final product and to create hypoallergenic and low-allergenic meat-based products.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харитонов, В.Д. К вопросу о перспективных направлениях борьбы с аллергией / В.Д. Харитонов, В.Г. Будрик, Е.Ю. Агаркова, С.Г. Ботина, К.А. Березкина, А.Г. Кручинин, А.Н. Пономарев, Е.И. Мельникова // Техника и технология пищевых производств. — 2012. — Т.4. — № 27. — С. 3–6.
2. Seitz, C.S. Food Allergy in Adults: An Over- or Underrated Problem? / C.S. Seitz, P. Pfeuffer, P. Raith, E.-B. Bröcker, A. Trautmann. // Deutsches Ärzteblatt International. — 2008. — V.105(42). — P. 715–23.
3. Ревякина, В.А. Фенотипы пищевой аллергии у детей / В.А. Ревякина, И.А. Ларькова, Е.Д. Кувшинова, М.И. Шавкина, В.А. Мухоморных // Вопросы питания. — 2016. — Т. 85. — № 1. — С. 75–80.
4. Лусс, Л.В. Пищевые аллергены и пищевые добавки: роль в формировании пищевой аллергии и пищевой непереносимости / Л.В. Лусс // Эффективная фармакотерапия. — 2014. — № 33. — С. 12–19.
5. Контроль аллергенов. [Электронный ресурс: http://fsknttraining.org/sites/default/files/russian/09_Allergens_RUS.pdf Дата обращения 12.01.2017]
6. Лусс, Л.В. Пищевая аллергия и пищевая непереносимость, терминология, классификация, проблемы диагностики и терапии. ФАРМАРУС ПРИНТ. Москва, 2005. [Электронный ресурс: adventus.info-doc/a796507.php Дата обращения 16.01.2017]
7. Причины возникновения аллергических заболеваний [Электронный ресурс: www.mif-ua.com. Дата обращения 12.01.2017]
8. Титова, Н.Д. Пищевые добавки как алиментарные аллергены // Иммунология, аллергология, инфектология. — 2008. — № 2. — С. 41–16.
9. Турти, Т.В. Возможности использования мясных продуктов прикорма промышленного производства для профилактики аллергии у детей первого года жизни / Т.В. Турти, Т.Э. Боровик, А.С. Намазова-Баранова, Е.П. Зиминова, О.Л. Лукьянова, И.В. Давыдова, М.А. Сновская // Педиатрическая фармакология. — 2013. — Т. 10. — № 4. — С. 106–112. DOI:10.15690/pf.v10i4.761
10. Перекрестная аллергия [Электронный ресурс: ilive.com.ua/Здоровье/perekrestnaya-allergiya... Дата обращения 23.01.2017.]
11. [Электронный ресурс: http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia_emanuelsson/strawberry_allergy_proteomics/ Дата обращения 23.01.2017]
12. Субботина, О.А. Могут ли перекрестные аллергические реакции на пищевые антигены быть причиной рецидивирующего панкреатита у детей с пищевой аллергией? / О.А. Субботина, Н.А. Геппе, Е.А. Примаков, О.А. Сурикова, В.П. Орехова // Вопросы питания. — 2014. — Т. 83. — № 1. — С. 55–60.
13. Адаева-Янаева, Х.А. Аллергия на мясо. Клинические случаи / Х.А. Адаева-Янаева, З.А. Муслимова, Д.Ш. Магарадзе // Лечащий врач. — 2015. — № 4. — С. 10.
14. Дыдыкин, А.С. Подбор фермента специфичного к бычьему сывороточному альбумину с целью создания гипоаллергенных мясных продуктов детского питания / А.С. Дыдыкин, А.А. Губина, Е.И. Курбатова // Сборник материалов VII Международного научно-практического симпозиума «Перспективные биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов». Москва, 09.04.2014. — С. 159–164.
15. Restani, P. Meat allergy / P. Restani, C. Ballabio, S. Tripodi, A. Fiocchi // Current opinion in allergy and clinical immunology. — 2009. — V. 9(3). — P. 265–269.
16. Apostolovic, D. Immunoproteomics of processed beef proteins reveal novel galactose- α -1,3-galactose-containing allergens. / D. Apostolovic, T. Tran, C. Hamsten, M. Starkhammar, T. Velickovic, M. Hage. // Allergy. — 2014. — V. 69 (10). — P. 1308–1315.
17. Boschetti, E. The discovery of low-abundance allergens by proteomics analysis involving combinatorial peptide ligand libraries / E. Boschetti, E. Fasoli, P. G. Righetti. // Jacobs Journal of Allergy and Immunology. — 2015. — V. 2(2). — 015
18. Hofmaier, S. Immunoglobulin G in IgE-mediated allergy and allergen-specific immunotherapy / S. Hofmaier, P. Comberiati, P.M. Matricardi // European annals of allergy and clinical immunology. — 2014. — V. 46(1). — P. 6–11.
19. Боровик, Т.Э. Возможности первичной профилактики аллергии у детей первого года жизни за счет введения гипоаллергенных продуктов прикорма промышленного выпуска / Т.Э. Боровик, Н.Г. Звонкова, О.Л. Лукьянова, Т.В. Бушуева, Т.Н. Степанова, В.А. Скворцова, И.Н. Захарова, Н.Н. Семенова, Е.К. Кутафина, Е.Л. Семикина, Е.А. Копыльцова, Э.Г. Гемд-

REFERENCES

1. Kharitonov, V.D. Perspective directions of struggle with allergy / V.D. Kharitonov, V.G. Budrik, E.J. Agarkova, S.G. Botina, K.A. Berezkina, A.G. Kruchinin, A.N. Ponomarev, E.I. Melnikova // Food Processing: Techniques and Technology. — 2012. — V. 4. — No. 27. — P. 3–6.
2. Seitz, C.S. Food Allergy in Adults: An Over- or Underrated Problem? / C.S. Seitz, P. Pfeuffer, P. Raith, E.-B. Bröcker, A. Trautmann. // Deutsches Ärzteblatt International. — 2008. — V. 105(42). — P. 715–23.
3. Revyakina, V.A. Phenotypes of food allergy in children / V.A. Revyakina, I.A. Larkova, E.D. Kuvshinova, M.I. Shavkina, V.A. Mukhortykh // Food Questions. — 2016. — V. 85. — No. 1. — P. 75–80.
4. Luss, L.V. Food allergens and food additives: the role in the development of food allergy and food intolerance / L.V. Luss // Effective Pharmacotherapy. — 2014. — No. 33. — P. 12–19.
5. Control of allergens. [Electronic source: http://fsknttraining.org/sites/default/files/russian/09_Allergens_RUS.pdf Access date 12.01.2017]
6. Luss, L.V. Food allergy and food intolerance, terminology, classification, problems of diagnosis and therapy. FARMARUS PRINT. Moscow, 2005. [Electronic source: adventus.info-doc/a796507.php Access date 16.01.2017]
7. Causes of allergic diseases [Electronic source: www.mif-ua.com. Access date 12.01.2017]
8. Titova, N.D. Food additives as alimentary allergens / N.D. Titova // Immunopathology, allergology, infectology. — 2008. — No. 2. — P. 41–16.
9. Turti, T.V. Possibility of using commercial complementary meat products for the prevention of allergies in children during the first year of life / T.V. Turti, T.E. Borovik, L.S. Namazova-Baranova, E.P. Zimina, O.L. Lukoyanova, I.V. Davydova, M.A. Snovskaya // Pediatric pharmacology. — 2013. — V. 10. — No. 4. — P. 106–112. DOI:10.15690/pf.v10i4.761
10. Polyvalent allergy [Electronic source: ilive.com.ua/Здоровье/perekrestnaya-allergiya... Access date 23.01.2017.]
11. [Electronic source: http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia_emanuelsson/strawberry_allergy_proteomics/ Access date 23.01.2017.]
12. Subbotina, O.A. Can allergic cross-reactions to food antigens be the cause of recurrent pancreatitis in children with food allergies? / O.A. Subbotina, N.A. Geppe, E.A. Primakov, O.A. Surikova, V.P. Orekhova. // Food Questions. — 2014. — V. 83. — No. 1. — P. 55–60.
13. Adaeva-Yanaeva, H.A. Allergy to meat. Clinical cases / H.A. Adaeva-Yanaeva, Z.A. Muslimov, D.S. Magaradze // The attending physician. — 2015. — No. 4. — P. 10.
14. Dydykin A.S. Selection of enzyme specific for bovine serum albumin in order to create hypoallergenic meat products for baby food / A.S. Dydykin, A.A. Gubina, E.I. Kurbatova // Collected materials of the VII International Scientific and Practical Symposium “Promising biotechnological processes in food and feed technology”. Moscow, 04/09/2014. — P. 159–164.
15. Restani, P. Meat allergy / P. Restani, C. Ballabio, S. Tripodi, A. Fiocchi // Current opinion in allergy and clinical immunology. — 2009. — V. 9(3). — P. 265–269.
16. Apostolovic, D. Immunoproteomics of processed beef proteins reveal novel galactose- α -1,3-galactose-containing allergens. / D. Apostolovic, T. Tran, C. Hamsten, M. Starkhammar, T. Velickovic, M. Hage. // Allergy. — 2014. — V. 69 (10). — P. 1308–1315.
17. Boschetti, E. The discovery of low-abundance allergens by proteomics analysis involving combinatorial peptide ligand libraries / E. Boschetti, E. Fasoli, P. G. Righetti. // Jacobs Journal of Allergy and Immunology. — 2015. — V. 2(2). — 015
18. Hofmaier, S. Immunoglobulin G in IgE-mediated allergy and allergen-specific immunotherapy / S. Hofmaier, P. Comberiati, P.M. Matricardi // European annals of allergy and clinical immunology. — 2014. — V. 46(1). — P. 6–11.
19. Borovik, T.E. Possibility for primary prevention of allergy in infants due to the introduction of hypoallergenic commercial complementary food products / T.E. Borovik, N.G. Zvonkova, O.L. Lukoyanova, T.V. Bushueva, T.N. Stepanova, V.A. Skvortsova, I.N. Zaharova, N.N. Semenova, E.K. Kutafina, E.L. Semikina, E.A. Kopyltsova, E.G. Gemdzian // Russian Allergology Journal. — 2015. — No. 5. — P. 68–75.
20. Ustinova, A.V. Use of rabbit meat in the nutrition of young children / A.V. Ustinova, O.K. Derevitskaya, M.A. Kretov // Vse o myase. — 2006. — No. 4. — P. 18–20.
21. Lyakh, V.A. Development and evaluation of consumer properties of hypoallergenic meat pastes / V.A. Lyakh, L.N. Fedyanina,

жян // Российский аллергологический журнал. — 2015. — № 5. — С. 68–75.

20. Устинова, А.В. Использование мяса кроликов в питании детей раннего возраста/ А.В.Устинова, О.К.Деревицкая, М.А. Кретов // Все о мясе. — 2006. — № 4. — С. 18–20.

21. Лях, В.А. Формирование и оценка потребительских свойств паштетов из гипоаллергенного сырья / В.А. Лях, Л.Н.Федянина, Е.С. Смертина // Техника и технология пищевых производств. — 2016. — Т. 40. — № 1. — С. 32–38

22. Жаринов, А.И. Структурно-параметрическая модель гипоаллергенного продукта питания с оценкой адекватности и качества / А.И. Жаринов, Ю.И. Куликов, М.А. Никитина, М.Ю. Попова, Ю.В. Железная // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. — 2006. — № 5. — С. 55–60.

23. Субботина, О.А. Аллергические реакции на крупы у детей с атопией/ О.А. Субботина, Н.А. Геппе, Е.А. Примак, В.П. Орехова // Вопросы питания. — 2013. — Т. 82. — № 4. — С. 34–38.

24. Калтович И.В., Дымар О.В. Алгоритм создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности. Теория и практика переработки мяса. 2016;1(4):28-42. DOI:10.21323/2414-438X-2016-1-4-28-42

25. Дамодаран Ш., Паркин К.А., Феннема О. Химия пищевых продуктов. / Пер. с англ. — СПб.: Профессия. — 2012. — С. 1009.

26. Юрчак, З.А. Предотвращение и минимизация перекрестной контаминации продукции пищевыми аллергенами/ З.А. Юрчак, О.А. Кузнецова, Д. Старчикова // Все о мясе. — 2015. — № 5. — С. 19–21.

E.S. Smertina // Food Processing: Techniques and Technology. — 2016. — V. 40. — No. 1. — P. 32–38.

22. Zharinov, A.I. Structural and parametric model of hypoallergenic food product and assessment of adequacy and quality / A.I. Zharinov, Y.I. Kulikov, M.A. Nikitina, M.Y. Popova, Y.V. Zheleznyaya // Bulletin of the North-Caucasian Federal University. — 2006. — No. 5 — P. 55–60.

23. Subbotina, O.A. Allergic reactions to cereals in children with atopy / O.A. Subbotina, N.A. Geppe, E.A. Primak, V.P. Orekhova V.P. // Food Questions. — 2013. — V. 82. — No. 4. — P. 34–38.

24. Kaltovich I.V., Dymar O.V. Algorithm for creating new types of immunomodulating meat products. Theory and practice of meat processing. 2016;1(4):28-42. DOI: 10.21323/2414-438X-2016-1-4-28-42

25. Damodaran Sh., Parkin KL, Fennema O. Chemistry of food products. / In Russian. — SPb.: The profession. — 2012. — P. 1009.

26. Yurchak, Z.A. Prevention and minimization of food cross-contamination with allergens / Z.A. Yurchak, O.A. Kuznetsova, D. Starchikova // Vse o myase. — 2015. — No. 5. — P. 19–21.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Лисицын Андрей Борисович — доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова.
109316, Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: раб. +7-495-676-95-11
E-mail: info@vniimp.ru

Чернуха Ирина Михайловна — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ведущий научный сотрудник Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова
109316, Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: раб. +7-495-676-97-18
E-mail: imcher@inbox.ru

Лунина Ольга Ивановна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела международных отношений, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: раб. +7-495-676-97-18
E-mail: lunina06@inbox.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 28.03.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Lisitsyn Andrey Borisovich — doctor of technical sciences, professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel: +7-495-676-95-11
E-mail: info@vniimp.ru

Chernukha Irina Mihailovna — doctor of technical sciences, professor, corresponding member to the Russian Academy of Sciences, leading research scientist of Experimental clinic — laboratory «Biologically active substances of an animal origin», The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel: +7-495- 676-97-18
E-mail: imcher@inbox.ru

Lunina Olga Ivanovna — candidate of technical sciences, senior research scientist, Department of international scientific and technical cooperation, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel: +7-495- 676-97-18
E-mail: lunina06@inbox.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 28.03.2017

STUDY STRUCTURE OF THREE-COMPONENT POLYMERIC MATERIAL UNDER INFLUENCE OF γ -IRRADIATION

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ПОД ВЛИЯНИЕМ γ -ОБЛУЧЕНИЯ

Tarasjuk V.T.¹, Filippovich V.P.¹, Prokopenko A.V.¹, Strokova N. E.³, Egorkin A.V.⁴, Chasovskikh A.V.⁴

¹ Russian Research Institute of Canning Technology, Vidnoe, Russia

² National Research Nuclear University «Moscow Engineering Physics Institute», Moscow, Russia

³ M.V.Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁴ Research Institute of Technical Physics and Automation, Rosatom, Moscow, Russia

Ключевые слова: γ -облучение, радиационная стерилизация, полиэтилен, полиамид, этиленвинилацетат, полимерные пленки, ИК-спектр.

Keywords: γ -irradiation, radiation sterilization, polyethylene, polyamide, ethylene vinyl acetate, polymer films, IR spectrum.

Аннотация

Исследовали полимерный материал состава PA/PE/Eva толщиной 55 мкм. Стерилизацию проводили на установке ГУ-200 дозами от 3 до 18 кГр в Научно-исследовательском институте технической физики и автоматизации. Структуру образцов полимерного материала изучали методом ИК-спектроскопии до и после облучения в интервале 400–5000 см⁻¹. По результатам исследования структуры ИК-спектров облучение дозами до 6 кГр изменения в структуре незначительные. При облучении дозами от 9 кГр и выше увеличивается количество сложных эфирных групп (2340 см⁻¹), незначительное увеличение в других функциональных группах, что может говорить об одновременном процессе внутримолекулярной сшивки с промежуточной стадией сшивания протекающей с образованием виниленовых групп. Это вызывает деструкцию полимерного материала, а также радиационное окисление. Данные нарушения могут повлечь изменения физико-механических и барьерных параметров полимерного материала, что может существенно отразиться на сроках хранения сельскохозяйственной продукции.

Abstract

The polymer material (PA/PE/Eva) with a width of 55 μ m was studied. Sterilization was carried out on the unit GU-200 at doses from 3 to 18 kGy in the Research Institute of Technical Physics and Automation, Rosatom, Moscow, Russia. The structure of the polymer material samples was studied by IR spectroscopy before and after irradiation in a range of 400–5000 cm⁻¹. According to the results of the analysis of the IR spectrum structure, the changes in the structure were insignificant upon irradiation at doses up to 6 kGy. Upon irradiation at doses from 9 kGy and higher, an increase in quantity of ester groups (2340 cm⁻¹) and insignificant increase in other functional groups were observed, which can suggest a simultaneous process of intra-molecular cross-linking with the intermediate stage of cross-linking occurring with formation of vinylene groups. This causes destruction of a polymer material and radiation oxidation. These disorders can lead to changes in physico-mechanical and barrier parameters of a polymer material, which can be notably reflected in the shelf life of agricultural products.

Введение

В последнее время отмечается интерес к физическим методам обработки продуктов питания, что является мировой тенденцией. Критери и источников облучения, используемые в качестве физических методов стерилизации, делятся на два направления: использование ионизирующего излучения от изотопных источников и воздействие высокоэнергетичными электронными пучками. Наиболее распространенным источником γ -облучения являются изотопы кобальта 60 (Co⁶⁰) [1–2].

В результате радиационной стерилизации в полимерных материалах может проходить одновременно несколько процессов, такие как сшивка, деструкция, радиационное окисление. В процессе радиационной стерилизации отмечается увеличении концентрации кислорода, что способствует образованию кислород содержащих групп: –C=O, –OH, –O–O–H, –C–O–O–C–; причем группы C=O образуются разных типов: кислотные, кетонные, альдегидные, сложноэфирные, перокислотные, перэфирные [3].

Introduction

Recently, physical methods of food treatment have attracted interest, which is a worldwide trend. The criteria of the sources of irradiation used as physical methods of sterilization are divided into two directions: the use of ionizing irradiation from isotopic sources and an impact of high energy electronic beams. The most common source of γ -irradiation are cobalt 60 isotopes (Co⁶⁰) [1–2].

As a result of radiation sterilization, several processes can occur simultaneously in polymer materials, such as cross-linking, destruction and radiation oxidation. In the process of radiation oxidation, an increase in the oxygen concentration is observed, which facilitates formation of oxygen containing groups: –C=O, –OH, –O–O–H, –C–O–O–C–; with that, different types of C=O groups are formed: acidic, ketonic, aldehydic, ester, peroxyacid, perester [3].

Ранее изучалось влияние облучения главным образом на структуру однокомпонентных пленочных материалов и их свойства [4–5]. В связи с этим, в представленном исследовании анализируется влияние радиационной обработки на структуру многокомпонентного полимерного материала.

Материалы и методы

Исследовали полимерный упаковочный материал полиамид/полиэтилен/этиленвинилацетат (PA/PE/Eva), толщиной 55 мкм фирмы Freshpack Solutions (Марка TopFRESH CV 55). Облучение проводили на установке ГУ–200. Установка выполнена в виде каньона полуподвального помещения на территории Научно-исследовательского института технической физики и автоматизации, имеет бетонные защитные стены и лабиринтный вход в камеру облучения. В камере облучения располагается плоскостной облучатель сухого хранения, загружаемый стандартными радионуклидными источниками излучения типа ГИК-7-4 (Co^{60}) и рассчитанный на максимальную активность — 200 кКи. Управление установкой осуществляется из операторского помещения с пульта. Технические характеристики: источник излучения Co^{60} , количество источников 120, мощность источника 2 кКи, суммарная мощность 200 кКи, количество каналов загрузки 50, изометрия: 1КГр — 12 минут.

Стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с 4-диэтиламиноазобензоловым красителем). Граница допускаемых значений относительной погрешности аттестации составляют не более 7 % при доверительной вероятности 0,95. Погрешность определения поглощенной дозы при соблюдении условий применения не превышает 15 % ($P = 0,95$).

ИК-спектры исследовали на приборе ФМС 1201 (Россия) в МГУ (почвенный факультет) по следующим параметрам: спектральный диапазон 400–4000 см^{-1} , спектральное разрешение — 1 см^{-1} , источник ИК-потока — нихромовый, приемник ИК-потока — пироэлектрический. Спектр поглощения полимерного материала анализировали до и после облучения.

Результаты и обсуждение

Для испытаний брали образцы полимерной пленки PA/PE/Eva подвергали радиационному γ -облучению при дозе от 3 до 18 кГр. Реальные дозы облучения определяли в сравнении со стандартными, которые были облучены вместе с образцами. В диапазоне от 1 до 10 кГр рассчитывали в соответствии с формулой (1), а в диапазоне от 10 до 20 кГр по формуле (2).

$$D = 8,66 \cdot A^{0,944}, \quad (1)$$

$$D = 48,76 \cdot A^{1,028}, \quad (2)$$

где A — оптическая плотность образца в сравнении со значением оптической плотности контрольного образца.

Previously, an effect of irradiation on the structure of single-component film materials and their properties was mainly studied [4–5]. In this connection, an influence of radiation treatment on the structure of multicomponent polymer material is analyzed in this study.

Materials and methods

The polymer packaging material polyamid/polyethylene/ethylene vinyl acetate (PA/PE/Eva) with a width of 55 μm from Freshpack Solutions (TopFRESH CV 55 brand) was studied. Irradiation was carried out on the irradiation facility GU–200. The irradiation facility was constructed as a canyon of a basement on the territory of the Research Institute of Technical Physics and Automation; it has concrete protective walls and the labyrinthine entrance to the radiation chamber. The radiation chamber houses a planar dry-storage irradiator, which is loaded with standard radionuclide sources of radiation of GIK-7-4 (Co^{60}) type and rated for maximal activity of 200 kCi. The facility is controlled from the desk in the operator's room.

Technical characteristics are as follows: radiation source Co^{60} , number of sources 120; source power 2 kCi; total power 200 kCi; number of loading chambers 50, isometry: 1 kGy — 12 min.

The standard sample of the absorbed dose of photon and electron radiation (co-polymer with 4-Diethylamino-azobenzene dye) was used. The relative error limits of certification were not more than 7% at probability of 0.95. An error of absorbed dose measurement upon satisfying the conditions of the use was not more than 15 % ($P = 0.95$).

IR spectrum were analyzed on the instrument FMS 1201 (Russia) in MGU (Soil Science Faculty) according to the following parameters: spectral range 400–4000 cm^{-1} , spectral resolution 1 cm^{-1} , source of IR flow — nickel/chromium, receiver of IR flow — pyroelectric. The absorption spectrum of the polymer material was analyzed before and after irradiation.

Results and discussion

Samples of the polymer film PA/PE/Eva were used for the experiment and subjected to γ -irradiation at doses from 3 to 18 kGy. The real doses of irradiation were detected in comparison with the standard samples, which were irradiated with the samples, and calculated in a range from 1 to 10 kGy according to the equation (1) and in a range from 10 to 20 kGy according to the equation (2).

$$D = 8,66 \cdot A^{0,944}, \quad (1)$$

$$D = 48,76 \cdot A^{1,028}, \quad (2)$$

where A is optical density of a sample compared to the value of optical density of the control sample.

Table 1. Real doses of γ -irradiation of the polymer material PA/PE/EvaТаблица 1. Реальные дозы γ -облучения полимерного материала PA/PE/Eva

Established irradiation dose, kGy Доза облучения установленная, Гр	A, optical density А, оптическая плотность	D, real doses of γ -irradiation, kGy Д, реальная доза γ -облучения, кГр
3	0,30	2,8
6	0,64	5,7
9	1,01	8,8
12	0,250	11,7
15	0,314	14,8
18	0,374	17,7

Полученные результаты представлены в Табл. 1.

Исследовали структуру образцов до и после облучения по ИК-спектрам в интервале 400–5000 cm^{-1} (Рис. 1, 2).

В инфракрасной области спектра от 400 до 4500 cm^{-1} имеются характерные основные интенсивные полосы поглощения (Рис. 1, 2) для РЕ-слоя относящиеся к валентным (2820–2980 cm^{-1}) и деформационным (1480 cm^{-1} , 725–740 cm^{-1}) колебаниям $-\text{CH}_2-$ групп. Полосы поглощения, относящиеся к деформационным колебаниям $-\text{CH}_3$ групп, наблюдаются в области 1380–1371 cm^{-1} . Характерные полосы поглощения для ПА-слоя: деформационные колебания связи $-\text{NH}-$ в области 3085 cm^{-1} , 1530 — 1570 cm^{-1} и деформационные колебания карбонильной группы в области 1620–1680 cm^{-1} . Характерные полосы поглощения для Ева-слоя: колебания связи сложноэфирной функциональной группы ($-\text{COO}-$) в области 2340 cm^{-1} [6]. Наиболее характерные частоты поглощения функциональных групп (Рис. 3) исследуемого образца представлены в таблице 2.

The obtained results are presented in Table 1.

The structure of the samples was studied by IR spectrum in a range of 400–5000 cm^{-1} before and after irradiation (Fig. 1, 2).

In the infrared spectrum from 400 to 4500 cm^{-1} , there are the characteristic main intensive absorption bands (Fig. 1, 2) for the PE layer associated with valence (2820–2980 cm^{-1}) and deformation (1480 cm^{-1} , 725–740 cm^{-1}) vibrations of the $-\text{CH}_2-$ groups. The absorption bands associated with deformation vibrations of $-\text{CH}_3$ groups were observed in the range of 1380–1371 cm^{-1} . The characteristic absorption bands for the PA layer are deformation vibrations of the $-\text{NH}-$ bond in the region of 3085 cm^{-1} , 1530–1570 cm^{-1} and deformation vibrations of the carbonyl group in the range of 1620–1680 cm^{-1} . The characteristic absorption bands for the Eva layer are bond vibrations of the ester functional group ($-\text{COO}-$) in the region of 2340 cm^{-1} [6]. The most characteristic absorption frequencies of functional groups (Fig. 3) of the analyzed sample are presented in Table 2.

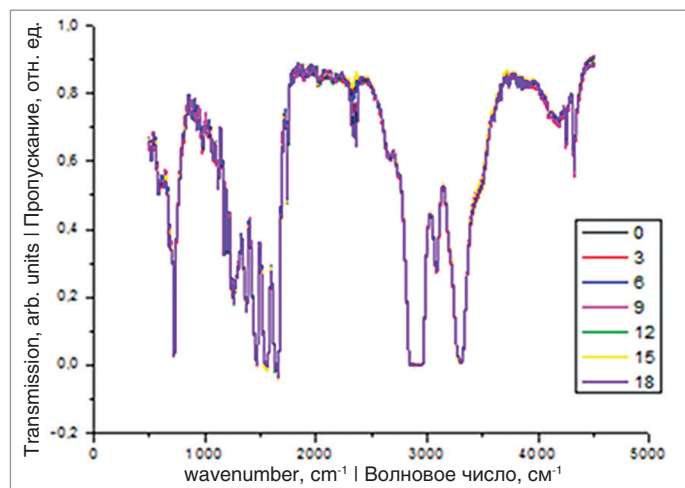


Fig. 1. IR spectrum of absorption of the polymer film PA/PE/Eva in a range of 400–5000 cm^{-1} before and after γ -irradiation at 0 to 18 kGy
Рис. 1. ИК-спектр поглощения полимерной пленки PA/PE/Eva в диапазоне от 400–4500 cm^{-1} до и после γ -облучением от 0 до 18 кГр

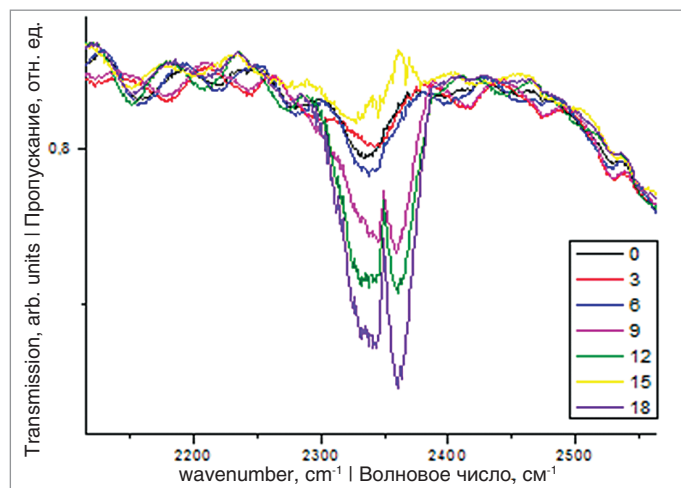


Fig. 2. IR spectrum of absorption of the polymer film PA/PE/Eva in a range of 2000–2600 cm^{-1} before and after γ -irradiation
Рис. 2. ИК-спектр поглощения полимерной пленки PA/PE/Eva в диапазоне от 2000–2600 cm^{-1} до и после γ -облучением

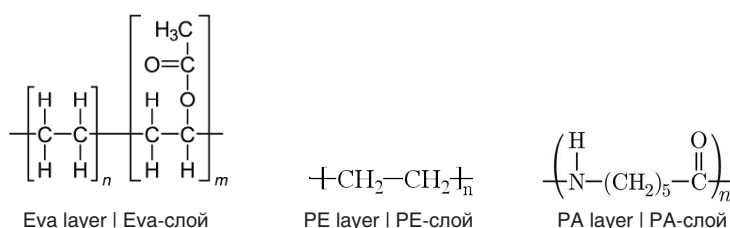


Fig. 3. Dependency of an effect of γ -irradiation doses on the intensity of absorption bands of functional groups in the PA/PE/Eva sample
Рис. 3. Зависимость влияния доз γ -облучения на интенсивность полос поглощения функциональных групп в образце PA/PE/Eva

Table 2. Characteristic absorption frequencies in the IR spectrum (Fig. 3) in the PA/PE/Eva sample

Таблица 2. Характеристические частоты поглощения в ИК-спектрах в образце PA/PE/Eva

Group Группа	Absorption frequency, cm ⁻¹ Частота поглощения, см ⁻¹			
	PE layer PE-слой	PA layer PA-слой	Eva layer Eva	PA/PE
Valence vibrations Валентные колебания				
-C-C-				580 (medium) 580 (ср) 928 (medium) 928 (ср)
-CH ₂ -	2820-2980 (strong) 2820-2980 (с.)		2820-2980 (strong) 2820-2980 (с.)	
-C=O		1623-1680 (strong) 1623-1680 (с.) 2020 (weak) 2020 (сл)		
-COO-			2340 (weak) 2340 (сл.)	2340 (weak) 2340 (сл.)
-CH-	3268-3338 (strong) 3268-3338 (с.)	3268-3338 (strong) 3268-3338 (с.)	3268-3338 (strong) 3268-3338 (с.)	3268-3338 (strong) 3268-3338 (с.)
Deformation vibrations Деформационные колебания				
-CH ₂ -	1480 (strong) 1480 (с.) 725-740 (strong) 725-740 (с.)		1480 (strong) 1480 (с.) 725-740 (strong) 725-740 (с.)	718-733 (strong) 718-733 (с.)
-CH ₃	1380-1371 (strong) 1380-1371 (с.)		1380-1371 (strong) 1380-1371 (с.)	1170 (strong) 1170 (с.)
-NH-		3085 (strong) 3085 (с.) 1530-1570 (strong) 1530-1570 (с.)		

По изучению многослойной структуры полимерного материала (Рис. 1, 2 и Табл. 2) отмечается присутствие -CH₂- и -CH- группы, как в PE-слое, так и в PA-слое, поэтому мы можем наблюдать в спектре наложение интенсивности друг на друга.

Изучив интенсивность полос поглощения функциональных групп, в многослойном полимерном материале представленных в Табл. 3, можно отметить, что кардинального изменения в структуре не отмечается. Но, после облучения имеется незначительное увеличение интенсивности в зависимости с увеличением доз облучения полос поглощения функциональных групп -COO- при волновом числе 2340 см⁻¹.

На основе полученных данных были построены зависимости интенсивности полос поглощения в образце PA/PE/Eva (Рис. 3).

Анализ данных представленных на Рис. 3 показал, что при дозах до 6 кГр изменения в структуре незначительные. От 9 кГр увеличивается количество сложных эфирных групп (2340 см⁻¹), незначительное увеличение -C-C- (584 см⁻¹), -CH₂- (1480 см⁻¹) и -CH₃ (1371-1366 см⁻¹) групп, что может говорить об одновремен-

As a result of analysis of the polymer material multilayer structure (Fig. 1, 2 and Table 2), the presence of the -CH₂- and -CH- groups was noticed both in the PE layer and in the PA layer; therefore, we can observe intensity overlapping in the spectrum.

After analysis of the intensity of the absorption bands of the functional groups in the multilayer polymer material presented in Table 3, it can be noticed that a fundamental change in the structure was not observed. However, after irradiation, there was an insignificant increase in the intensity of the absorption bands of the functional groups -COO- at wavenumber 2340 cm⁻¹ depending on an increase in irradiation doses.

Based on the obtained data, the dependencies of the intensity of absorption bands in the PA/PE/Eva sample were obtained (Fig. 3).

Analysis of the data presented in Fig. 3 showed that at doses up to 6 kGy, the changes in the structure were insignificant. From 9 kGy, the quantity of ester groups increased (2340 cm⁻¹), and the C-C- (584 cm⁻¹), -CH₂- (1480 cm⁻¹) and -CH₃ (1371-1366 cm⁻¹) groups increased insignificantly, which can suggest a simultaneous process

Table 3. Results regarding the intensity of the absorption bands depending on γ -irradiation in the PA/PE/Eva sampleТаблица 3. Результаты интенсивности полос поглощения в зависимости от γ -облучения в образце PA/PE/Eva

Absorption frequency, cm ⁻¹ Частота поглощения, см ⁻¹	Functional group Функциональная группа	Intensity of absorption bands of γ -irradiation doses, kGy Интенсивность полос поглощения доз γ -облучением, кГр						
		0	3	6	9	12	15	18
584	-C-C-	0.525	0.524	0.524	0.540	0.501	0.510	0.510
1371-1366	-CH ₃	0.167	0.165	0.171	0.170	0.159	0.153	0.160
2340	-COO-	0.797	0.803	0.787	0.744	0.715	0.835	0.672
3085	-NH-	0.277	0.270	0.282	0.278	0.282	0.272	0.278
1480	-CH ₂ -	0.218	0.212	0.221	0.213	0.204	0.198	0.208
3268-3338	-CH-	0.525	0.524	0.524	0.541	0.501	0.510	0.510

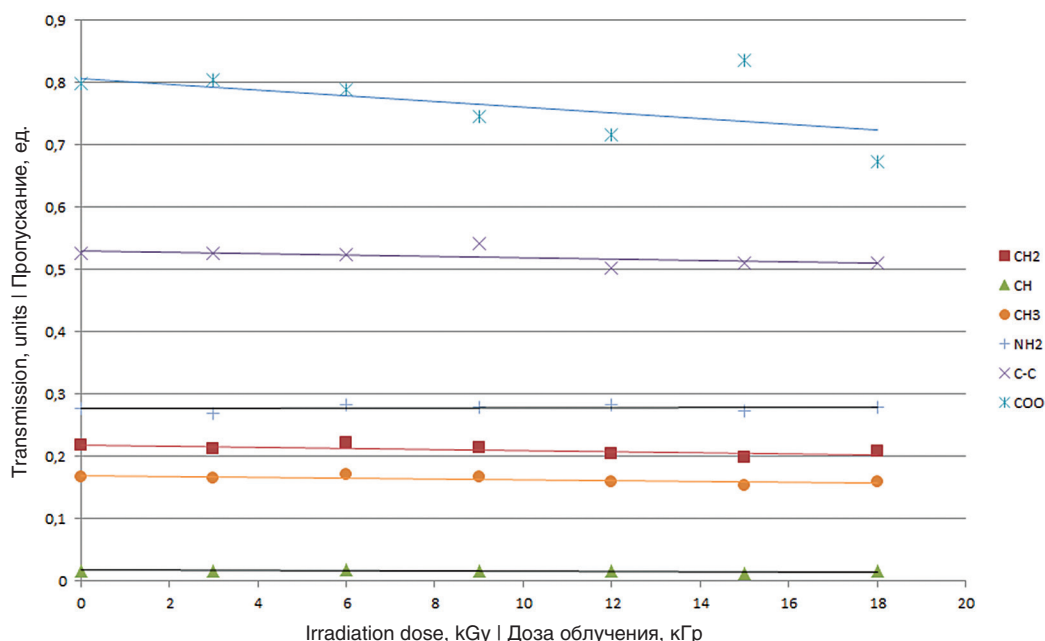


Fig. 4. The process of cross-linking | Рис. 4. Процесс сшивки

ном процессе внутримолекулярной сшивки (Рис. 4) с промежуточной стадией сшивания протекающей с образованием виниленовых групп.

В процесс γ -облучения образуется O_2 в последствии, он может вступать в реакцию с конечными группами или со свободными радикалами и способствует образованию кислород содержащих групп: $-C=O$, $-OH$, $-O-O-H$, $-C-O-O-C-$.

Выводы

В работе методом ИК-спектроскопии изучено влияние различных доз γ -облучения на структуру многослойного материала PA/PE/Eva. Установлено, при дозах до 6 кГр изменения в структуре не значительные, а при дозах от 9 кГр происходит деструкция и окисление с промежуточной стадией сшивания, которая может повлечь за собой изменения физико-механических и барьерных свойств. Данные выводы являются предварительными и требуют накопления статистических данных.

of intra-molecular cross-linking (Fig. 4) with the intermediate state of cross-linking occurring with formation of vinylene groups.

In the process of γ -irradiation, O_2 is formed; later, it can react with finite groups or free radicals and facilitate formation of oxygen containing groups: $-C=O$, $-OH$, $-O-O-H$, $-C-O-O-C-$.

Conclusions

The effect of different doses of γ -irradiation on the structure of the multilayer material PA/PE/Eva was studied by IR spectroscopy. It was established that changes in the structure were insignificant upon irradiation at doses up to 6 kGy; while at doses from 9 kGy, destruction and oxidation took place with the intermediate stage of cross-linking that can lead to changes in physico-mechanical and barrier properties. These conclusions are preliminary and require accumulation of statistical data.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. McKeen, L. The effect of sterilization on plastics and elastomers. Third edition. / -USA: William Andrew -2012. -480p. (1.2.5. Gamma Irradiator. p. 10-11). ISBN: 978-1-4557-2598-4.
2. Gracheva, A. Yu. Enhancement of efficiency of storage and processing of food raw materials using radiation technologies / A.Yu. Gracheva, M.A. Zav'yalov, N.V. Ilyukhina, V.A. Kukhto, V.T. Tarasyuk, V.P. Filippovich, A.V. Egorkin, A.V. Chasovskikh, Yu.S. Pavlov, A.V. Prokopenko, N.E. Strokova, S.A. Artem'ev, S.P. Polyakova // Physics of Atomic Nuclei. -2016. - Vol. 79. - No. 14. - pp. 1682-1687.
3. Subedi, D.P. Contact angle measurement for the surface characterization of solids / D.P.Subedi // The Himalayan Physics. - 2011. - Vol. II. - P. 1-4.
4. Бовей, Фрэнк А. Действие ионизирующих излучений на природные и синтетические полимеры / Пер. с англ. канд. хим. наук В. А. Карпова [и др.]; Под ред. д-ра физ.-матем. наук Ю. С. Лазуркина. - М.: Изд-во иностр. лит. -1959. - 295 с. (Глава IV Статистическое рассмотрение сшивания и деструкции, происходящих под действием ионизирующего излучения,

REFERENCES

1. McKeen, L. The effect of sterilization on plastics and elastomers. Third edition. / -USA: William Andrew -2012. -480p. (1.2.5. Gamma Irradiator. p. 10-11). ISBN: 978-1-4557-2598-4.
2. Gracheva, A. Yu. Enhancement of efficiency of storage and processing of food raw materials using radiation technologies / A.Yu. Gracheva, M.A. Zav'yalov, N.V. Ilyukhina, V.A. Kukhto, V.T. Tarasyuk, V.P. Filippovich, A.V. Egorkin, A.V. Chasovskikh, Yu.S. Pavlov, A.V. Prokopenko, N.E. Strokova, S.A. Artem'ev, S.P. Polyakova // Physics of Atomic Nuclei. -2016. - Vol. 79. - No. 14. - pp. 1682-1687.
3. Subedi, D.P. Contact angle measurement for the surface characterization of solids / D.P.Subedi // The Himalayan Physics. -2011. - Vol. II. - P. 1-4.
4. Bovey Frank A. The Effects of Ionizing Radiation on Natural and Synthetic Polymers. / Translation from English by candidate of chemical sciences V.L. Karpova et al.; under the editorship of doctor of physico-mathematical sciences Yu.S. Lazurkin - M.: Foreign Literature Publishing House. -1959. - 295 p. (Chapter IV. Statistical examination of cross-linking and destruction occurred

С. 85–107; Глава V. Полимерные углеводороды. 1. Полиэтилен и близкие к нему полимеры, С. 108–127).
 5. Нейман, М.Б. Старение и стабилизация полимеров. — М.: Наука. — 1964. — 332 с. (Глава VI Старение и стабилизация полиамидов. — С. 197–257).
 6. Казыцын Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР- спектроскопии в органической химии. М.: Высшая школа. — 1971. — 264 с. (I. Сводная таблица характеристических групповых частот, С. 214–234).

under the effect of ionizing radiation, pp. 85–107; Chapter V. Polymer hydrocarbons. 1. Polyethylene and relative polymers, P. 108–127).

5. Neiman, M.B. Ageing and stabilization of polymers. — M.: Nauka. — 1964. — 332 pages (Chapter VI. Ageing and stabilization of polymers — P. 197–257).

6. Kazytsyn L.A., Kupletskaya N.B. The use of UV, IR and NMR-spectroscopy in organic chemistry. M.: Higher education. — 1971. — 264 p. (I. Summary table of characteristic group frequencies, P. 214–234).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Тарасюк Венера Тахировна — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник отдела применения тары в консервной промышленности, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования
 142703, Московская область, г. Видное, Школьная, 78
 Тел.: +7-926-541-43-73
 E-mail: merkuri_venera@list.ru

Филиппович Виталий Павлович — старший научный сотрудник лаборатории процессов и оборудования консервного производства, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования
 142703, Московская область, г. Видное, Школьная, 78
 Тел.: +7-963-923-58-11
 E-mail: vit_fill@rambler.ru

Прокопенко Александр Валерьевич — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электрофизических установок, Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт»
 115409, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, 31.
 Тел.: +7-916-552-82-26
 E-mail: pav14@mail.ru

Строкова Наталья Евгеньевна — младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории КГЭ химического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.
 119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3.
 Тел.: +7-495-939-33-21
 E-mail: natalia.stroкова@gmail.com

Егоркин Александр Вячеславович — директор отделения, Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации, ГК Росатом
 115230, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 46
 Тел.: +7-499-167-12-53
 E-mail: egorkin@niitfa.ru

Часовских Алексей Владимирович — начальник лаборатории, Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации, ГК Росатом
 115230, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 46
 Тел.: +7-926-265-70-79
 E-mail: chasovskih@list.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 13.06.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Tarasyuk Venera Tahirovna — candidate of chemistry sciences, leading research scientist, Department of packaging, Russian Research Institute of Canning Technology.
 142703, Moscow region, Vidnoe, Skolnaya str., 78
 Tel.: +7-926-541-43-73
 E-mail: merkuri_venera@list.ru

Filippovich Vitaliy Pavlovich — senior research scientist of the laboratory processes and equipment of canning production, Russian Research Institute of Canning Technology
 142703, Moscow region, Vidnoe, Skolnaya str., 78
 Tel.: +7-963-923-58-11
 E-mail: vit_fill@rambler.ru

Prokopenko Aleksandr Valerievich — candidate of technical sciences, docent, docent of the Department of electrophysical equipment, National Research Nuclear University «Moscow Engineering Physics Institute»
 115409, Russia, Moscow, Kashirskoe shosse, 31
 Tel.: +7-916-552-82-26
 E-mail: pav14@mail.ru

Stroкова Natalia Evgen'evna — junior research scientist, Research laboratory of KGE, Chemistry Department, M.V. Lomonosov Moscow State University
 119991, Moscow, Leninskie gory, 1, building 3
 Tel.: +7-495-939-33-21
 E-mail: natalia.stroкова@gmail.com

Egorkin Alexander Vyacheslavovich — director of the branch of Research Institute of Technical Physics and Automation, Rosatom
 115230, Russia, Moscow, Varshavskoe shosse, 46
 Tel.: +7-499-167-12-53
 E-mail: egorkin@niitfa.ru

Chasovskikh Alexey Vladimirovich — head of the laboratory of Research Institute of Technical Physics and Automation, Rosatom
 115230, Russia, Moscow, Varshavskoe shosse, 46
 Tel.: +7-926-265-70-79
 E-mail: chasovskih@list.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 13.06.2017

FREEZING AS A METHOD OF FOOD PRESERVATION

ЗАМОРАЖИВАНИЕ КАК МЕТОД
КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Ishevskiy A.L., Davydov I.A.

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, ITMO University,
St. Petersburg, Russia**Ключевые слова:** замораживание, консервирование, пищевые продукты.**Keywords:** freezing, preservation, food products.**Введение**

Основными причинами порчи свежих пищевых продуктов являются присутствие в растительных и животных тканях микроорганизмов, которые разрушающе действуют на компоненты сырья. Дополнительное влияние на эти факторы оказывают воздух, температура, свет и т. д. В зависимости от характера сырья, причин его порчи и продукта, который необходимо получить, применяются соответствующие принципы и методы консервирования. Для предохранения продуктов от порчи необходимо создать такие условия их хранения либо так видоизменить их свойства, чтобы микроорганизмы или были уничтожены, или не могли развиваться, а ферменты, регулирующие биохимические процессы, были инактивированы. Первыми методами консервирования стали естественные процессы: соление, копчение, брожение и др. В 1810 г. французский кулинар Н. Аппер опубликовал книгу о консервировании пищевых продуктов с помощью тепла. Позднее был зарегистрирован английский патент на консервирование пищевых продуктов в герметически закрытых металлических банках. Многочисленные способы сохранения пищевых продуктов заключаются в основном в регулировании жизненных процессов в самом сырье и микроорганизмах. На этом основана классификация методов консервирования растительного сырья проф. Я. Я. Никитинского. Следует обратить внимание на то, что сырье животного происхождения перед консервированием не является живым объектом и отличается от растительных объектов, в которых после сбора урожая продолжают процессы обмена веществ внутри тканей и с окружающей средой, в том числе и процесс дыхания. Поэтому не все моменты классификации методов консервирования касаются методов сохранения мяса теплокровных животных, рыбы, птицы. Регулирование жизненных процессов в этом случае касается лишь микрофлоры сырья.

Классификация

Различают три основные группы методов консервирования сырья и пищевых продуктов:

1. Методы, основанные на принципе биоза, т. е. поддержания жизненных процессов в сырье и использования его естественного иммунитета;

Introduction

The main reasons of fresh food spoilage are microorganisms that are present in plant and animal tissues and act destructively on raw material components. An additional effect on these factors have air, temperature, light and so on. Depending on the characteristics of raw materials, the reasons of their spoilage and a product that is to be produced, the appropriate principles and methods of preservation are used. To prevent product spoilage, it is necessary to create conditions of their storage or change their properties in such a way that microorganisms would be destroyed or could not develop and enzymes that regulate biochemical processes would be inactivated. The first methods of preservation were natural processes: salting, smoking, fermentation and so on. In 1810, French chef Nicolas Appert published a book on food preservation using heating. Later an English patent on food preservation in hermetically closed tin cans was registered. Multiple methods of food preservation consist mainly in regulation of vital processes both in raw materials and microorganisms. This is a basis of classification of plant raw material preservation by prof. Ya. Ya. Nikitinsky. It is necessary to pay attention to the fact that animal raw materials before preservation are not a living object and are different from plant objects, in which the processes of metabolism inside tissues and substance exchange with an environment (including the respiration process) are continued. Therefore, not all moments in classification of preservation methods are relevant to methods for preservation of meat from warm-blooded animals, fish and poultry. Regulation of life processes in this case concerns only raw material microflora.

Classification

Three main groups of methods for raw material and food preservation are distinguished:

1. Methods based on the biosis principle, i.e., maintenance of the life processes in raw materials and the use of their innate immunity.

2. Методы, основанные на принципе анабиоза, т. е. замедлении, подавлении жизнедеятельности микроорганизмов и растительного сырья при помощи различных физических, химических и биологических факторов;

3. Методы, основанные на принципе абиоза, отсутствия жизни, т. е. полном прекращении всех жизненных процессов, как в сырье, так и в микроорганизмах.

Биоз заключается в хранении продуктов в свежем виде без какой-либо специальной обработки. Принимаются лишь меры, направленные на поддержание нормальных жизненных процессов, и некоторое ограничение их интенсивности. Биоз является не методом консервирования в обычном понимании, а лишь системой мер, обеспечивающих кратковременное сохранение сырья в свежем виде при поступлении его на переработку.

На принципе анабиоза основан ряд методов консервирования: охлаждение, замораживание, создание высоких концентраций осмотически деятельных веществ, сушка, хранение в регулируемой атмосфере, маринование, спиртование, квашение и др.

При способе холодного хранения (умеренный холод) используют температуру не ниже криоскопической, при которой начинается замораживание биологической системы. Использование умеренного холода способствует замедлению биохимических процессов, протекающих в сырье и снижению активности микроорганизмов, большинство из которых развивается при температуре 37 °С. При понижении температуры, снижение биологической и биохимической активности сырья и микроорганизмов объясняется зависимостью скорости химических реакций от температуры и снижением проницаемости цитоплазмы микробных клеток. Метод холодного хранения дает возможность сохранить сырье при минимальном изменении его натуральных свойств гораздо дольше, чем метод биоза.

Замораживание продукта предусматривает его охлаждение до температуры более низкой, чем криоскопическая. Это способ консервирования, заключающийся в понижении температуры биологической системы ниже точки замерзания её соков. Криоскопическая точка зависит от концентрации растворимых веществ в клеточном соке и составляет в среднем: для мяса от -0,6 °С до -1,2 °С; молока — 0,55 °С; яиц -0,5 °С; рыбы от -0,6 °С до -2 °С. При дальнейшем понижении температуры почти вся свободная вода замерзает, практически полностью прекращаются жизнедеятельность микрофлоры и активность ферментов, вследствие чего продукты приобретают способность к длительному сохранению их исходного качества при условии, что температура всё время остаётся на заданном температурном уровне.

Обычно свободная вода, содержащаяся в межклеточном пространстве тканей, замерзает быстрее, чем связанная, внутриклеточная. Чем быстрее замерзают пищевые продукты (при интенсивном подводе к ним охлаждающего агента), тем большее количество цен-

2. Methods based on the anabiosis principle, i.e. retardation, inhibition of the vital activity of microorganisms and plant raw materials by several physical, chemical and biological factors;

3. Methods based on the abiosis principle, i.e. total termination of all life processes both in raw materials and microorganisms.

Biosis consists in food storage in a fresh form without any special treatment. Only measures aimed at maintenance of normal life processes and some restriction of their intensity are taken. Biosis is not a method of preservation in general meaning, but only a system of measures that ensures short-term storage of raw materials in fresh form upon its entering to processing.

The anabiosis principle is a basis of several preservation methods: cooling, freezing, creation of high concentrations of osmotically active substances, drying, storage in a regulated atmosphere, pickling, alcoholization and others.

In the method of cold storage (moderate cold), a temperature not lower than cryoscopic, at which freezing of a biological system begins, is used. The use of moderated cold facilitates retardation of biological processes that occur in raw materials and reduction in the activity of microorganisms, most of which develop at a temperature of 37 °C.

When decreasing a temperature, a reduction in the biological and biochemical activity in raw materials and microorganisms can be explained by dependency of a chemical reaction rate on a temperature and a decrease in microbial cytoplasmic membrane permeability. The method of cold storage gives an opportunity to preserve raw materials with minimal changes in its natural properties much longer than the biosis method.

Product freezing envisages their cooling to a temperature lower than cryoscopic. This preservation method consists in reduction of a biological system temperature lower than a point of its fluid freezing. The cryoscopic point depends on the concentration of soluble substances in the cellular fluid and on average is in a range from -0.6 °C to -1.2 °C for meat; — 0.55 °C for milk; -0.5 °C for eggs; -0.6 °C to -2 °C for fish. Upon further reduction of a temperature, almost all free water freezes and the activity of microorganisms and enzymes virtually fully stops; as a result, it becomes possible to preserve initial quality of products for a long time provided that a temperature is constantly at an established level.

As a rule, free water contained in the intercellular space freezes faster than bound intracellular water. The faster food products freeze (upon an intensive supply of a cooling agent), the more centers of ice crystallization are

тров кристаллизации льда образуется одновременно, вследствие чего даже при почти полном замерзании в клетках и межклеточных пространствах получается много мелких кристалликов льда, которые не могут существенно повредить целости клеточных оболочек тканей продукта. Поэтому структура тканей мало изменяется, при последующем размораживании. Такие продукты лучше сохраняют свои пищевые и органолептические свойства, потери сока из них незначительны.

Замороженные пищевые продукты и сырье можно сохранять значительно дольше, чем при использовании умеренных пониженных температур. Это объясняется не только количественной разницей в низкотемпературном уровне процессов замораживания и холодного хранения, но и тем, что в замороженных пищевых продуктах большая часть влаги превращена в твердое состояние. Поэтому микроорганизмы, питание которых происходит осмотическим путем, лишаются возможности использовать пищевые продукты, содержащие небольшую долю влаги в жидком состоянии. При использовании метода замораживания сырья и пищевых продуктов принцип анабиоза относится (хотя не в полной мере) только к микроорганизмам, так как вегетативные формы микроорганизмов погибают при низких температурах, а споры выживают, впадая в анабиотическое состояние. При медленном замораживании количество выживших клеток больше, чем при быстром, однако многие из выживших микроорганизмов оказываются поврежденными и впоследствии погибают. На степень сохранения жизненных функций микроорганизмов влияют вид микроорганизма, среда, в которой он находится, скорость, температура замораживания и хранения. Повторное замораживание и размораживание приводят к уменьшению количества живых микроорганизмов.

Условия и способы замораживания пищевого сырья и продукции

По продолжительности процесс замораживания может характеризоваться как медленный (тихий), интенсивный и быстрый. Эти понятия скорости процесса замораживания достаточно условны и среднюю скорость замораживания наиболее удобно рассматривать как отношение расстояния, проходимого фронтом льдообразования свободной влаги в продукте, к продолжительности его прохождения — в см/час. Условно можно принять следующее деление характера замораживания, в зависимости от скорости процесса:

- а) медленное замораживание — при скорости от 0,1 до 1 см/час;
- б) интенсивное (среднескоростное) — при скорости от 1 до 5 см/час;
- в) быстрое — при скорости от 5 до 20 см/час.

Основные требования, соблюдаемые при замораживании пищевого сырья и продуктов, формулируются следующим образом:

formed simultaneously leading to formation of many small ice crystals in cells and the intercellular space even upon almost complete freezing, which cannot damage integrity of cellular membranes of product tissues. Therefore, the tissue structure changes only slightly during the following thawing. These products better retain their nutritional and organoleptic properties and their drip losses are insignificant.

Frozen food and raw materials can be preserved much longer than when using moderately reduced temperatures. This can be explained not only by the quantitative difference in the low temperature process of freezing and cold storage but also by the fact that in frozen foods the major part of moisture is transformed into the solid state. Therefore, microorganisms, which nutrition occur in the osmotic way, are deprived of the opportunity to use foods that contain small proportion of moisture in a liquid state. When using a method of raw material and food freezing, the principle of anabiosis is relevant (although not fully) only to microorganisms as the vegetative forms of microorganisms die at low temperatures, while spores survive transforming into the anabiotic state. At slow freezing, the number of survived microorganisms is higher than at fast freezing; however, many of survived microorganisms are damaged and later die. A degree of preservation of microbial life functions is influenced by a microbial species, their environment, rate and temperature of freezing and storage. Repeated freezing and thawing lead to a decrease in the viable microbial number.

Conditions and methods of food raw material and product freezing

In terms of duration, a freezing process can be characterized as slow (quiet), intensive and fast. These terms of freezing rate are rather conditional, and it is more convenient to regard a mean freezing rate as a ratio of distance that the front of free water ice formation covers in a product to duration of its passage in cm/h.

It is possible to conditionally accept the following classification of the freezing character depending on the process rate:

- a) slow freezing at a rate of 0.1 to 1 cm/h;
- b) intensive (medium rate) freezing at a rate of 1 to 5 cm/h;
- c) fast freezing at a rate of 5 to 20 cm/h.

The main requirements that are met when freezing food raw materials and products are formulated as follows:

1. Охлаждающие среды (твердые, жидкие и газообразные), не должны оказывать вредного действия на замораживаемый продукт.
2. Тепло от продукта должно отводиться одновременно со всех сторон.
3. Скорость замораживания, должна удовлетворять условиям наилучшего сохранения качества продукта и наилучшим условиям эксплуатации.
4. Применяемые морозильные аппараты должны быть простыми и надежными в эксплуатации.

Замораживание пищевого сырья и продуктов может производиться различными методами по типу используемого хладагента:

- 1) воздухом — медленное (тихое), интенсивное и быстрое;
- 2) жидкой фазой (рассол) — контактное и бесконтактное (между охлажденными металлическими плитами);
- 3) в контакте с газообразным хладагентом с низкой температурой кипения.

Замораживание в воздухе — наиболее старый и до настоящего времени наиболее распространенный способ. Тепло отводится от продуктов воздухом, охлаждающимся в камерах с батареями или хладагента, или рассола. К воздушному замораживанию относится и способ замораживания за счет наружного воздуха, поступающего в зимнее время года. При естественной циркуляции воздуха время замораживания очень велико. Такое замораживание носит название «тихого». Ускорение процесса воздушного замораживания и более равномерное распределение температуры в камере достигают искусственной циркуляцией воздуха. При движении воздуха со скоростью до 2 м/сек, воздушное замораживание называется «интенсивным». В зависимости от температуры в камере и условий циркуляции воздуха, а также размеров и упитанности мясных туш и полутуш, длится от 24 до 32 часов [1]. Такие режимы замораживания являются медленными и сопровождаются неблагоприятными условиями льдообразования. Кристаллогидраты льда свободной влаги образуются крупными, игольчатой формы и разрывают ткани пищевого продукта. Ускорение процесса замораживания зависит, в большой степени, от температуры среды, так как скорость теплопередачи пропорциональна разности температур продукта и охлаждающей среды. Поэтому наиболее низкая температура поддерживается на протяжении всего процесса замораживания. Постоянная температура замораживания устанавливается, лишь к концу процесса. Непосредственно после загрузки камеры температура в ней резко повышается вследствие интенсивной теплоотдачи между продуктом и хладагентом, при наступлении равновесия в системе скорость отдачи тепла продуктом будет равна скорости поглощения тепла холодильным агентом в холодильной системе морозильной камеры. По мере промораживания продукта скорость отдачи

1. Cooling media (solid, liquid and gas) should not have a harmful effect on a frozen product.
2. Heat from a product should be removed simultaneously from all sides.
3. Freezing rate should satisfy the conditions of the best preservation of product quality and the best conditions of exploitation.
4. Freezers in use should be simple and reliable in exploitation.

Food raw material and product freezing can be carried out by several methods according to a refrigerant type:

- 1) by air — slow (quick), intensive and fast;
- 2) by a liquid phase (brine) — contact and non-contact (between cooled metal plates);
- 3) in contact with gas cooling agent having low boiling temperature.

Air freezing is the oldest and up to now the most common method. Heat is removed from products by air that is cooled in chambers with batteries containing a cooling agent or brine. The method of freezing by external air during the winter season also falls into the category of air freezing. At natural air circulation, freezing time is very long. This freezing is called «quiet». Acceleration of the process of air freezing and more equal distribution of temperature in a chamber are achieved by artificial air circulation. When air moves at a rate of up to 2 m/s, air freezing is called «intensive». Depending on a temperature in a chamber, air circulation conditions, size and fatness of meat carcasses and half-carcasses, air freezing lasts from 24 to 32 hours [1]. These freezing regimes are slow and accompanied with unfavorable conditions of ice formation. Formed crystalline hydrates of ice from free moisture are large, have a needle form and rupture food tissues. Acceleration of the freezing process depends to a large extent on a medium temperature as a heat transfer rate is proportional to the difference between temperatures of a product and cooling medium. Therefore, the lowest freezing temperature is maintained over the whole freezing process. The constant temperature is established only by the end of the process. Immediately after chamber loading, its temperature sharply increases due to intensive heat transfer between a product and a cooling agent; at equalization in a system, the rate of heat transfer by a product will be equal to a rate of heat absorption by a cooling agent in a cooling system of a freezing

тепла снижается, но охлаждение продолжается до тех пор, пока не установится небольшая разность между температурой камеры и температурой хладоносителя, соответствующая условиям термического сопротивления хладопередающих поверхностей. Циркуляция воздуха ускоряет замораживание, но увеличивает и усушку продукта при замораживании, поэтому при низких температурах замораживания (температура воздуха ниже -23°C), когда влияние циркуляции на характер кристаллообразования невелико, циркуляция воздуха в камерах исключается в целях сокращения величин усушки, излишнего высыхания поверхности и улетучивания ароматических веществ из продукта. Относительную влажность воздуха в камерах замораживания, исходя из необходимости снижения усушки продукта при замораживании, поддерживают на уровне от 85% до 90–92%. В последние годы все большее распространение получает быстрое замораживание в специальных скороморозильных аппаратах с быстро движущимся воздухом, имеющим низкую температуру и высокую относительную влажность: продукт в этих аппаратах укладывается на конвейерные ленты слоем небольшой высоты, или подвешивается в виде кусков небольших размеров. В ленточных скороморозильных аппаратах с воздушным охлаждением [2], продолжительность замораживания при температуре циркулирующего воздуха -50°C ... -60°C и скорости его движения 5–6 м/сек, в зависимости от толщины продукта, составляет от 0,5 час до 4 часов. Это же подтверждает Роттенберг А.Г. [3]. Для интенсификации процесса замораживания было предложено использовать эжекторные воздухоохладители [4, 5], с повышенным в 2,5–3 раза коэффициентом теплопередачи охлаждающих элементов. Эжекторные воздухоохладители представляют собой систему трубопроводов с непосредственно испаряющимся хладагентом или рассолом, интенсивно обдуваемых воздухом из эжекторов. Скорость выброса воздуха из эжекторов около 20–30 м/сек, при этом время замораживания мясных полутуш весом около 70 кг, при температуре воздуха -18°C составляет 40 часов. В целях снижения усушки при замораживании и сохранения товарных качеств продукта при воздушном замораживании могут применяться различные естественные или искусственные оболочки. Предварительная упаковка замораживаемого продукта определяет качество его дальнейшего хранения в замороженном виде. Применение глазировка замороженного продукта (2,5–3,0% от веса), повышает стойкость продукта, сокращает весовых потерь и сохраняет его качества, при последующем холодильном хранении.

Замораживание в жидкой среде производится в форме замораживания в рассоле. По способу, замораживание в рассоле, разделяется на две группы:

а) контактное замораживание (продукт непосредственно соприкасается с рассолом);

chamber. As a product freezes, the rate of heat transfer reduces; however, cooling is continued until establishment of a small difference between temperatures in a chamber and a refrigerant that corresponds to the conditions of the thermal resistance of cooling surfaces. Air circulation accelerates freezing but also increases shrinkage losses in a product upon freezing; therefore, at low temperatures of freezing (an air temperature lower than -23°C), when an effect of circulation on crystal formation is not high, air circulation in chambers is excluded with the aim of lowering shrinkage losses, excessive surface desiccation and evaporation of aromatic substances from a product. Due to a necessity to reduce product shrinkage losses, an air relative humidity in freezing chambers is maintained at a range of 85 % to 90–92%. Recently, fast freezing in special quick freezers with fast moving air having a low temperature and high relative humidity has becoming more widespread: products in these units are placed on conveyor belts in a layer with a low height or are hung in a form of small sized pieces. In belt-type fast freezers with air cooling [2], the freezing duration at a circulating air temperature of -50°C ... -60°C and velocity of 5–6 m/s is 0.5–4 hours depending on a product thickness. This is confirmed by Rottenberg A.G. [3]. To intensify a freezing process, it was suggested to use ejector air coolers [4, 5] with a heat transfer coefficient of cooling elements increased by 2.5–3 times. Ejector air coolers are a system of pipelines with a directly evaporating cooling agent or brine that are intensively blown over by ejectors. The velocity of an air discharge from ejectors is about 20–30 m/s; with that, the freezing time of a meat half-carass with a weight of 70 kg at an air temperature of -18°C is 40 hours. To reduce shrinkage losses and maintain product commercial quality during air freezing, different natural and artificial envelopes can be used. Preliminary packaging of a freezable product determines quality of its further storage in a frozen form. The use of frozen product glazing (2.5–3.0% of weight) increases product stability, reduces weight losses and preserve its quality during following cold storage.

Freezing in a liquid medium is carried out in a form of freezing in brine. Freezing in brine is divided into two groups according to a method:

а) contact freezing (product directly contact with brine);

- б) бесконтактное замораживание (продукт заключается в оболочки или формы, соприкасающиеся с рассолом).

Контактное замораживание существует двух видов:

- а) замораживание погружением;
- б) замораживание орошением.

Обычно, хладагентом при контактном способе служит водный раствор поваренной соли. Использование водных растворов солей хлористого кальция или магния, недопустимо, так как они придают продукту горький вкус. Оба контактных способа имеют наряду с преимуществами (ускорением процесса и отсутствием весовых потерь) два основных недостатка:

- а) проникновение соли внутрь продукта на определенную глубину;
- б) изменение цвета, ухудшающее внешние товарные качества продукта.

Мокрое замораживание пищевых продуктов в рассоле в примитивном виде начало применяться впервые в конце XIX в. на рыбных промыслах России (в смеси льда с солью), а позднее погружения продукта в раствор соли, охлаждаемый различными хладагентами. При замораживании погружением, из-за разности осмотического давления солевого раствора и свободной влаги продукта, соль диффундирует в продукт, даже при замораживании в растворе, охлажденном до криоскопической точки. Только в насыщенном водно-солевом растворе, охлажденном до криоскопической точки, погруженный продукт, не отдает влагу и не поглощает соль, так как в системе продукт-хладагент не происходит обменной диффузии, основанной на разности осмотических давлений. При отклонении температуры системы от криоскопической точки, возникает разность осмотических давлений, и продукт начинает просаливаться. Невозможность устранения просаливания продукта определяется возникающим при замораживании перепадом температур между продуктом и хладагентом. У поверхности замораживаемого продукта хладагент всегда будет теплее остальной его части, даже если его среднеобъемная температура равна криоскопической. То есть, осмотическая диффузия соли [7] в продукт будет происходить в течение всего периода замораживания. Из-за практической невозможности поддерживать температуру рассола на криоскопической точке (отепление продуктом раствора, ухудшение теплоотдачи приборами охлаждения вследствие оседания на них льда), необходимо предварительное охлаждение продукта, и добавление к рассолу веществ, снижающих температуру замерзания, например, глицерина (каждые 5% глицерина понижают температуру замерзания на 1°C ниже криоскопической), однако продукт приобретает сладковатый привкус и на его поверхности остается тонкий слой рассола, приводящий к изменению цвета продукта при хранении. Количество и скорость

- б) non-contact freezing (product is enclosed in envelopes or molds that contact with brine).

Contact freezing exists in two forms:

- а) freezing by immersion
- б) freezing by spraying

Usually, aqueous sodium chloride solution serves as a cooling agent. The use of aqueous salt solutions of sodium potassium or magnesium is unacceptable as they impart a bitter taste to a product. Although both contact methods have advantages (the acceleration of the process and absence of weight losses), they also have two main disadvantages:

- а) salt penetration into a product to a certain depth;
- б) a color change that deteriorate apparent commercial product quality.

Liquid freezing of food in brine began to be used in a primitive form for the first time at the end of the 19th century in the Russian fisheries (in mixtures of ice with salt) and later in a form of immersion of a product into a salt solution cooled by different cooling agents. During freezing by immersion, salt diffuse into a product because of the difference in the osmotic pressure of a salt solution and free moisture of a product even during freezing in a solution cooled to the cryoscopic point. However, in a saturated aqueous salt solution cooled to the cryoscopic point, an immersed product does not transfer moisture and does not absorb salt as the process of exchange diffusion based on the osmotic pressure differences does not occur in the product — cooling agent system. When a system temperature deviates from the cryoscopic point, a difference in the osmotic pressure appears and salting of a product begins. Impossibility to eliminate product salting is conditioned by a temperature difference between a product and cooling agent that arises during freezing. Near a surface of a freezable product, a cooling agent will always be warmer than its another part, even if its volume-averaged temperature is equal to cryoscopic. That is, salt osmotic diffusion [7] into a product will occur over the whole period of freezing. Since it is practically impossible to maintain a temperature of brine at a cryoscopic point (warming of a solution by a product, a decrease in heat transfer by cooling units due to ice deposition), product preliminary cooling is necessary, as well as addition into brine of substances that reduce a freezing temperature, for example, glycerol (each 5% of glycerol decrease a freezing temperature by 1°C lower than cryoscopic); however, a product gains a sweetish taste and a thin layer of brine remains on its surface leading to a product color change during storage. An amount and

проникновения соли в продукт зависят не только от температуры заморозания рассола, но и от биохимических и физико-химических характеристик продукта. Поверхностный слой жира может почти полностью предотвратить просаливание продукта. Время замораживания при контактном способе при температуре рассола -23°C ... -25°C составляет 6–8 часов. Замораживание контактным способом орошением рассолом, предполагает три фазы:

- а) предварительное обмывание продукта душем;
- б) замораживание продукта в среде тонко распыленного форсунками рассола;
- в) смыванием под душем капиллярного слоя рассола, осевшего на продукте.

Если продукт имеет хорошо подготовленную и чистую поверхность, первая фаза необязательна. Распыление рассола, способствуя его испарению, повышает теплоотдачу.

Однако процесс замораживания орошением протекает медленнее, чем замораживание погружением. При одинаковой температуре охлаждающего рассола время замораживания орошением удлинится примерно на 50 %. Недостатки контактного замораживания в жидкой среде можно избежать, замораживая продукт в оболочках, бесконтактным способом. При этом в растворах можно применять соли с более низкой, чем у хлористого натрия, криоскопической точкой (хлористый кальций, хлористый магний и др.).

Бесконтактное замораживание. Для предохранения продукта от воздействия рассола применяются различные рассолонепроницаемые оболочки. Необходимо обеспечить максимальное удаление воздуха между поверхностью продукта и оболочкой.

Впервые замораживание продуктов в оболочках (резиновых бинтах) были проведены Д. А. Христодуло в 1933–34 гг. [8]. Туша или полутуша плотно обертывалась бинтом снизу вверх так, чтобы каждый виток находил на край нижележащего для предотвращения попадания рассола под оболочку. При температуре рассолов -17°C ... -22°C ... -27°C охлаждаемая полутуша говядины весом в 90 кг при орошении 0, 329 л/кг/мин, замораживалась до температуры -8°C в течение соответственно 16,4... 12 ... 9 часов; охлажденные бараньи туши весом 12–16 кг при температуре рассола -17°C в течение 6–9 часов, а охлажденные свиные полутуши весом 18–28 кг, в течение 10–12 часов, а при весе 40–45 кг, за 16–18 часов при среднем расходе рассола 0,251 л/кг/мин. Усушка при замораживании, по «способу Христодуло» [8], составляла всего 0,1–0,2%. Товарные показатели мяса, замороженного в защитных оболочках, почти не отличаются от мяса воздушного замораживания. Недостатком способа замораживания в оболочках является трудоемкая операция надевания бинтов и удаления воздуха из упаковки. Продукты, замороженные в бинтах, можно хранить в тех же оболочках, что улучшает санитарные усло-

rate of salt penetration into a product depend not only on a temperature of brine freezing, but also on the biochemical and physico-chemical characteristics of a product. A superficial fat layer can almost completely prevent product salting. Freezing duration in the contact method at a brine temperature of -23°C ... -25°C is 6–8 hours. Freezing by the contact method using brine spraying involves three phases:

- a) preliminary washing a product using a shower;
- b) product freezing in a medium of brine finely sprayed by a nozzle;
- c) washing out of a brine capillary layer deposited on a product using a shower.

If a product has a well prepared and clean surface, then the first phase is not necessary. Brine spraying facilitates its evaporation and increases heat transfer.

However, a process of freezing by spraying proceeds more slowly than freezing by immersion. At the same temperature of cooling brine, time of freezing by spraying is elongated approximately by 50%. Disadvantages of contact freezing in a liquid medium can be avoided by freezing a product in envelopes using a non-contact method. With that, salts (potassium chloride, magnesium chloride and others) with lower cryoscopic point than that of sodium chloride can be used in brines.

Non-contact freezing. To protect a product from an effect of brine, different brine impermeable envelopes are used. It is necessary to ensure maximum elimination of air between a product surface and an envelope.

The first product freezing in envelopes (rubber bandage) was carried out by D.A. Khistodulo in 1933–34 [8]. A carcass or half-carcass was tightly overwrapped with a bandage from the bottom to the top in such a way that each turn overlapped an edge of underlying layer to prevent brine entering under an envelope. A cooled beef half-carcass with a weight of 90 kg was frozen at a brine temperature of -17°C ... -22°C ... -27°C to a temperature of -8°C over 16,4... 12 ... 9 hours when spraying at 0.329 l/kg/min; cooled mutton carcasses with a weight of 12–16 kg over 6–9 hours at a brine temperature of -17°C and cooled pork half-carcasses with a weight of 18–28 kg over 10–12 hours, and half-carcasses with a weight of 40–45 kg over 16–18 hours at an average brine expenditure of 0.251 l/kg/min. Shrinkage losses upon freezing by the Khistodulo method [8] were only 0.1–0.2%. Quality indicators of meat frozen in protective envelopes were almost indistinguishable from those of meat subjected to air freezing. A disadvantage of the method of freezing in envelopes is a labor consuming operation of overwrapping with bandages and air removal from an envelope. Products

вия и снижает усушку при холодильном хранении. Замораживание продуктов в металлических формах погружением в рассол или орошением требует значительно меньше времени, по сравнению с воздушным замораживанием. Но по сравнению с контактным замораживанием оно протекает значительно медленнее (из-за неплотного прилегания продукта к форме). Для ускорения процесса необходимо понижение температуры рассола.

Распространение расфасованных продуктов, а также необходимость удобного и быстрого замораживания продуктов малых размеров и их хранения привели к применению метода бесконтактного замораживания между охлаждаемыми металлическими плитами. Основные варианты бесконтактного замораживания между двумя плитами могут быть представлены в четырех типах, в зависимости от хладагента, конструкции плит и способов охлаждения. Если хладагент воздух, то наружная сторона плиты делается либо гладкой, либо ребристой; если хладагент рассол, то он может либо орошать плиту с внешней стороны, либо проходить внутри последней. При охлаждении плит непосредственным испарением, хладагент испаряется внутри плит. Время замораживания в плиточных морозилках зависит от величины коэффициента теплопередачи между хладагентом, охлаждаемой поверхностью плиты и продуктом. Минимальное время замораживания достигается, при использовании в качестве хладагента или рассола или испаряющегося хладагента. Процесс замораживания продуктов в упаковке замедляется тепловым сопротивлением упаковочного материала и наличием изолирующих воздушных прослоек. Коэффициент теплопроводности для бумаги, картона, целлофана, при толщине 0,05–0,1 мм колеблется в пределах от 0,1 до 0,84 Дж/м час °С. При рассольном охлаждении, коэффициент теплопередачи зависит от скорости движения рассола в аппарате. Экспериментально [3] установлено, что оптимальная скорость циркуляции рассола 0,2–0,3 м/сек, поскольку при больших скоростях время замораживания снижается весьма незначительно.

В скороморозильных плиточных аппаратах фасованный продукт обычно замораживается в упаковке, так как упаковывать замороженный продукт, при низких температурах крайне трудно, а повышение температуры вызывает оттаивание продукта. Влияние теплового сопротивления тары и изолирующих воздушных прослоек может быть сведено к минимуму спрессовыванием упакованных продуктов, за счет уменьшения теплового сопротивления промежуточных слоев. При небольшом сдавливании упакованных продуктов удаление воздушных прослоек уменьшает выпадение конденсата между продуктом и упаковкой. Опыты Рютова Д.Г. и Христодуло Д.А. [8] показали, что давление на продукт, содержащий свободную влагу не должно превышать 0,1 кг/см², во избежание вы-

frozen in bandages can be stored in the same envelopes, which improves sanitary conditions and decrease shrinkage during cold storage. Product freezing in metal molds by immersion into brine or spaying requires significantly less time compared to air freezing. However, compared to contact freezing it occurs much more slowly (due to loose adherence of a product in a mold). To increase a process, it is necessary to reduce a brine temperature.

Expansion of the pre-packed products as well as a necessity of convenient and fast freezing of small-sized products and their storage led to the use of the method of non-contact freezing between cooling metal plates. The main options of non-contact freezing between two plates can be presented in four types depending of a refrigerant, plate design and methods of cooling. If a refrigerant is air, the plate external side is made either smooth or riddle; if a refrigerant is brine, it can either flush a plate from an external side, or transit inside the latter. When cooling plates by direct evaporation, a refrigerant is evaporated inside plates. The time of freezing in plate freezers depends on a value of heat transfer coefficient between a refrigerant, a cooled surface of a plate and a product. Minimal freezing time is achieved when using either brine or an evaporating cooling agent as a refrigerant. The freezing process of products in packages is slowed down by thermal resistance of a packaging material and a presence of isolating air layers. The coefficient of heat conductivity for paper, cardboard and cellophane at a width of 0.05–0.1 mm is in a range of 0.1 to 0.84 J/m hour °C. During brine cooling, the coefficient of heat transfer depends on the brine flow rate in a unit. It was established experimentally [3] that the optimal rate of brine circulation is 0.2–0.3 m/s as at higher rates, freezing time reduces quite insignificantly.

In plate freezing units, a pre-packed product usually is frozen in a package as it is extremely difficult to package a frozen product at low temperatures, and an increase in a temperature causes product thawing. An effect of heat resistance of packages and insulated air layers can be reduced to minimum by pressing packaged products due to a decrease of heat resistance of intermediate layers. Upon slight pressing of packaged products, removal of the air layer decreases condensate dropout between a product and package. The experiments of Ryutov D.G. and Khistodulo D.A. [8] demonstrated that a pressure on a product that contains free moisture should not exceed 0.1 kg/cm² in order to avoid

жимания клеточного сока. Эксплуатация рассольных плиточных скороморозильных аппаратов осложнена коррозионной активностью рассольных систем, а аппаратов с испаряющимся хладагентом, сложностью полной герметичности непрерывно действующих систем.

При замораживании в непосредственном контакте с испаряющимся хладагентом продукт соприкасается с испаряющимся хладагентом. Первые опыты подобного замораживания были проведены в СССР в 1926 г. Н. С. Комаровым [8], который предложил замораживать продукт в углекислоте по следующей схеме: жидкая углекислота направляется в морозильную камеру, где пары углекислоты омывают замораживаемый продукт и через фильтр отсасываются компрессором. При одинаковых конечных температурах время замораживания в углекислоте меньше времени замораживания в рассоле. При относительной скорости и экономичности замораживания в углекислоте следует отметить серьезные недостатки этой технологии: опасность отравления диоксидом углерода, необходимость абсолютной герметичности и трудность регулирования холодопроизводительности скороморозильного аппарата. Помимо углекислоты для замораживания предложены другие безвредные для пищевого сырья и продуктов хладагенты (например, дифтордихлорметан, азот и др). Замораживание в испаряющихся хладагентах целесообразно применять при обезвоживании сырья, если требуется хорошая обратимость продукта или сохранение его ферментативной активности.

При сравнении различных методов и способов замораживания пищевого сырья и продуктов можно сделать следующие выводы:

1. Погружной и оросительный методы замораживания в непосредственном контакте с хладагентом в настоящее время малоприменимы по причинам практической невозможности устранения осмотических свойств водно-солевых хладагентов, громоздкости и трудоемкости процесса замораживания. При соблюдении строгих санитарных условий этим методом можно замораживать мясное сырье для куттерования в водно-солевых растворах, когда поверхностное обесцвечивание и просаливание сырья не являются критическими факторами. Для широкого практического применения этих методов необходим поиск химически пассивных водно-солевых хладагентов с малыми осмотическими коэффициентами.
2. Методы замораживания в непосредственном контакте с хладагентом в защитных оболочках отличаются громоздкостью и трудоемкостью технологического процесса, отсутствием удобных, экономически доступных оболочек. Широкое практическое применение этот метод может получить, если будет предложена недорогая защитная

cell fluid extraction. Exploitation of brine plate fast freezing units is complicated by the corrosion activity of brine systems, and exploitation of units with an evaporating refrigerant by complexity of full hermiticity of continuous systems.

When freezing in the direct contact with an evaporating refrigerant, a product comes in touch with an evaporating refrigerant. The first experiments of this way of freezing were carried out in the USSR in 1926 by N.S. Komarov [8], who suggested freezing a product in carbon dioxide according to the following scheme: liquid carbon dioxide is sent to a freezing chamber, where carbon dioxide vapors flow around a freezing product and is drawn off through a filter by a compressor. At the same final temperatures, time of freezing in carbon dioxide is less than time of freezing in brine. With the relative quickness and efficiency of freezing in carbon dioxide, it is necessary to mention serious disadvantages of this technology: a risk of carbon dioxide poisoning, a necessity of absolute hermiticity and difficulties in regulation of refrigerating capacity of a fast freezer. Besides carbon dioxide, several other refrigerants that are safe for food raw materials and products were proposed (for example, dichlorodifluoromethane, nitrogen and others). It is expedient to use freezing in evaporating refrigerants upon raw material desiccation if a good turnover of a product or preservation of its enzyme activity is required.

When comparing different methods and ways of freezing food raw materials and products, the following conclusions can be made:

1. Immersion and spray freezing methods in the direct contact with a refrigerant are seldom used nowadays due to practical impossibility to eliminate osmotic properties of aqueous salt refrigerants, awkwardness and labor intensity of a freezing process. When adhering to strict sanitary conditions, these methods can be used for freezing meat raw materials, which are intended for processing in a cutter, in aqueous salt solutions, when surface discoloration and salting of raw materials are not critical factors. For practical application of these methods, the search for chemically passive aqueous salt solutions with low osmotic coefficients is necessary.
2. Methods of freezing in a direct contact with a refrigerant in protective envelopes are distinguished by awkwardness and labor intensity of the technological process, an absence of convenient and economically affordable envelopes. This method can gain wide

Table 1. Duration of product freezing in brine and air

Таблица 1. Продолжительность замораживания продуктов в рассоле и в воздухе

Product width, mm Толщина продукта в мм	Freezing duration, hours Продолжительность замораживания в часах		Ratio $T_{af} : T_{bf}$ Отношение $T_{ав} : T_{зр}$
	T_{af} (air freezing) $T_{ав}$ (в воздухе)	T_{bf} (brine freezing) $T_{зр}$ (в рассоле)	
50	3.3	0.48	7
150	12.0	3.20	3.75
300	29.0	19.00	1.5

оболочка, влаго- и жиронепроницаемая, прочная и эластичная, выдерживающая весь технологический цикл по схеме «упаковка-замораживание-хранение-транспортировка-реализация».

- В настоящее время промышленное значение имеют методы замораживания непрямого контакта продукта с хладагентом (с холодными металлическими плитами и в потоке холодного воздуха). Причем скороморозильные аппараты непрямого контакта, рассольные или с непосредственным испарением хладагента, имеют преимущества перед воздушными только при замораживании продуктов небольшой толщины, причем при увеличении толщины продукта преимущество уменьшается.

Замораживание с использованием промежуточного хладонителя применяются для замораживания штучной продукции. В основном это воздушные скороморозильные аппараты конвейерного типа, представляющие собой теплоизоляционный короб внутри которого расположен воздухоохладитель и конвейер, по которому движется продукт. Аппараты подразделяются на туннельные, с ленточным многоярусным конвейером, и спиральные. Для сокращения габаритных размеров туннельных аппаратов конвейер делается многоярусным, продукт поступает на верхний ярус, и, падая на последующие нижние ярусы, перемещается внутри аппарата. Отдельно стоят флюидационные аппараты, используемые для замораживания малогабаритной продукции, конструктивно аналогичные ленточным, отличающиеся направлением подаваемого «холодного» воздуха: воздух подается снизу ленты, при этом продукт как бы «парит» над лентой за счет чего происходит равномерный контакт между продуктом и потоками воздуха.

Криогенные аппараты на базе жидкого азота, использующие многозонный принцип действия, характеризуют современные тенденции в развитии и использовании скороморозильной техники. Многозонная система обеспечивает сокращения расхода азота за счет использования холодильного потенциала газообразного азота, полученного в результате испарения жидкого. Преимуществами криогенного замораживания, являются: малая продолжительность процесса, минимальная усушка при замораживании, экологическая безопасность. Использование криогенного метода позволяет с малыми капитальными затратами приблизить производство быстрозамороженной про-

ductual application, if one proposes a cheap protective envelope that would be moisture- and fat- impermeable, strong, elastic and stable during the whole technological cycle under the scheme «packaging-freezing-storage-transportation-realization».

- At present, the methods of freezing upon indirect contact of a product with refrigerants (cold metallic plates and in a cold air flow) are of industrial significance. With that, fast freezers of indirect contact with the use of brine or direct evaporation of refrigerants have advantages compared to air freezers only when freezing products with small width; with an increase in a product width, this advantage is reduced.

Freezing with the use of an intermediate refrigerant is applied for freezing of single-piece products. Largely, these are air quick freezers of conveyor type, which represent heat-insulated box with an air cooler and conveyor inside, along which a product moves. Apparatuses are classed as tunnel, with belt-type multilevel conveyor and spiral. To reduce overall dimensions of tunnel apparatuses, a conveyor is made multilevel; a product is transferred to the top layer and falling to the next following lower layers moves inside an apparatus. Fluidization freezers used for freezing of small-sized products stand apart. In terms of design, they are similar to belt-type freezers but differ in a direction of supplied cold air; air is supplied from the bottom of a belt and a product is «floating» over a belt, which results in a uniform contact of a product and air flows.

Cryogenic apparatuses based on liquid nitrogen, which use multi-zone principle of action, characterize the modern trends in the development and use of quick-freezing technique. The multi-zone system ensures a decrease in nitrogen expenditure due to the use of cooling potential of gas nitrogen produced as a result of liquid nitrogen evaporation. Advantages of cryogenic freezing are low duration of the process, minimal shrinkage losses during freezing and ecological safety. The use of the cryogenic method allows bringing frozen product manufacture into proximity

дукции к сырьевым базам. Себестоимость холодильной обработки азотом составляет 3–5 % от общей себестоимости продукции.

В основу конструкции туннельного криогенного аппарата заложена трехзонная схема замораживания, что позволяет, для предварительного охлаждения и выравнивания температуры по объёму продукта, использовать пары азота после его испарения в зоне замораживания. Замораживание продукта осуществляется за счет подачи жидкого азота через систему форсунок в зону замораживания; газообразный азот с помощью циркуляционных осевых вентиляторов направляется в зону предварительного охлаждения продукта, а также в зону выравнивания температуры по объёму продукта. Отсос отработанных паров азота осуществляется через систему вентиляционных коробов, установленных со стороны входа продукта. Основные преимущества азотных скороморозильных аппаратов по сравнению с машинными системами:

- а) экологическая чистота;
- б) уменьшение в 2–3 раза капитальных затрат;
- в) высокое качество замороженного продукта;
- г) минимальная усушка продукта при замораживании;
- д) универсальность, позволяющая работать с разными видами сырья и продукции;

Особенности замораживания и хранения сырья и продукции из животного белка

Белок и жир, содержащие необходимые питательные вещества, идеальная среда для роста микроорганизмов. Кроме того, жировая ткань восприимчива к окислению, приводя к прогорканию и обезвоживанию всей массы продукта. Удлинению срока годности сырья и продукции из животного белка происходит при замедлении движения летучих частиц, ослаблении или приостановлении биологической активности компонентов. Этот эффект достигается при замораживании. Бактерии прекращают рост примерно при -8°C , а при -18°C прекращается химическая активность и деятельность микроорганизмов. Кристаллы льда, образуясь в диапазоне температур $0...-5^{\circ}\text{C}$, нарушают стенки клеток, разрушая ткань продукта. Быстрое замораживание уменьшает риск этого разрушения, за счет образования мелких, не игольчатых кристаллогидратов льда. Снижение температуры замедляет активность микроорганизмов, процесс испарения и химические реакции, связанные с окислением. При температуре 0°C и относительной влажности 85 % нежирное мясо может храниться примерно 21 день, а жирное лишь 14. При температуре 5°C эти сроки сокращаются до 1 суток [11, 12, 13]. Важным фактором, ассоциирующимся со свежестью, является цвет мяса. Различные оттенки красного цвета связаны с состоянием окисления миоглобина. Свежее мясо обычно имеет пурпурно-красный цвет, из-за небольшого дефицита кислорода. Обработка избыточным количеством кислорода при-

with raw material bases with low capitalizable costs. Costs of cold treatment are 3–5 % of total product costs.

The basis of the tunnel cryogenic apparatus design is three-zone scheme of freezing, which makes it possible to use nitrogen vapors after its evaporation in the freezing zone without preliminary cooling and temperature equalizing over a product volume. Product freezing is carried out due to liquid nitrogen supply through a system of nozzles into the freezing zone; gas nitrogen is directed to the zone of product preliminary cooling as well as to the zone of temperature equalizing using circulating axial-flow fans. Exhaust steam is removed using a system of ventilation skips installed from the side of product input. The main advantages of the nitrogen quick-freezing apparatuses compared to machine systems are:

- a) ecological purity;
- b) a 2–3 time decrease in capitalizable costs;
- c) high quality of a frozen product;
- d) minimal shrinkage of a product upon freezing;
- e) universality that allows working with different types of raw materials and products.

Peculiarities of freezing and storage of raw materials and products from animal protein

Protein and fat that contain all necessary nutrients are an ideal medium for microbial growth. Moreover, the fat tissue is susceptible to oxidation leading to rancidity and desiccation of the whole product mass. The shelf-life of raw materials and products from animal protein is extended upon retardation of volatile particle movement, weakening or slowing down the biological activity of components. This effect is achieved upon freezing. The bacterial growth is stopped at -8°C , and at a temperature of -18°C , the chemical activity and microbial activity are stopped. Ice crystals that are developed in a temperature range of $0...-5^{\circ}\text{C}$, damage cell walls destructing a product tissue. Fast freezing reduces the risk of this destruction due to formation of small ice crystalline hydrates that do not have needle shape. A decrease in a temperature slows down the microbial activity, evaporation process and chemical reactions associated with oxidation. At a temperature of 0°C and relative humidity of 85 %, lean meat can be stored approximately 21 day, while fat meat only 14 days. At a temperature of 5°C , the duration is reduced to 1 day [11, 12, 13]. An important factor that is associated with freshness is meat color. Different hues of red color are linked with the state of myoglobin oxidation. Fresh meat usually has

дает оксимиоглобину ярко-вишневый цвет. В действительности оба состояния окисления безвредны, но потребителям больше нравится ярко-красный цвет. Поэтому упаковщики используют полимерные пленки, которые допускают проникновение безвредного количества кислорода, для создания привлекательного внешнего вида свежего мяса.

При замораживании и холодильном хранении мясного сырья возникали следующие проблемы:

1. Присутствие в мясном сырье психрофильных бактерий.
2. Животный (особенно хребтовой) жир легко окисляется.
3. Протеины белого куриного мяса не являются настолько стабильными, как протеины красного мяса.

Охлаждение не влияет на активность психрофильных бактерий в такой степени, как на мезофильные типы, поэтому возможности сохранения качества парного мяса являются ограниченными. В целях обеспечения контроля за психрофильными бактериями замороженное белое мясо и мясо механической обвалки (ММО) обычно хранится при более низких температурах (-30°C), чем другое белоксодержащее замороженные сырье и продукты.

Хранение в холодильнике протеиновых продуктов может вызвать сублимацию льда и серьезное обезвоживание их, называемое «холодильным ожогом». Плотная прилегающая упаковка с хорошим барьером влажности и минимальным свободным воздушным пространством уменьшит обезвоживание при хранении. Во избежание образования льда внутри упаковки и обезвоживания продукта необходимо полное заполнение упаковки. Упаковки для замороженных мясных продуктов должны изготавливаться из термолабильных материалов, сохраняющих гибкость при температурах заморозки, обеспечивающих защиту от влаги и плотно прилегающих к продукту. Если в качестве элемента упаковки используется картон, он должен быть обильно парафинирован или покрыт полиэтиленом в целях защиты от влаги, неизбежно присутствующей в процессе замораживания. Хорошим примером упаковки замороженных продуктов могут служить ПВХ-пакеты с высокими барьерными свойствами, используемые для упаковки и холодильного хранения птицы. Разделанная птица упаковывается в пакеты и проходит через вакуумную машину. В результате пленка облегает продукт, как вторая кожа. Непроницаемый барьер предотвращает потерю воды и «холодильный ожог» в течение 30–45 суток, препятствует прохождению кислорода, окисляющего животные жиры.

Особенности замораживания и хранения продукции мясо-растительного происхождения

Растительное сырье продолжает «дышать» и созревать в послеурожайном периоде. Кроме того, оно содержит большое количество воды и вянет при из-

purple red color because of a slight deficiency of oxygen. Treatment with an excessive amount of oxygen gives oxymyoglobin a bright cherry red color. In fact, both oxidation states are harmful; however, consumers like more bright red color. Therefore, packagers use polymer films that allow penetration of safe quantity of oxygen for formation of attractive appearance of fresh meat.

The following problems arise upon freezing and storing meat raw materials:

1. Psychrophilic bacteria are present in meat raw materials.
2. Animal fat (especially, back fat) easily oxidizes.
3. Proteins of white chicken meat are not as stable as red meat proteins.

The activity of psychrophilic bacteria is not affected by cooling to the same degree as that of the mesophilic types; therefore, the possibilities of hot meat storage are limited. To ensure control of psychrophilic bacteria, frozen white meat and mechanically deboned meat (MDM) are usually stored at lower temperatures (-30°C) compared to other protein containing frozen meat raw materials and products.

Cold storage of protein products can cause ice sublimation and their serious desiccation, the so-called «cold burn». Tight packaging with a good barrier for humidity and minimal head space will reduce desiccation during storage. To avoid ice formation inside a package and product desiccation, it is necessary to fill a package fully. Packages for frozen meat products should be made of heat labile materials that maintain flexibility at freezing temperatures, provide protection from moisture and tightly fit a product. If cardboard is used as a package element, it should be richly paraffinized or covered with polyethylene to protect from moisture that is inevitably present in the process of freezing. A good example of frozen product packaging are PVC packages with good barrier properties, which are used for packaging and cold storage of poultry. After cutting, poultry is packed in packages and moves through a vacuum machine. As a result, a film tightly fits a product like a second skin. The impermeable barrier prevents water losses and «cold burn» for 30–45 days, as well as penetration of oxygen that oxidizes animal fats.

Peculiarities of freezing and storage of products of meat-plant origin

Plant raw materials continue «breathing» and ageing after harvesting. Moreover, they contain a large amount of water and wither upon excessive desiccation. The rate

лишнем обезвоживании. Скорость биологических и абиотических изменений зависит от конкретного вида растительного сырья. Горошек, зеленые бобы и овощи, имеющие листья, «дышат» гораздо быстрее, чем стебли, клубни и корни. Картофель, свекла и морковь «дышат» медленно, и поэтому их легко хранить. Салат гораздо быстрее теряет влагу, чем свекла, — из-за большой площади поверхности. Овощное сырье имеет оптимальную температуру созревания (около 20 °C) и пороговую температуру, ниже 5 °C, препятствующую созреванию. В соответствии с эмпирическим правилом, снижение температуры на 10 °C, увеличивает срок хранения в три раза (при условии недопущения замораживания) [9,10]. Замораживание некоторых овощных культур приводит к разрушению структуры клеток, и после размораживания они очень быстро портятся. Созревание овощных культур контролируется различными способами. Скорость «дыхания» может быть снижена за счет уменьшения количества кислорода, но, тем не менее, какое-то количество кислорода должно всегда присутствовать для сохранения нативного состояния сырья. Такие технологии используются при упаковке хранения в модифицированной газовой среде (МГС). Этилен, выделяемый растительными тканями, связан с созреванием многих видов растительного сырья, и контроль его содержания в упаковке эффективно используется для замедления или ускорения процесса созревания. Крахмалсодержащее сырье сохраняется в течение шести месяцев в атмосфере, содержащей 5% кислорода и 3 % диоксида углерода (остальные 92 % приходятся на азот) [10], но при отсутствии этилена. Такое сырье будет дозревать, если их поместить в условия, содержащие этилен в долях нескольких частей на миллион. Контроль, за атмосферой и температурой хранения, является ключевым условием для увеличения срока хранения растительного сырья. При влажности около 90 % усиливается рост бактерий и грибов. Кроме того, заваренные пластиковые пакеты (мешки) подвергаются конденсации и увлажнению. Эти факторы усугубляют проблему хранения растительного сырья и продукции. Компромиссом во многих случаях может стать использование перфорированных пластиковых оберток или оберток с отверстиями. Это позволяет продукту «дышать», при известном риске загрязнения и потери влаги. Другим решением является выбор пленочных упаковочных материалов с высокой газопроницаемостью.

Методы размораживания пищевых продуктов

В настоящее время на пищевых предприятиях России применяется несколько способов размораживания, при которых теплоносителями являются воздух, паровоздушная среда, вода и рассол. Известны также способы размораживания с помощью ультразвука, инфракрасных лучей, электрического тока высокой, сверхвысокой и промышленной частоты и под вакуум-

of biological and abiotic changes depends on a particular type of plant raw materials. Pea, green legumes and vegetables that have leaves «breathe» much faster than stems, tubers and roots. Potato, beet and carrot «breathe» more slowly; therefore, it is much easier to store them. Salad loses moisture much faster than beet due to a large surface area. Vegetable raw materials have an optimal ageing temperature (about 20 °C) and a threshold temperature lower than 5 °C, which prevents ageing. According to the empirical rule, a 10 °C decrease in a temperature increases shelf-life threefold (on condition that freezing is prevented) [9, 10]. Freezing of certain vegetable crops leads to destruction of the cell structure and after thawing they are spoiled very quickly. Ageing of vegetable crops is controlled by several ways. A «breath» rate can be reduced by decreasing an oxygen amount; however, a certain amount of oxygen should always be present for maintenance of the native condition of raw materials. Such technologies are used when packaging and storing in the modified gas atmosphere (MGA). Ethylene produced by plant tissues is associated with ageing of many types of plant raw materials and control of its content in a package is effectively used for retardation or acceleration of the ageing process. Starch containing raw materials are preserved over six month in an atmosphere that contains 5% of oxygen and 3 % of carbon dioxide (nitrogen accounts for the rest 92 %) [10], but in the absence of ethylene. These raw materials will be additionally aging if they are placed in conditions with the ethylene content at a level of several parts per million. Control of the storage atmosphere and temperature is a key condition for prolongation of plant raw material storage. At 90% humidity, a growth of bacteria and fungi increases. Moreover, sealed plastic packages (bags) are subjected to condensation and humidification. These factors complicate a problem of raw material and product storage. A compromise in many cases can be the use of perforated plastic envelopes or envelopes with holes. That allows a product to «breathe» upon a known risk of contamination and moisture loss. Another solution is a choice of film packaging materials with high gas permeability.

Methods of food thawing

At present, the Russian food enterprises use several thawing methods, when heating media are air, a steam-air medium, water and brine. Other methods are also known such as thawing methods using ultrasound, infrared beams, electric current with high, ultra-high and industrial

мом. В отличие от отепления, которое проводят исключительно в воздухе с контролируемыми параметрами, размораживание возможно в различных средах и при использовании разнообразных источников тепла.

Существующие способы размораживания могут быть разбиты на три основные группы. К первой группе относятся все методы, использующие конвективный нагрев теплоносителями с различными теплофизическими свойствами, при ведении которых возникает температурный градиент. Вторая группа — методы размораживания, в основе которых нагрев происходит путем преобразования энергии разного вида в тепловую, непосредственно в обрабатываемом продукте. К таким видам энергии относятся энергия электрического поля различной частоты и энергия ультразвуковых колебаний. При использовании энергии переменного электрического поля может осуществляться равномерный по всему объему, безградиентный нагрев продукции. В третью группу входят комбинированные методы, использующие одновременно конвективный и безградиентный нагрев. При комбинированном способе размораживания может использоваться воздушный, микроволновый, вакуумный, электроконтактный и другой нагрев.

В продуктах животного происхождения воздействие тканевых ферментов проявляется в основном ростом гидролитического распада белков, в результате которого создаются благоприятные условия для развития гнилостной микрофлоры. Микробиологические процессы в быстрозамороженном мясе протекают после размораживания почти с такой же скоростью, что и в охлажденном мясе при тех же условиях хранения. Конденсация водяного пара при размораживании вызывает ускоренное развитие микроорганизмов, а в медленно замороженном мясе эти процессы протекают быстрее, что объясняется большей ферментативной активностью такого мяса.

Для пищевых продуктов с тканевой структурой (мясо, рыба, птица) наиболее важным показателем обратимости свойств, при размораживании является величина потерь сока. Потери сока рассматриваются как внешний признак денатурации белковых веществ. Основным компонентом сока является вода, не поглощенная продуктом при размораживании, а также вода, выделяющаяся из продукта под воздействием сжатия при размораживании. Выделение сока из продуктов может сопровождаться значительными потерями растворимых веществ — витаминов, ферментов, минеральных веществ, белков саркоплазмы и др. [15].

Потери сока при размораживании мяса зависят от его вида. Так, максимальные потери сока отмечаются в говядине, более низкие — в телятине и баранине, минимальные — в свинине. При этом потери сока мяса более высокого качества при размораживании, как правило, ниже, чем низкокачественного. В целом количество мясного сока составляет около 5 % общего

frequency, and vacuum. In contrast to warming, which is carried out exclusively in air with controlled parameters, thawing is possible in different media and with the use of different heat sources.

Available methods of thawing can be divided into three main groups. The first group includes the methods that use convection heating by heating media having different thermo-physical properties with different thermal gradients arising at their introduction. The second group consists of the thawing methods, which are based on heating by transformation of different types of energy into thermal energy directly in a processed product. These types of energy include the energy of electric field with different frequencies and the energy of ultrasonic vibrations. When using the energy of the alternating electric field, a homogeneous non-gradient heating of a product over the whole volume can be performed. The third group consists of the combined methods that use simultaneously convective and non-gradient heating. In a combined method of thawing, air, microwave, vacuum, electrical contact heating can be used among others.

In products of animal origin, an effect of tissue enzymes is manifested, mainly, by an increase in hydrolytic breakdown of proteins, as a result of which, favorable conditions for spoilage microflora are created. Microbiological processes occur in fast frozen meat after thawing almost with the same rate as in cooled meat at the same conditions of storage. Water vapor condensation upon thawing causes the accelerated development of microorganisms and, in slowly frozen meat, these processes proceed faster, which can be explained by higher enzyme activity in this meat.

For food products with the tissue structure (meat, fish, poultry), the most important indicator of reversibility of properties upon freezing is a value of drip loss. Drip losses are considered an external sign of protein substance denaturation. The main component of drip is water that was not absorbed by a product upon thawing as well as water that is released from a product under an effect of compressing when thawing. Drip losses can be accompanied by high losses of soluble substances — vitamins, enzymes, minerals, sarcoplasmic proteins and so on [15].

Drip losses in meat depend on its type. For example, the maximal drip losses are found in beef, lower in veal and mutton and minimal in pork. With that, drip losses in high quality meat, as a rule, are lower, than that in poor quality meat. In general, drip losses are 5% of the total volume

количества замороженного мяса, у не полностью созревшего мяса может увеличиваться до 40 %. Однофазное замораживание, проводимое до начала развития процессов посмертного окоченения, замедляет развитие гликогенолиза и явления сжатия при размораживании, связанного с повышенным выделением сока [15].

Потери сока при размораживании мяса птицы зависят от физиологического состояния мышц, в момент замораживания они максимальны на стадии окоченения и менее значительны на других стадиях. Зависят они также от скорости замораживания. При медленном замораживании в воздухе потери увеличиваются в 3 раза по сравнению с иммерсионным методом [15].

Потери сока при размораживании ММО подчиняются тем же закономерностям, что и при размораживании мяса, но в целом они выше, чем у мяса. Величина потерь зависит от вида и состава ММО, наличия в нем костного жира, содержания белка, формы и размера замороженного брикета и др. [15].

Качество размороженного растительного сырья зависит от вида, условий хранения, и в некоторых случаях методы замораживания имеют второстепенное значение. В то же время установлено, что для белоксодержащего растительного сырья наиболее оптимальным является метод диэлектрического размораживания, а наименее — воздушный. При оценке качества белоксодержащего растительного сырья, размороженных различными методами, установлено, что диэлектрически размороженная продукция отличалась более высоким содержанием неповрежденного сырья, лучшей консистенцией, меньшими потерями витамина С. Интенсивность качественных изменений в размороженных продуктах обусловлена, прежде всего, динамикой микробиологических и ферментативных процессов. В зависимости от многих взаимодействующих факторов активность последних может, как увеличиваться, так и уменьшаться. Сохраняемость растительного сырья после размораживания меньше, чем продуктов животного происхождения, поскольку они обладают меньшей стойкостью по отношению к микробиологическим процессам. Поэтому размороженные мясо — растительные продукты вследствие быстрой порчи и ухудшения товарного вида должны быть максимально быстро использованы или реализованы [10].

Анализ различных методов размораживания показывает, что при применении любого теплоносителя (воздух, вода) ускорение процесса ограничено. При размораживании пищевых продуктов, замороженных в блоках, для промышленных целей по общепринятой ускоренной технологии нагревания за счет тепловой конвекции воздуха или подогреванием водой возможны загрязнение и порча продуктов. Совершенствование техники размораживания связано с изменением методов обработки, необходимостью дальнейшей

of frozen meat, and in partly aged meat they can increase to 40%. Single stage prerigor freezing retards the development of glycogenolysis and a phenomenon of compression upon thawing, which is associated with increased drip losses [15].

Drip losses in poultry depend on the muscle physiological state; at the moment of freezing they are maximal at the stage of rigor mortis and less significant at other stages. They also depend on freezing rate. Upon slow air freezing, losses increase 3 times compared to immersion method [15].

Drip losses during MDM thawing are subject to the same regularities as during meat thawing; however, as a rule, they are higher than in meat. A drip loss value depends on a MDM type and composition, the presence of bone fat in it, protein content, shape and size of frozen block and so on [15].

Quality of thawed plant raw materials depends on its type and storage conditions; in several cases, freezing methods have secondary significance. At the same time, it was established that for protein containing raw material, the most optimal method is dielectric thawing and the least optimal method is air thawing. In quality assessment of protein containing plant raw materials thawed by different methods, it was established that dielectrically thawed products were distinguished by higher content of intact raw materials, better consistency and less losses of vitamin C. The intensity of qualitative changes in thawed products is conditioned first of all by dynamics of microbiological and enzyme processes. Depending on many interacting factors, the activity of the latter can both increase and decrease. Storability of plant raw materials after thawing is less than that of animal products as they are less resistant to microbiological processes. Therefore, thawed meat-and-plant products have to be maximally quickly used or realized due to rapid spoilage and deterioration of marketable appearance [10].

Analysis of different thawing methods shows that when using any heat transfer medium (air, water), process acceleration is limited. When thawing food product frozen in blocks for industrial purposes under the conventional accelerated technology of heating due to air convection or warming with water, product pollution and spoilage are possible. An improvement of the thawing technique is associated with changes in processing methods, a necessity of the further process intensification and development of

интенсификации процесса, созданием конструкций агрегатов непрерывного действия. При этом важнейшим условием должно быть максимальное сохранение исходного качества продукта.

Анализ существующих способов и опыт зарубежных фирм по использованию СВЧ-энергии для размораживания пищевых продуктов показали преимущества данного метода перед другими: экономия производственных площадей; точное регулирование конечной температуры внутри продукта; простота обслуживания установки; уменьшение трудовых затрат благодаря размораживанию пищевых продуктов в упаковке. Оценка качества и санитарного состояния готовой продукции показала, что СВЧ-размораживание позволяет уменьшить потери белковых веществ и витаминов, предотвратить развитие микрофлоры, улучшить нежность мяса, что особенно важно при производстве из размороженного сырья вареных колбасных изделий. Отмечено также увеличение времени хранения и срока реализации пищевых продуктов из сырья, размороженного с помощью СВЧ-энергии. Выбор способа размораживания определяется мощностью предприятия, его возможностями и видом обрабатываемого продукта.

В мировой практике ассортимент продуктов, консервируемых быстрым замораживанием, чрезвычайно широк. Производство быстрозамороженных продуктов в развитых странах ежегодно увеличивается на 5–7 %. [14]. Производство такой продукции организовано на поточных технологических линиях, включающих на завершающем этапе процесс быстрого поштучного замораживания. В настоящее время производством быстрозамороженной продукции занимаются более 500 различных компаний мира. Ведущее место в производстве такой продукции занимают США, Голландия, Франция, Германия, Италия, Венгрия, Польша. К сожалению, развитие производства быстрозамороженных продуктов в России до настоящего времени не достигло желаемого уровня, ни по ассортименту и объемам производства, ни по технологической оснащенности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головкин Н.А., Чижов Г.Б. Холодильная технология пищевых продуктов. — М.: Госторгиздат. — 1963. — 240 с.
2. Кульбин И.Н. Морозилка для быстрого замораживания преимущественно мясных туш. Авторское свидетельство №.77128. Опубликовано в «Бюлетене изобретений» № 11, 1952.
3. Ротенберг, А.Г. Скороморозильный гравитационный конвейерный аппарат ГКА-4/ А.Г.Ротенберг // Холодильная техника. — 1974.-№4. — С. 19–25.
4. Мещеряков Ф.Е. Основы холодильной техники и холодильной технологии. — М.: Пищевая промышленность. — 1975. — 560 с. (С. 459–463)
5. Шеффер А.П. Современное оборудование для замораживания мяса и субпродуктов в блоках, полуфабрикатов и готовых блюд. — М.: ЦНИИТЭИмясомолпром. — 1973. — 45 с.
6. Шеффер А.П., Саатчан А.К., Кончаков Г.Д. Интенсификация охлаждения, замораживания и размораживания мяса. — М.: Пищевая промышленность. — 1972. — 375 с.

continuous units. With that, the most important condition of food thawing should be maximum preservation of the initial product quality.

Analysis of available methods and an experience of foreign companies in using the microwave energy for food freezing demonstrated advantages of this method over others: saving of production space, strict regulation of the final temperature inside a product; simplicity of unit maintenance and a decrease in labor expenditures due to food thawing in packaging. Assessment of quality and sanitary condition of finished products showed that microwave thawing allows reducing losses of protein substances and vitamins, preventing microbial growth and improving meat tenderness, which is especially important in production of cooked sausages from thawed raw material. A choice of a thawing method is conditioned by a capacity of an enterprise, its possibilities and a type of processed product.

In the world practice, an assortment of products that are preserved by fast freezing is extremely wide. Production of fast-frozen products in developed countries increases annually by 5–7 % [14]. Production of such products is organized on the flow-type technological lines that include a process of fast single-piece freezing at the final stage. At present, more than 500 different world companies manufacture fast-frozen products. The USA, the Netherlands, France, Germany, Italy, Hungary and Poland occupy the leading place in production of such products. Unfortunately, up to now, the development of fast-frozen products manufacture in Russia has not achieved a desirable level in terms of assortment, production volumes and technological equipment.

REFERENCES

1. Golovkin N.A., Chizhov G.B. Refrigeration technology of food products. — M.: Gostorgizdat. — 1963. — 240 pages.
2. Kul'bin I.N. Freezing chamber for fast freezing of mainly meat carcasses. Certificate of authorship No. 77128. Published in "Bulletin of inventions" No. 11, 1952.
3. Rotenberg A.G. Gravity conveyor quick-freezing system GKA-4/ A.G. Rotenberg // Kholodilnaya Tekhnika. — 1974. — No. 4. — pp. 19–25.
4. Meshcheryakov F.E. Principles of refrigerating engineering and refrigeration technology. — M.: Food Industry. — 1975. — 560 pages (pp.459–463).
5. Sheffer A.P. Modern equipment for freezing meat and by-products in blocks, semi-prepared products and ready dishes. — M.: TSNIITelmyzsomoprom. 1973. — 45 pages.
6. Sheffer A.P., Saatchan A.K., Konchakov G.D. Intensification of meat cooling, freezing and thawing. — 1972. — 375 pages.

7. Куцакова В.Е., Фролов С.В. Осмотические явления в пищевых продуктах. Посол рыбы и мяса.: Учеб.-метод. пособие. — СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ. — 2014. — 41 с.
8. Рютлов Д.Г., Христодуло Д.А. Быстрое замораживание мяса. — М.: Пищепромиздат. — 1936. — 197 с.
9. Ишевский А.Л., Давыдов И.А. Использование консервантов в производстве мясных продуктов // Мясной ряд — 2016. — № 2(64). — с. 34–37
10. Ишевский А.Л., Доморацкий С.С., Гришина И.В. Экспресс-оценка сроков хранения пищевых продуктов // Мясные технологии — 2011. — № 2. — с. 28–30
11. Вода в пищевых продуктах. Под редакцией Р.Б. Дакуорта — пер. с английского., М., Пищевая промышленность, 1980, 376 с.
12. Ишевский А.Л., Черников Е.М., Базарнова Ю.Г. Оценка интегральных показателей конкурентоспособности мясных паштетов // Мясные технологии — 2011. — №5. — с. 62–64.
13. Кайм Г. Технология переработки мяса. Немецкая практика. Перевод с немецкого Г.В. Соловьевой, А.А. Куреленкова. — СПб.: Профессия. — 2008. — 488 с.
14. Перспективы использования жидкого азота для быстрого замораживания пищевых продуктов. [Электронный ресурс: <http://www.ptechology.ru/MainPart/PishaTech/PishaTech19.html> Дата обращения 15.05.2017]
15. Классификация методов размораживания пищевых продуктов [Электронный ресурс: <http://www.xiron.ru/content/view/30178/28/> Дата обращения 23.05.2017]

7. Kutsakova V.E., Frolov S.V. Osmotic processes in food products. Fish and meat salting: Study guide — SPb.: NIU ITMO; IKhiBT. — 2014. — 41 pages.
8. Ryutov D.G., Khristodulo D.A. Fast freezing of meat -M.: Pishpromizdat-1936. — 197 pages.
9. Ishevskiy A.L., Davydov I.A. The use of preserving agents in meat product manufacture // Myasnoy ryad — 2016. — No. 2(64). — pp. 34–37.
10. Ishevskiy A.L., Domoratsky S.S., Grishina I.V. Express assessment of food shelf-life // Meat technology — 2011. — No. 2. — pp. 28–30
11. Water Relations of Foods. Under the editorship R. B. Duckworth (Translation from English), M., Food Industry, 1980, 376 pages.
12. Ishevskiy A.L., Chernikov E.M., Basarnova Yu.G. Assessment of integral indicators of meat pâté competitiveness // Meat technology — 2011. — No.5. — pp. 62–64.
13. Kaim G. Technology of meat processing: German practice. Translation from German by G.V. Solovyova, A.A. Kurelenkova — SPb.: Profession, 2006 — 488 pages.
14. Prospects for liquid nitrogen using for food fast freezing. [Electronic resource: Date of access 15.05.2017]
15. Classification of food thawing methods [Electronic resource: <http://www.xiron.ru/content/view/30178/28/> Date of access 23.05.2017]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Ишевский Александр Леонидович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Университет ИТМО 191002, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова д. 9
Тел.: +7-812-315-23-81
E-mail: ishev.53@mail.ru

Давыдов Илья Алексеевич — аспирант кафедры технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Университет ИТМО 191002, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9
Тел.: +7-812-315-23-81
E-mail: davi92@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 30.05.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Ishevskiy Alexander Leonodovich — doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of Meat and Fish Processing and Refrigeration, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, ITMO University 191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9
Tel.: +7-812-315-23-81
E-mail: ishev.53@mail.ru

Davydov Ilya Andreevich — PhD student, Department of Meat and Fish Processing and Refrigeration, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, ITMO University 191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9
Tel.: +7-812-315-23-81
E-mail: davi92@mail.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 30.05.2017

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CHILLED BEEF OF VARIOUS COLOR CLASSES

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОХЛАЖДЁННОЙ ГОВЯДИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ЦВЕТОВЫХ КЛАССОВ

Kozyrev I.V., Mittelshtein T.M., Pchelkina V.A., Lisitsyn A.B.
The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

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

Keywords: beef, meat colour, meat quality.

Аннотация

Исследованы технологические свойства охлаждённой говядины, полученной от скота пород герефорд (мясное направление продуктивности) и чёрно-пёстрая (мясо-молочное направление продуктивности) различных классов по цвету мышечной ткани. Цвет мышечной ткани на длиннейшей мышце спины (*L. dorsi*) в цветовом пространстве CIELab исследовали в условиях конвейера спектрофотометрически на спектрофотометре Konica Minolta CM-2300d. На основе измерения цвета мышечной ткани проводили классификацию по эталонам цвета. Говядину по различиям в цветовой гамме рассортировали на три класса по показателям L^* , a^* , b^* и эталонам: 1 класс (в среднем 41,41, 22,16, 18,46), 4 класс (в среднем 34,75, 22,0, 14,0), 5 класс (в среднем 28,92, 13,10, 9,24). В условиях конвейера также измеряли величину pH через 24 часа после убоя, она составила 5,28–5,36 для 1 класса, 5,59–5,60 для 4 класса, 6,50–6,51 для 5 класса. В образцах говядины ($n=15$) определяли следующие лабораторные параметры: влагоудерживающая способность (ВУС), потери влаги при термической обработке, структурно-механические и микроструктурные свойства. Для установления корреляционной зависимости между цветом и технологическими свойствами говядины был выбран показатель L^* (светлота), который наиболее всего различался между образцами. Установлены корреляционные зависимости между показателем L^* (светлота) и технологическими свойствами: отрицательная с величиной pH (–0,95) и с влагоудерживающей способностью (–0,92), положительная с потерями влаги при термической обработке (0,99) и с показателем напряжения среза (0,96).

Abstract

Technological properties were studied for chilled beef of different classes concerning the color of muscle tissue obtained from Hereford (beef cattle) and White-and-Black (beef and dairy cattle) breeds. The color of Longissimus dorsi muscle in CIELab units was examined using Konica Minolta CM-2300d spectrophotometer. Based on the measurement of muscle tissue color, the classification was carried out according to color standards. According to differences in color, beef was sorted into three groups using color standards and L^* , a^* , b^* values: Class 1 (41.41, 22.16, 18.46 in average), Class 4 (34.75, 22.0, 14.0 in average), Class 5 (28.92, 13.10, 9.24 in average). In a conveyor environment, pH was also measured 24 hours after slaughter: 5.28 to 5.36 for Class 1, 5.59 to 5.60 for Class 4, 6.50 to 6.51 for Class 5. In beef samples ($n = 15$), the following laboratory parameters were determined: water holding capacity (WHC), moisture loss during heat treatment, structural and mechanical properties, microstructural properties. To establish the relationship between color and technological properties of beef, the L^* (lightness) parameter was chosen, which was the most different between the samples. Correlations between L^* (lightness) and technological properties were established: negative with pH (0.95) and with water holding capacity (0.92), positive with moisture loss during thermal treatment (0.99) and with shear force (0.96).

Введение

В последние годы производство говядины в России неуклонно возрастает. По данным Росстата, в 2016 году было произведено 263,43 тыс. тонн говядины, что составляет 103,3% от показателей 2015 года. При этом доля парной, остывшей и охлаждённой говядины в общем объёме производства в 2016 году, составила около 80%. Крупнейшими российскими регионами-производителями говядины являются Брянская и Московская область, Алтайский край [1].

Важнейшим инструментом повышения количества производимой говядины является выращивание и откорм молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности. Однако в России до сих пор доля крупного рогатого скота мясных пород составляет в общем поголовье чуть более 10%, тогда как в странах,

Introduction

In recent years, the production of beef in Russia has been steadily increasing. According to the Federal State Statistics Service, in 2016, 263.43 thousand tons of beef were produced, which is 103.3% of the 2015 indicators. At the same time, in 2016, the proportion of fresh, cool and chilled beef in total production was about 80%. The largest producers of beef among Russian regions are Bryansk and Moscow regions, and Altai Territory [1].

The most important tool to increase the production of beef is growing and fattening of young beef cattle. However, up to date the proportion of beef cattle in the total number of livestock in Russia is slightly over 10%, while in

считающихся лидерами в мировом производстве говядины, эта доля колеблется от 40 до 85% [2].

Во многом это связано с тем, что мясное скотоводство является одним из самых трудоёмких процессов в сельском хозяйстве, требующим длительных инвестиций, прежде чем наступает окупаемость. В настоящее время в России действуют программы поддержки мясного скотоводства, но его развитие сталкивается с целым рядом проблем, таких, как отсутствие собственного генофонда, небольшое количество племенных хозяйств, относительно невысокое число пробонитированных быков-производителей, зависимость от импорта быков-производителей и бычьей спермы [3, 4]. Также развитие мясного скотоводства сдерживают отсутствие инфраструктуры во многих регионах РФ и нехватка квалифицированных кадров. Однако, несмотря на существующие проблемы, мясное скотоводство в России развивается, во многом благодаря реализации крупных проектов и строительству новых предприятий полного цикла — от выращивания и откорма до производства упакованного мяса.

Помимо низкой рентабельности и отсутствия достаточного количества племенных хозяйств крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, производители сталкиваются с отсутствием объективной системы оценки говядины и, как следствие, прозрачного ценообразования. В зарубежной практике оцениваются такие показатели, как цвет мышечной и жировой ткани, мраморность, степень окостенения (развития костной ткани) и другие [5, 6, 7, 8].

Цвет мяса является индикатором практически всех физиологических, биохимических и технологических процессов, и поэтому является важным критерием при оценке качества продукта. Кроме того, цвет — важный параметр качества мяса, как для потребителя, так и для переработки. Цвет взаимосвязан со многими показателями качества говядины, поэтому сортировка по цвету применима в качестве экспресс-метода в условиях конвейера.

В рамках разработки российской экспресс-системы оценки говядины на основе цвета мышечной ткани, позволяющей в условиях конвейера с помощью эталонов сортировать мясо в зависимости от его качества, была проведена оценка технологических свойств охлаждённой говядины различных цветовых классов.

Материалы и методы

Для определения цвета мышечной ткани в цветовом пространстве CIELab и принадлежности к тому или иному цветовому классу [9] в производственных условиях использовали спектрофотометр Konica Minolta CM-2300d (Япония) и эталоны цвета.

Все измерения проводили при источнике освещения D65 (стандартный дневной свет) с углом наблюдения 2°, каждое измерение проводили однократно.

countries considered the leaders in the world production of beef this value ranges from 40% to 85% [2].

This is mainly due to the fact that beef cattle breeding is one of the most time-consuming processes in agriculture and requires long-term investments before the payback comes. Currently, Russia has programs to support beef cattle breeding, but its development is facing a number of problems, such as the lack of own breeding animals, small number of breeding farms, relatively low number of valued bulls, dependence on imports of bulls and bull sperm [3, 4]. Also, the development of beef cattle breeding is hindered by the lack of infrastructure and qualified personnel in many regions of the Russian Federation. However, despite the existing problems, beef cattle breeding in Russia is developing, largely due to the implementation of major projects and the construction of new full-cycle enterprises — from growing and fattening to the production of packaged meat.

In addition to low cost effectiveness and the lack of sufficient number of beef cattle breeding farms, producers face the lack of objective system for assessing beef and, as a result, for transparent pricing. In foreign practice, such indicators as color of muscle and fatty tissue, marbling, degree of ossification (development of bone tissue), and others [5, 6, 7, 8] are estimated.

The color of meat is an indicator of almost all physiological, biochemical and technological processes, and therefore is an important criterion in assessing the quality of the product. In addition, color is important quality parameter both for the consumer and for processing. Color is related to many indicators of beef quality, so classification by color is suitable as an express method in a conveyor environment.

As a part of the development of the Russian express system for beef assessment based on muscle tissue color, which allows meat sorting depending on its quality in a conveyor environment using color standards, an evaluation was made of the technological properties of chilled beef of various color classes.

Materials and methods

To determine the color of muscle tissue in CIELab units and sort it into a particular color class [9], the Konica Minolta CM-2300d spectrophotometer (Japan) and color standards were used in production conditions.

All measurements were made with light source D65 (standard daylight) with an observation angle of 2°; each measurement was carried out once.

Для сортировки туш на различные классы по цвету мышечной ткани использовали эталоны (Табл. 1).

Измерения проводили на длиннейшей мышце спины (*L. dorsi*) 178 туш молодняка (с от 18 до 24 месяцев) крупного рогатого скота пород герефорд и чёрно-пёстрая. Измерения проводили на ООО «Пушкинский мясной двор» (Россия, г. Пушкино). Измерения проводили между 12 и 13 ребрами. Все измерения проводились через 24 часа после убоя.

Оценку структурно-механических характеристик (величину напряжения среза) говядины проводили с помощью испытательной машины «Shimadzu» серии AGS-X, предназначенной для измерения сдвиговых, поверхностных и компрессионных характеристик.

Массовую долю влаги определяли по ISO 1442–97.

Влагоудерживающую способность мяса определяли методом прессования по Грау и Хамму в модификации ВНИИМП [10].

Для определения величины pH с помощью pH-метра с диапазоном измерения 0–14 pH, и точностью измерения 0,1 pH. Прибор предварительно калибровали, используя буферные растворы с известным значением pH. При проведении измерений электрод погружали в толщу мышечной ткани *L. dorsi* на глубину не менее 3 см. За окончательный результат принимали среднее арифметическое значение трех единичных измерений.

Гистологические исследования образцов говядины различных классов проводили на срезах толщиной 14 мкм изготовленных на криостате «Mikrom-HM525» (Thermo Scientific) и окрашенных гематоксилином Эрлиха и 1%-ым водно-спиртовым раствором эозина («БиоВитрум»). Изучение гистологических препаратов и их фотографирование осуществляли на световом микроскопе «AxioImager A1» (Carl Zeiss, Германия) с подключенной видеокамерой «AxioCam MRc 5». Обработку изображений производили с применением компьютерной системы анализа изображений «AxioVision 4.7.1.0» (Carl Zeiss, Германия). Исследования проводили в соответствии с принципами системного количественного анализа и трехкратной повторностью эксперимента.

To sort the carcasses into different classes according to the color of muscle tissue, color standards were used (Table 1).

The measurements were carried out on *Longissimus dorsi* muscles from 178 carcasses of young cattle (18 to 24 months) of Hereford and White-and-Black breeds. The measurements were performed at “Pushkinskiy myasnoy dvor” LLC (Russia, Pushkino) between 12th and 13th ribs. All measurements were carried out 24 hours after slaughter.

The evaluation of beef structural and mechanical characteristics (shear force) was carried out using the Shimadzu testing machine of the AGS-X series designed to measure shear, surface and compression characteristics.

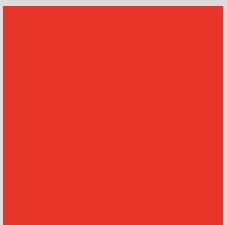
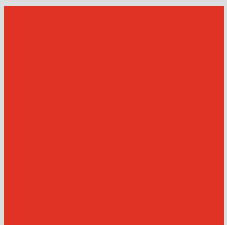
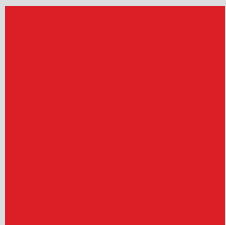
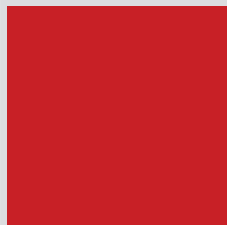
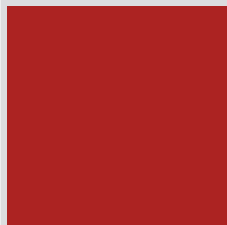
Moisture content was determined according to ISO 1442–97.

Water holding capacity of meat was determined according to Grau-Hamm pressing method with modification by VNIIMP [10].

To determine the pH value, pH-meter was used with measurement range of 0–14 and accuracy of 0.1. The instrument was pre-calibrated using buffer solutions of known pH value. During the measurements, the electrode was immersed in the muscle tissue of *Longissimus dorsi* to a depth of at least 3 cm. The final result was the average of three single measurements.

Histological studies of beef samples of various color classes were carried out on 14 µm sections produced with Mikrom-HM525 cryostat (Thermo Scientific) and stained with Ehrlich hematoxylin and 1% aqueous-alcoholic eosin solution (BioVitrum). Histological specimens were studied and photographed using AxioImager A1 light microscope (Carl Zeiss, Germany) with AxioCam MRc 5 video camera connected. Image processing was performed using AxioVision 4.7.1.0 computer image analysis system (Carl Zeiss, Germany). The studies were carried out in accordance with the principles of systemic quantitative analysis and triplicate experiment.

Table 1. Color standards for muscle tissue | Таблица 1. Эталоны цвета мышечной ткани

CIE Lab values Цветовая модель	Color ranges 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 color display Визуальное отображение цвета					

Потери массы при термической обработке определяли как отношение массы сырого образца к массе термически обработанного до температуры 72 °C в толще мышц.

Математическую обработку результатов исследований, выполненных с 3–5-кратной повторностью, а также расчет корреляционных зависимостей осуществляли общепринятым параметрическим методом (t-критерий Стьюдента) с применением программы «Statistica 10.0».

Результаты и обсуждение

По результатам оценки цвета мышечной ткани в системе CIELab в соответствии с разработанными эталонами цвета мышечной ткани была проведена сортировка туш на три группы (Табл. 2). Туши первой группы отнесены к 1 (n=21), 2-й группы к 4 (n=44) и 3-й группы к 5 классам (n=113). Установлено, что туши отличались, прежде всего, показателем *L (светлота). Из каждой группы различных классов по цвету отобрали по 2 образца для проведения исследований технологических свойств.

Результаты исследований образцов говядины различных цветовых характеристик (*L. dorsi*) представлены в Табл. 3.

Результаты исследований напряжения среза образцов говядины различных классов по цвету мышечной ткани представлены в Табл. 4.

Данные Табл. 4 свидетельствуют о том, что образцы с различным цветом мышечной ткани отличаются и по структурно-механическим характеристикам. Определена корреляционная зависимость между цветом и показателями качества говядины выбран показатель *L (светлота). Установлена высокая степень корреляции между показателем *L (светлота) и влагоудерживающей способностью, величиной pH, потерями массы при термической обработке и напряжением среза (Табл. 5).

Weight loss during heat treatment was determined as the ratio of crude sample weight to the weight of sample heated to core temperature of 72 °C.

Mathematical processing of the results of studies (3 to 5 replicates), as well as calculation of the correlations, were carried out using the common parametric method (Student's t-test) in Statistica 10.0 software.

Results and discussion

Based on the results of muscle tissue color evaluation in CIELab units, according to the developed standards of muscle tissue color, the carcasses were sorted into three groups (Table 2). Carcasses in first group were assigned to Class 1 (n = 21), carcasses in second group were assigned to Class 4 (n = 44) and carcasses in third group were assigned to Class 5 (n = 113). It was found that carcasses differed mainly by L* (lightness) value. Two samples were selected from each group for technological properties studies.

The results of color characteristics studies in beef samples (*Longissimus dorsi*) are presented in Table 3.

The results of shear force studies in beef samples of various classes by muscle tissue color are presented in Table 4.

Data in Table 4 indicate that samples with different colors of muscle tissue differ in their structural and mechanical characteristics. A correlation between color and beef quality was determined. L* value (lightness) was chosen as an indicator. A strong correlation was found between L* (lightness) value and water holding capacity, pH, weight loss during heat treatment and shear force (Table 5).

Table 2. Mean values of muscle tissue color evaluation | Таблица 2. Средние значения оценки цвета мышечной ткани

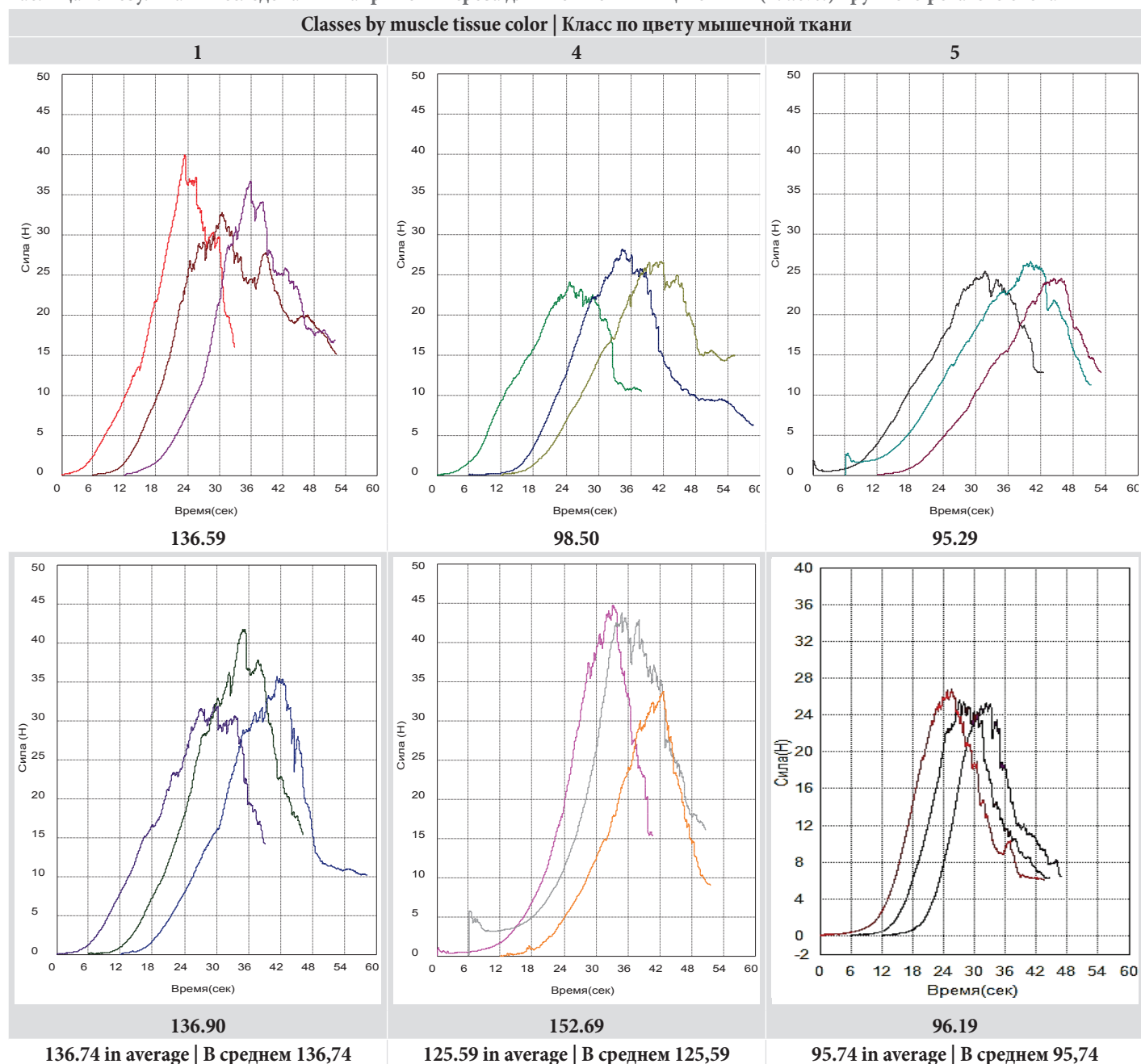
CIELab values Цветовая модель	Muscle tissue color (mean values) Цвет мышечной ткани (средние значения)		
	Group 1 Группа 1	Group 2 Группа 2	Group 3 Группа 3
L	41.41	34.75	28.92
a	22.16	22.0	13.10
b	18.46	14.0	9.24

Table 3. The results of muscle tissue studies (mean values)

Таблица 3. Результаты исследований образцов мышечной ткани (средние значения)

n = 6

Parameter Наименование показателя	Class by muscle tissue color Класс по цвету мышечной ткани		
	Class 1 (L 42.2 ± 2) 1 (L 42,2 ± 2)	Class 4 (L 33 ± 4) 4 (L 33 ± 4)	Class 5 (L 29 ± 2.5) 5 (L 29 ± 2,5)
pH24 Величина pH24	5.28–5.36	5.59–5.60	6.50–6.51
WHC, % of total moisture ВУС, % к общей влаге	66.58	67.21	70.14
Moisture content, % Массовая доля влаги, %	76.0	75.70	74.7
Weight loss during heat treatment, % Потери массы при термической обработке, %	50.40	44.9	42.1
Shear force, N/m ² Напряжение среза, Н/м ²	136.74	125.59	95.74

Table 4. The results of shear force studies in beef samples (*Longissimus dorsi*)Таблица 4. Результаты исследования напряжения среза длиннейшей мышцы спины (*L. dorsi*) крупного рогатого скота

Данные Табл. 5 свидетельствуют о том, что с увеличением показателя L^* (светлота) мясо становится светлее, величина pH и ВУС уменьшаются, а потери влаги при термической обработке и напряжение среза увеличиваются.

Зависимость различных показателей от цвета говядины и возможность прогнозирования технологиче-

Data in Table 5 indicate that with the increase of L^* (lightness) value meat becomes lighter, pH and WHC decrease, loss of moisture during heat treatment and shear force increase.

Dependence of various indicators on beef color and the ability to predict the technological properties of meat based on color assessment is currently being studied quite

Table 5. Correlation between muscle tissue color and beef quality indicators

Таблица 5. Корреляционная зависимость между цветом мышечной ткани и показателями качества

Parameters Показатель	Correlation coefficient r Коэффициент корреляции r
L^* (lightness) and pH L^* (светлота) и pH	-0.95
L^* (lightness) and WHC L^* (светлота) и ВУС	-0.92
L^* (lightness) and weight loss during heat treatment L^* (светлота) и потери влаги при термической обработке	0.99
L^* (lightness) and shear force L^* (светлота) и напряжение среза	0.96

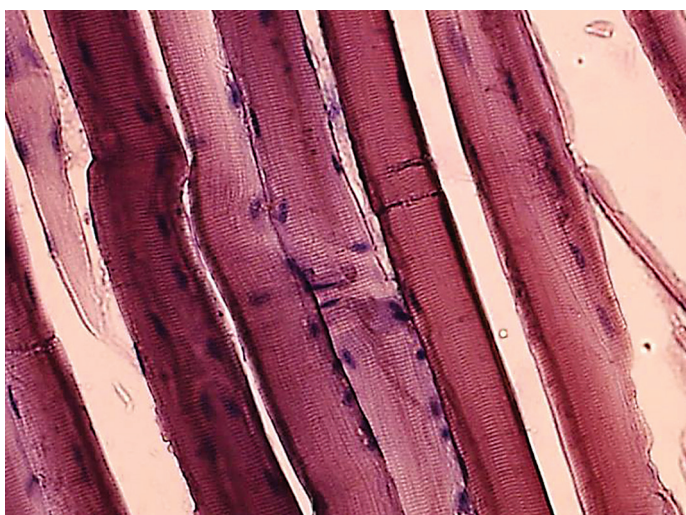


Figure 1. Microstructure of Class 1 beef sample (longitudinal section of muscle fibers, 40x magnification)

Рис. 1. Микроструктура образца говядины 1-го класса (продольный срез мышечных волокон, об.40х)

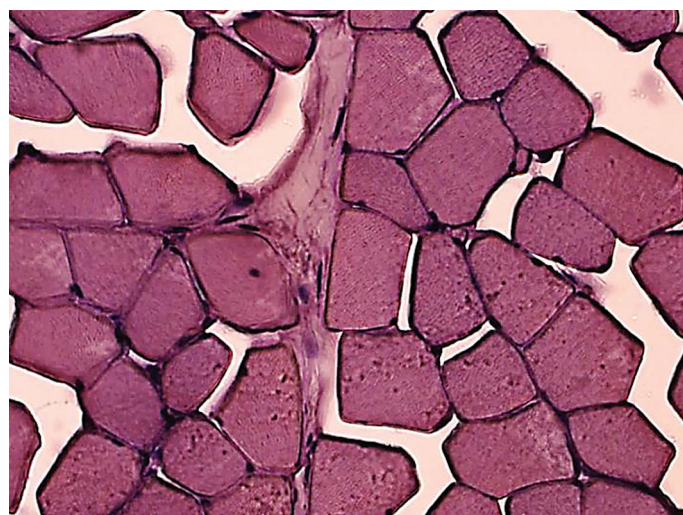


Figure 2. Microstructure of Class 1 beef sample (cross section of muscle fibers, 40x magnification)

Рис. 2. Микроструктура образца говядины 1-го класса (поперечный срез мышечных волокон, об.40х)

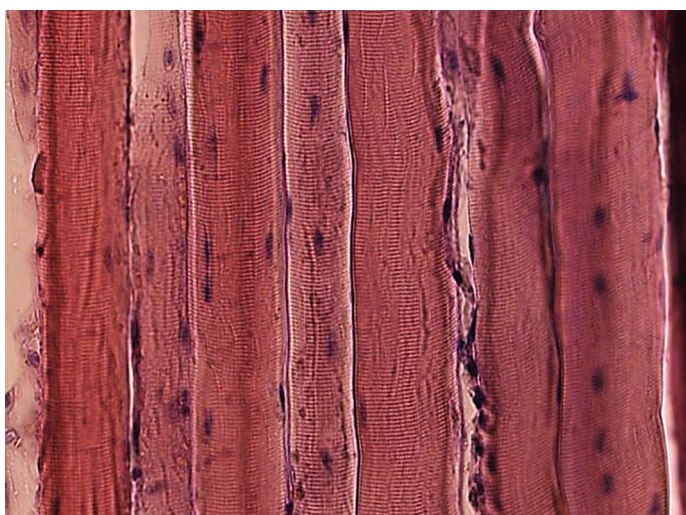


Figure 3. Microstructure of Class 4 beef sample (longitudinal section of muscle fibers, 40x magnification)

Рис. 3. Микроструктура образца говядины 4-го класса (продольный срез мышечных волокон, об.40х)



Figure 4. Microstructure of Class 4 beef sample (cross section of muscle fibers, 40x magnification)

Рис. 4. Микроструктура образца говядины 4-го класса (поперечный срез мышечных волокон, об.40х)

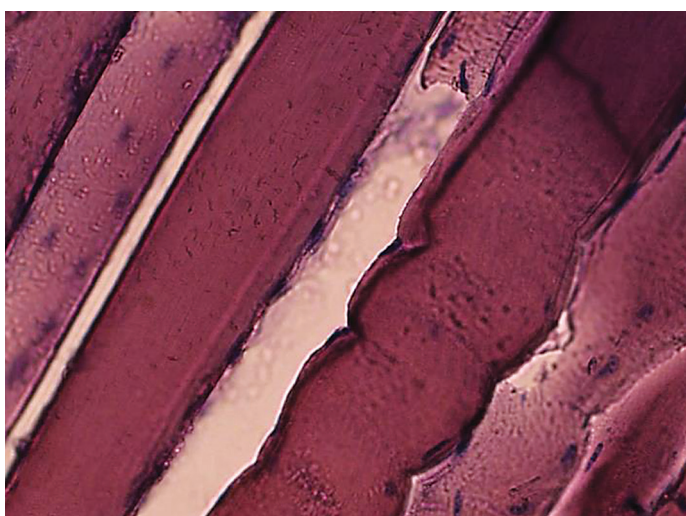


Figure 5. Microstructure of Class 5 beef sample (longitudinal section of muscle fibers, 40x magnification)

Рис. 5. Микроструктура образца говядины 5-го класса (продольный срез мышечных волокон, об.40х)



Figure 6. Microstructure of Class 5 beef sample (cross section of muscle fibers, 40x magnification)

Рис. 6. Микроструктура образца говядины 5-го класса (поперечный срез мышечных волокон, об.40х)

ских свойств мяса с помощью оценки цвета в настоящее время изучается достаточно широко. Высокую степень корреляции между колориметрическими показателями и величиной pH установили Abril M. с соавторами [11]. Также величина pH сырого мяса значительно влияет на цвет готового продукта (жареных говяжьих стейков), в особенности на показатель a^* [12]. Величина pH имеет высокую корреляционную зависимость со структурно-механическими и органолептическими свойствами говядины [13], следовательно, сортировка мяса по цвету, который коррелирует с величиной pH (см. выше), является объективным экспресс-методом оценки качества.

S.M. Keady, S.M. Waters с соавторами [14] отмечают, что показатели напряжения среза, нежности и общего органолептического восприятия имеют высокую корреляцию с цветом говядины, что позволяет со значительной достоверностью прогнозировать восприятие мяса потребителем.

Проведенные гистологические исследования позволили установить характерные особенности микроstructures образцов говядины различных цветовых классов. Так образцы 1-го класса характеризуются однотипным состоянием ткани, рыхлым расположением мышечных волокон, присутствием поперечно-щелевидных трещин и единичных разрывов мышечных волокон (Рис. 1, 2). Данная микроструктура соответствует сырому с низким значением pH.

Структура мышечной ткани образцов 4-го класса соответствует сырому с нормальным значением pH, процессы созревания мяса находятся на начальном этапе формирования, существенных деструктивных изменений мышечных волокон не выявлено (Рис. 3, 4).

В образцах 5-го класса отмечается наиболее плотная компоновка мышечных волокон в первичном пучке, диаметр волокон больше, чем в других образцах, отмечается сглаживание поперечной и продольной исчерченности, присутствуют волокна с извилистой формой (Рис. 5, 6). Данные показатели характерны для сырого с высоким значением pH.

Данные гистологических исследований свидетельствуют о взаимосвязи между величиной pH, цветом и микроструктурой мышечной ткани, что согласуется с исследованиями Nurainia H. [15] и Palka K. [16].

Выводы

Установлена высокая степень корреляции между цветом и показателями pH, ВУС, потерями массы при варке и микроструктурой мышечной ткани.

Установленные взаимосвязи указывают на возможность проведения непосредственно на конвейере оценки и сортировки говядины на качественные группы по технологическим свойствам с помощью эталонов цвета для определения дальнейшего направления рационального использования.

widely. M. Abril et al. [11] established a strong correlation between the colorimetric parameters and the pH value. Also, the pH of raw meat significantly affects the color of the finished product (fried beef steaks), in particular a^* value [12]. The pH value shows a strong correlation with the structural and mechanical properties and sensory properties of beef [13], therefore, the sorting of meat by color, which correlates with pH (see above), is an objective express method for assessing quality.

S.M. Keady, S.M. Waters et al. [14] reported that shear force, tenderness and overall sensory perception show a strong correlation with the color of beef, which allows to predict the perception of meat by the consumer with considerable certainty.

The histological studies allowed to establish the characteristic features in the microstructure of beef samples of different color classes. Thus, samples of Class 1 are characterized by homogeneity of tissue properties, loose arrangement of muscle fibers, the presence of transverse slit cracks and single ruptures of muscle fibers (Figures 1, 2). This microstructure corresponds to raw material with low pH.

The structure of muscle tissue in samples of Class 4 corresponds to raw material with normal pH; meat ageing processes are at the initial stage; no significant destructive changes in muscle fibers have been detected (Figures 3, 4).

Samples of Class 5 have the densest arrangement of muscle fibers in the primary bundle; the diameter of fibers is larger than in other samples; the smoothing of transverse and longitudinal striation is noted; fibers with a sinuous shape are present (Figures 5, 6). These indicators are typical for raw materials with high pH.

Histological data indicate the relationship between the pH, color and microstructure of the muscle tissue, which is consistent with the studies of H. Nurainia [15] and K. Palka [16].

Conclusions

A strong correlation between the color and quality indicators (pH, WHC, weight loss during cooking and microstructure) of muscle tissue was established.

Established relationships support the possibility to assess and sort the beef into groups by technological properties in a conveyor environment using color standards to determine the further direction of rational use.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Еженедельный информационно-аналитический обзор Министерства сельского хозяйства Российской Федерации // № 4, 05.02.2016.
2. Соколова, А.П. Основные тенденции и перспективы развития мясного скотоводства в РФ / А.П. Соколова, Г.Н. Литвиненко, А.А.Исаева, С.А. Устьян // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2016. — № 117. — С. 525–239.
3. Состояние племенной базы мясного скотоводства России / Шаркаев В.И., Шаркаева Г.А. // В сборнике: Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ РАМЖ. 2016. С. 130–136.
4. Мирошников, С.А. Отечественное мясное скотоводство: проблемы и решения / С.А. Мирошников С.А. // Вестник мясного скотоводства. — 2011. — Т. 3. — № 64. — С. 7–12.
5. MSA Standards Manual for Beef Grading // Meat & Livestock Australia Limited — ISBN 1 74036 660 3, 2008.
6. Aalhus, J.L. Canadian beef grading — opportunities to identify carcass and meat quality traits valued by consumers / J.L. Aalhus, O. López-Campos, N. Prieto, A. Rodas-Gonzalez, M.E.R. Dugan, B. Uttaro, M. Juárez // Canadian Journal of Animal Science. — 2014. — V. 94. — № 4. — P. 545–556.
7. United States Standards for Livestock and Meat Marketing Claims, Doc. No. LS-02-02, FEDERAL REGISTER. — Vol. 67. — No. 250.
8. Meat Standards Australia beef information kit, Published by Meat & Livestock Australia Limited ABN: 39 081 678 364 © Meat & Livestock Australia, 2011 Released: January 2017.
9. Лисицын А.Б., Козырев И.В. Исследование цветовых характеристик мышечной и жировой тканей и мраморности говядины. Теория и практика переработки мяса. 2016;1(4):51–56. DOI:10.21323/2414-438X-2016-1-4-51-56.
10. Воловинская, В.Н. Разработка методов определения влагопоглощаемости мяса: научные труды ВНИИМП / В.Н. Воловинская, Б.Н. Кельман. — М.: ВНИИМП. — 1962. — Вып. 11. — С. 128–138.
11. Abril, M. Beef colour evolution as a function of ultimate pH / M. Abril, M.M. Campo, A. Onenc, C. Sanudo, P. Alberti, A.I. Negueruela, // Meat Science. — 2001. — V. 58. — № 1. — P. 69–78.
12. Ramanathan, R. Effects of succinate and pH on cooked beef color / R. Ramanathan, R.A. Mancini, G.A. Dady, C.B. Van Buiten // Meat Science. — 2013. — V. 93. — № 4. — P. 888–892.
13. Holdstock, J. The impact of ultimate pH on muscle characteristics and sensory attributes of the longissimus thoracis within the dark cutting (Canada B4) beef carcass grade / J. Holdstock, J.L. Aalhus, B.A. Uttaro, Ó. López-Campos, I.L. Larsen, H.L. Bruce // Meat Science. — 2014. — V. 98. — № 4. — P. 842–849.
14. Keady, S.M. Compensatory growth in crossbred Aberdeen Angus and Belgian Blue steers: Effects on the colour, shear force and sensory characteristics of longissimus muscle / S.M. Keady, S.M. Waters, R.M. Hamill, P.G. Dunne, M.G. Keane, R.I. Richardson, D.A. Kenny, A.P. Moloney. // Meat Science. — 2017. — V. 125. — P. 128–136.
15. Nurainia, H. Histomorphology and physical characteristics of buffalo meat at different sex and age / H. Nurainia, A. Winartob, C. Sumantria // Media Peternakan. — 2013. — Vol. 36. — No. 1. — P. 6–13.
16. Palka, K. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle / K. Palka // Meat Science. — 2003. — Vol. 64. — P. 191–198.

REFERENCES

1. The weekly informational and analytical review of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation // No. 4, 02.05.2016.
2. Sokolova, A.P. The main tendencies and the prospects of the development of meat cattle breeding in the Russian Federation / A.P. Sokolova, G.N. Litvinenko, A.A. Isaeva, S.A. Ustyan // Multidisciplinary online scientific journal of Kuban State Agrarian University. — 2016. — No. 117. — P. 525–239.
3. The condition of the breeding stock for meat cattle breeding in Russia / Sharkaev, V.I., Sharkaeva, G.A. // In the digest: Increasing the competitiveness of livestock and the staffing problem. Materials of the international scientific and practical conference. FGBOU Russian Academy of Management in Animal Production. — 2016. — P. 130–136.
4. Miroshnikov, S.A. Modern condition and development prospects of Russian beef cattle / S.A. Miroshnikov // The herald of beef cattle breeding. — 2011. — Vol. 3. — No. 64. — P. 7–12.
5. MSA Standards Manual for Beef Grading // Meat & Livestock Australia Limited — ISBN 1 74036 660 3, 2008.
6. Aalhus, J.L. Canadian beef grading — opportunities to identify carcass and meat quality traits valued by consumers / J.L. Aalhus, O. López-Campos, N. Prieto, A. Rodas-Gonzalez, M.E.R. Dugan, B. Uttaro, M. Juárez // Canadian Journal of Animal Science. — 2014. — V. 94. — № 4. — P. 545–556.
7. United States Standards for Livestock and Meat Marketing Claims, Doc. No. LS-02-02, FEDERAL REGISTER. — Vol. 67. — No. 250.
8. Meat Standards Australia beef information kit, Published by Meat & Livestock Australia Limited ABN: 39 081 678 364 © Meat & Livestock Australia, 2011 Released: January 2017.
9. Lisitsyn, A.B., Kozыrev, I.V. Researching of meat and fat color and marbling in beef. Theory and practice of meat processing. 2016;1(4):51–56. (In Russ.) DOI: 10.21323/2414-438X-2016-1-4-51-56.
10. Volovinskaya, V.N. Development of methods for determining the moisture absorption of meat: scientific works of VNIIMP / V.N. Volovinskaya, B.N. Kelman. — M.: VNIIMP. — 1962. — Vol. 11. — P. 128–138.
11. Abril, M. Beef colour evolution as a function of ultimate pH / M. Abril, M.M. Campo, A. Onenc, C. Sanudo, P. Alberti, A.I. Negueruela, // Meat Science. — 2001. — V. 58. — № 1. — P. 69–78.
12. Ramanathan, R. Effects of succinate and pH on cooked beef color / R. Ramanathan, R.A. Mancini, G.A. Dady, C.B. Van Buiten // Meat Science. — 2013. — V. 93. — № 4. — P. 888–892.
13. Holdstock, J. The impact of ultimate pH on muscle characteristics and sensory attributes of the longissimus thoracis within the dark cutting (Canada B4) beef carcass grade / J. Holdstock, J.L. Aalhus, B.A. Uttaro, Ó. López-Campos, I.L. Larsen, H.L. Bruce // Meat Science. — 2014. — V. 98. — № 4. — P. 842–849.
14. Keady, S.M. Compensatory growth in crossbred Aberdeen Angus and Belgian Blue steers: Effects on the colour, shear force and sensory characteristics of longissimus muscle / S.M. Keady, S.M. Waters, R.M. Hamill, P.G. Dunne, M.G. Keane, R.I. Richardson, D.A. Kenny, A.P. Moloney. // Meat Science. — 2017. — V. 125. — P. 128–136.
15. Nurainia, H. Histomorphology and physical characteristics of buffalo meat at different sex and age / H. Nurainia, A. Winartob, C. Sumantria // Media Peternakan. — 2013. — Vol. 36. — No. 1. — P. 6–13.
16. Palka, K. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle / K. Palka // Meat Science. — 2003. — Vol. 64. — P. 191–198.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Козырев Илья Владимирович — научный сотрудник, руководитель направления, Отдел научно-прикладных и технологических разработок, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.

Тел.: +7-495-676-97-71

E-mail: ikozyrev@vniimp.ru

Миттельштейн Татьяна Михайловна — старший научный сотрудник, Отдел научно-прикладных и технологических разработок, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26

Тел.: +7-495-676-97-71

E-mail: pervichka@vniimp.ru

Пчелкина Виктория Александровна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, экспериментальная клиника-лаборатория биологически активных веществ животного происхождения, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26

Тел.: +7-495-676-69-71

E-mail: pchelkina@vniimp.ru

Лисицын Андрей Борисович — доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26

Тел.: +7-495-676-95-11

E-mail: info@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 10.04.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Kozyrev Ilya Vladimirovich — research scientist, head of department, Department of applied scientific and technological development, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel.: +7-495-676-97-71

E-mail: ikozyrev@vniimp.ru

Mittelstein Tatyana Mikhailovna — senior research scientist, Department of applied scientific and technological development, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel.: +7-495-676-97-71

E-mail: pervichka@vniimp.ru

Pchelkina Viktoriya Alexandrovna — candidate of technical sciences, senior research scientist, Experimental clinic — laboratory of biologically active substances of an animal origin, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel.: +7-495-676-69-71

E-mail: pchelkina@vniimp.ru

Lisitsyn Andrey Borisovich — doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Director, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
109316, Moscow, Talalikhina str., 26

Tel.: +7-495-676-95-11

E-mail: info@vniimp.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 10.04.2017

MEAT PRODUCTIVITY THE QUALITY OF RAW MEAT OF ANIMALS OF KALMYK BREED NEW FACTORY LINES

МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МЯСНОГО СЫРЬЯ ЖИВОТНЫХ КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ НОВЫХ ЗАВОДСКИХ ЛИНИЙ

Pristupa V.N.¹, Kolosov A.Yu.¹, Torosayn D.V.¹, Kolosov Yu. A.¹,
Orlova O.N.², Dmitrieva L.S.², Eroshenko V.I.², Skripnik L.V.²

¹ Don state agrarian University, Persianovskiy, Rostov region, Russia

² The North- Caucasian branch of the V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, Rostov-Don, Russia

Ключевые слова: крупный рогатый скот, калмыцкая порода, новые линии, мясная продуктивность, говядина, показатели, аминокислота.

Keywords: cattle, Kalmyk breed, new lines, meat productivity, beef, indicators, amino acid.

Аннотация

Представлены результаты исследований новых заводских линий калмыцкой породы крупного рогатого скота: Пирата 6626, Похвального 8643 и Ожога 6136.

Для оценки мясной продуктивности, морфологического состава туш, физико-химического, аминокислотного и жирнокислотного составов мышечной ткани был проведен контрольный убой молодняка (бычков) в 15-месячном возрасте разной линейной принадлежности, который показал более высокую массу парной туши у бычков линии Пирата 6626 — 215,9 кг, Похвального 8643 и Ожога 6136 ниже — в среднем 212,5 кг. По убойной массе и убойному выходу бычки новых линий отличались незначительно и составили соответственно 221,4–223,9 кг (56,0%– 56,4%). Туши всех подопытных животных при убое характеризовались хорошим выходом обваленного мяса (82,3–82,6%) при относительно небольшом содержании костей (17,4–17,7%). У бычков линии Пирата 6626 влагосвязывающая способность выше на 1,96 и 1,09%, а потери сока при варке ниже на 0,76 и 0,90%, чем у бычков линии Похвального 8643 и Ожога 6136.

Анализ химического состава обваленного мяса показал более высокое содержание белка в мясе у бычков линии Похвального 8643 (23,41%), чем у бычков линии Пирата 6626 (20,95%) и Ожога 6136 (21,75%). Содержание жира в мясе у бычков линии Пирата 6626 и Ожога 6136 было выше, чем у бычков линии Похвального 8643 и составило 2,84 и 2,99%.

В белках животных трёх линий содержание незаменимых аминокислот превышает рекомендуемый ФАО/ВОЗ для человека, не имеется лимитирующих аминокислот.

Максимальный аминокислотный скор лицина в белках наблюдался у животных линии Пирата 6626 — на 3,6% выше линии Похвального 8643 и на 7,9% — линии Ожога 6136, лейцина и изолейцина в белках больше в линиях Пирата 6626 и Ожога 6136.

Аминокислота валин по расчетам сора была больше в белках мышц бычков линии Пирата 6626, её скор составил 120,0%, в белках Похвального 8643 — 110,0%, Ожога 6136 — 114,0%.

Скор аминокислоты метионин имел наименьшую разницу с эталонным белком у бычков линии Похвального 8643. Минимальная разница сора фенилаланина с эталонным белком наблюдалась также у бычков линии Похвального 8643 и составила 5,0%.

Abstract

The results of research are presented for new stud lines of Kalmyk cattle: Pirat 6626, Pokhvalny 8643, and Ozhog 6136.

To assess meat productivity, carcass morphological composition, physical and chemical properties, amino acid and fatty acid compositions of muscle tissue, control slaughter of young bulls (15 months old) of different breed lines was carried out. The slaughter showed a higher weight of fresh carcass in bulls of Pirat 6626 line, which was 215.9 kg. Weight of Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136 lines was lower, 212.5 kg in average. Bulls of new lines insignificantly differed by the dressed weight and slaughter yield amounted to 221.4 to 223.9 kg (56.0% to 56.4%), respectively. At slaughter, carcasses of all experimental animals were characterized by a good yield of deboned meat (82.3 to 82.6%) with a relatively small bone content (17.4 to 17.7%). Compared to bulls of Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136 lines, Pirat 6626 line had water binding capacity higher by 1.96 and 1.09%, and juice loss during cooking was lower by 0.76 and 0.90%.

Chemical composition analysis of deboned meat showed a higher protein content in meat from Pokhvalny 8643 bulls (23.41%) than from Pirat 6626 (20.95%) and Ozhog 6136 (21.75%) lines. Fat content in the meat of Pirat 6626 and Ozhog 6136 bulls was higher than in Pokhvalny 8643 bulls and amounted to 2.84 and 2.99%.

In proteins of animals from all three lines, the content of essential amino acids exceeds the levels recommended by FAO/WHO for humans; there are no limiting amino acids.

The maximum lysine amino acid score was observed in proteins of Pirat 6626 animals, which was higher by 3.6% than in Pokhvalny 8643 line and by 7.9% than in Ozhog 6136 line; leucine and isoleucine were higher in proteins of Pirat 6626 and Ozhog 6136 lines. Valine amino acid score was higher in muscle proteins of Pirat 6626 bulls (120.0%), than in the proteins of Pokhvalny 8643 (110.0%) and Ozhog 6136 (114.0%) lines.

In Pokhvalny 8643 bulls, methionine amino acid score had the smallest difference with the reference protein. The minimal difference in phenylalanine amino acid score with the reference protein was also observed in Pokhvalny 8643 bulls and amounted to 5.0%.

По результатам расчета биологической ценности белка более сбалансированным соотношением незаменимых аминокислот обладает линия Похвального 8643 — 89,7%, тогда как у линии Пирата 6626 и Ожога 6136 — 81,4 и 81,7% соответственно.

Различия в составе жирных кислот во внутримышечном жире бычков всех линий незначительные, но прослеживалось превосходство показателей линии Похвального 8643 по содержанию полиненасыщенных кислот на 0,48–0,33%.

Дегустационная оценка качества отварного мяса-говядины и мясного бульона от молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы новых линий — «хорошее» и «очень хорошее».

Введение

Мясо и мясные продукты — неотъемлемая часть ежедневного рациона человека, поэтому первоочередной задачей мясоперерабатывающей промышленности является максимальное удовлетворение запросов потребителя в количестве и качестве мясной продукции.

Для увеличения производства говядины важнейшим средством служит развитие специализированного мясного скотоводства. Его эффективность зависит от правильного подбора для разведения хорошо приспособленных импортных и отечественных пород. Среди специализированного мясного скота в России большое значение имеет калмыцкая порода, совершенствование которой проводится различными методами, в том числе посредством создания новых заводских линий [1–3].

Калмыцкая порода крупного рогатого скота мясного направления, выведенная длительным совершенствованием скота, приведенного кочевыми калмыцкими племенами около 350 лет назад из западной части Монголии, неприхотлива к кормам и условиям содержания, стойко сохраняет упитанность во время летних засух и длительных зимовок. Животные крепкой конституции, гармоничного сложения. Мясо обладает высокими вкусовыми качествами. Калмыцкую породу используют для улучшения мясных качеств молочных и молочно-мясных пород, а также для промышленного скрещивания. Разводят в Республике Калмыкия, Ростовской, Астраханской областях, Ставропольском крае и других районах РФ [4–5].

Разведение по линиям является основным элементом углубленной селекции, организационным мероприятием необходимой качественной

дифференциации и генеалогической структуризации стада, внутрипородного типа и породы, как при чистопородном разведении, так и в процессе воспроизводительного скрещивания [6–7].

В Южном федеральном округе учеными Донского государственного аграрного университета проводится целенаправленная работа по созданию новых селекционных линий в мясном скотоводстве. В результате в 2015 году Минсельхозпродом Ростовской области

According to the results of protein biological value calculation, Pokhvalny 8643 line has more balanced ratio of essential amino acids of 89.7%, while Pirat 6626 and Ozhog 6136 lines show ratios of 81.6% and 81.7%, respectively.

Differences in fatty acid composition of intramuscular fat from bulls of all three lines are insignificant, but Pokhvalny 8643 line shows some superiority in the content of polyunsaturated acids by 0.48 to 0.33%.

Sensory assessment of boiled beef and meat broth quality from new lines of Kalmyk young cattle was «good» and «very good».

Introduction

Meat and meat products are an integral part of daily diet in humans, so the primary goal of the meat-processing industry is to meet consumer's requests for the quantity and quality of meat products.

To increase the production of beef, the most important activity is the development of specialized beef cattle breeding. Its effectiveness depends on the correct selection of well-adapted imported and domestic breeds. Among the specialized beef cattle in Russia, Kalmyk breed is of great importance, because its improvement is carried out by various methods including the creation of new stud lines [1–3].

The Kalmyk breed of beef cattle developed by the long-term improvement of livestock brought by nomadic Kalmyk tribes from the western part of Mongolia about 350 years ago is unpretentious to fodder and maintenance conditions, stably keeps fatness during summer droughts and long winter periods. These animals are of sound constitution and harmonious appearance; meat has high taste qualities. Kalmyk breed is used to improve meat quality of dairy and beef-dairy breeds, as well as for industrial crossbreeding. These animals are bred in the Republic of Kalmykia, Rostov, Astrakhan, Stavropol and other regions of the Russian Federation [4–5].

Breeding within lines is the main component of the advanced selection and is used as the organizational measure of necessary qualitative differentiation and genealogical structuring of herd, intra-breed type and breed, both in pure breeding and in the process of reproductive crossbreeding [6–7].

In the Southern Federal District, scientists of the Don State Agrarian University carry out targeted work to create new breeding lines in beef cattle. As a result, in 2015 the Ministry of Agriculture and Food of the Rostov region carried out approbation and approved new stud lines

была проведена апробация и утверждены новые заводские линии калмыцкой породы крупного рогатого скота: Пирата 6626, Похвального 8643 и Ожого 6136.

Целью исследования являлось:

- сравнительная оценка мясной продуктивности бычков калмыцкой породы разной линейной принадлежности;
- изучение морфологических, физико-химических показателей мяса крупного рогатого скота новых заводских линий калмыцкой породы, аминокислотного состава мышечной ткани, состава жирных кислот внутримышечного жира.

Материалы и методы

Объектами исследований являлись:

- молодняк-бычки калмыцкой породы новых заводских линий: Пирата 6626, Похвального 8643 и Ожого 6136;
- продукты переработки молодняка крупного рогатого скота: туши и говядина.

Для изучения мясной продуктивности из массива животных каждой линии было отобрано по 3 головы бычков в 15-месячном возрасте, выращенных в СПК «Племзавод «МИР» (с. Ремонтное Ростовской области), отражающие средний уровень продуктивности своей линии.

Контрольный убой подопытных бычков был проведен в производственных условиях СПК «Племзавод «МИР».

Исследования по изучению качества мяса бычков калмыцкой породы разной линейной принадлежности были проведены в лабораториях Всероссийского научно-исследовательского института мясной промышленности им. В.М. Горбатова (Москва), Северо-Кавказский филиал Всероссийского научно-исследовательского института мясной промышленности им. В.М. Горбатова (Ростов-на-Дону) и Донского государственного аграрного университета (п. Персиановский Ростовской обл.).

Мясную продуктивность изучали по результатам контрольного убоя животных по общепринятым методикам Всероссийского научно-исследовательского института мясной промышленности им. В.М. Горбатова. Убойные качества определяли по предубойной живой массе, массе туши, массе внутреннего жира-сырца, убойной массе и убойному выходу.

Морфологический состав туш изучали путём обвалки туш после охлаждения в течение 24 часов при температуре от 0 до +4 °C. При этом изучали соотношение мякоти и костей.

Химический состав обваленного мяса подопытных животных определяли по общепринятой методике, в т.ч. для определения общей влаги — ГОСТ 33319; массовой доли общей золы — ГОСТ 31727-2012; содержания белка — метод Кьельдаля (ГОСТ 25011-81); жира — по Сокслету (ГОСТ 23042-86) [8–9].

of Kalmyk breed: Pirat 6626, Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136.

The purpose of the study was:

- comparative evaluation of meat productivity in young Kalmyk bulls of different lines;
- study of amino acid composition of muscle tissue, fatty acid composition of intramuscular fat, morphological, physical and chemical indicators of meat in new stud lines of Kalmyk breed.

Materials and methods

The objects of research were:

- young Kalmyk bulls of new stud lines: Pirat 6626, Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136;
- products of cattle processing: carcasses and beef.

To study meat productivity in young bulls, 3 animals (15 months of age) grown in SPK «Plemzavod MIR» farm (in the village of Remontnoye, Rostov region) and reflecting the average level of productivity of their line were taken form of each line.

The control slaughter of experimental young bull was carried out under the industrial conditions at SPK «Plemzavod MIR» farm.

Studies to evaluate meat quality of young Kalmyk bulls of different lines were conducted in the laboratories of the V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute (Moscow), North-Caucasian Branch of the V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute (Rostov-on-Don) and the Don State Agrarian University (the village of Persianovskiy, Rostov region).

Meat production was studied based on the results of control slaughter of animals according to the generally accepted methods of the V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute. The carcass parameters were determined by pre-slaughter live weight, carcass weight, internal raw fat weight, dressed weight and slaughter yield.

Morphological composition of the carcasses was studied by deboning the carcasses after chilling for 24 hours at a temperature of 0 to 4 °C. At the same time, the ratio of flesh and bones was studied.

Chemical composition of deboned meat of the experimental animals was determined according to the generally accepted methods: to determine total moisture content, GOST 33319 was used; total ash content — GOST 31727-2012; protein content — Kjeldahl method (GOST 25011-81); fat content according to Soxlet — GOST 23042-86 [8–9].

Исследовались образцы средней пробы измельченного мяса, пропущенного через волчок (мясорубку) с диаметром отверстий решетки 3 мм, и внутримышечного жира, полученные от бычков трех групп. Измельченное мясо хорошо перемешивали и из него отбирали среднюю пробу 400 г.

Содержание аминокислот и их соотношение изучали с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105/105М». Сравнение проводили согласно аминокислотной шкале Продовольственного комитета Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ).

Выделение липидов из образцов осуществляли экстракцией хлороформ/метанолом по методу Фолча.

Жирнокислотный состав определяли на газовом хроматографе HP 6890 фирмы «Hewlett Packard».

Измерения проводились с трехкратной повторностью. Обработка полученного материала проводилась с помощью общепринятого параметрического метода (t-критерий Стьюдента) с применением программы «Statistica 10.0».

Результаты и обсуждение

Результаты

При создании новых заводских линий калмыцкой породы ставилась цель закрепить у потомков Пирата 6626 высокую энергию роста и длиннотелость, Похвального 8643 — укрупненный тип телосложения и интенсивную долгорослость, а у Ожого 6136 — скороспелость и лучшее развитие тазового пояса.

Для оценки мясной продуктивности, морфологического состава туш, физико-химического, аминокислотного состава мышечной ткани, состава жирных кислот внутримышечного жира, был проведен контрольный убой молодняка (бычков) в 15-месячном возрасте разной линейной принадлежности.

Результаты контрольного убоя представлены в таблице 1.

Результаты контрольного убоя показали, что более высокую массу парной туши имели бычки линии

Average samples of ground meat passed through meat grinder with a hole diameter of 3 mm and intramuscular fat samples obtained from all three groups were studied. Ground meat was mixed well and average sample of 400 g was taken.

The content of amino acids and their ratio were studied using Capel 105/105M capillary electrophoresis system. The comparison was made according to the amino acid scale of the Food Committee of the World Health Organization (FAO/WHO).

Lipid isolation from the samples was carried out by chloroform/methanol extraction using the Folch method.

Fatty acid composition was determined using HP 6890 gas chromatograph by Hewlett Packard.

The measurements were carried out in triplicate. The processing of data obtained was carried out with the help of the standard parametric method (Student's t-test) using Statistica 10.0 software.

Results and discussion

Results

When creating new stud lines of Kalmyk breed, the goal was to consolidate high growth characteristics and long body in the descendants of Pirat 6626 line, enlarged constitution and intensive prolonged growth in Pokhvalny 8643 line, and early maturing and best development of pelvic girdle in Ozhog 6136 line.

To assess meat productivity, morphological composition of carcasses, physical and chemical properties, amino acid composition of muscle tissue, fatty acid composition of intramuscular fat, control slaughter of young animals (15 months of age) of different lines was carried out.

The results of control slaughter are presented in Table 1.

The results of control slaughter showed that the Pirat 6626 bulls had a higher fresh carcass weight, 215.9 kg in av-

Table 1. Meat productivity in young cattle of new stud lines

Таблица 1. Мясная продуктивность молодняка крупного рогатого скота новых заводских линий

Parameter Показатель	New stud lines of Kalmyk breed Заводские линии калмыцкой породы крупного рогатого скота		
	Pirat 6626 Пирата 6626	Pokhvalny 8643 Похвального 8643	Ozhog 6136 Ожого 6136
Pre-slaughter live weight, kg Предубойная живая масса, кг	400.0 ± 4.12	392.5 ± 4.30	396.7 ± 4.39
Fresh carcass weight, kg Масса парной туши, кг	215.9 ± 2.31	212.4 ± 1.96	212.6 ± 1.70
Internal raw fat weight, kg Масса внутреннего жира, кг	8.0 ± 0.56	9.0 ± 0.87	10.7 ± 0.39
Dressed weight, kg Убойная масса, кг	223.9 ± 2.87	221.4 ± 2.83	223.3 ± 2.09
Carcass yield, % Выход туши, %	54.0	54.1	53.6
Internal raw fat yield, % Выход внутреннего жира, %	2.0	2.3	2.7
Slaughter yield, % Убойный выход, %	56.0	56.4	56.3

Table 2. Morphological composition of carcasses from experimental young bulls

Таблица 2. Морфологический состав туш подопытных бычков

Parameter Показатель	New stud lines of Kalmyk breed Заводские линии калмыцкой породы крупного рогатого скота		
	Pirat 6626 Пирата 6626	Pokhvalny 8643 Похвального 8643	Ozhog 6136 Ожога 6136
Chilled carcass weight, kg Масса охлажденной туши, кг	211.6 ± 2.82	207.4 ± 3.26	208.3 ± 3.17
Deboned meat weight, kg Масса обваленного мяса, кг	74.8 ± 2.06	71.0 ± 2.56	71.6 ± 1.84
Deboned meat yield, % Выход обваленного мяса, %	82.6	82.4	82.3
Bone weight, kg Масса костей, кг	36.8 ± 0.76	36.4 ± 0.69	36.8 ± 0.84
Bone yield, % Выход костей, %	17.4	17.6	17.7
Meatness Коэффициент мясности	4.75	4.70	4.66

Пирата 6626 — в среднем 215,9 кг; Похвального 8643 и Ожога 6136 ниже — соответственно 212,4 и 212,6 кг.

Выход внутреннего жира был выше у бычков линии Ожога 6136 и составил 2,7%, против 2,0 и 2,3%, у бычков линии Пирата 6626 и Похвального 8643.

По убойной массе и убойному выходу бычки новых линий отличались незначительно и составили 221,4-223,9 кг и 56,0%- 56,4% соответственно.

Оценка морфологического состава туш у бычков новых линий приведена в таблице 2.

Туши всех подопытных животных при убое характеризовались хорошим выходом обваленного мяса (82,3 — 82,6%) при относительно небольшом содержании костей (17,4–17,7%).

Наиболее важным качественным показателем туши является коэффициент мясности, то есть отношение массы обваленного мяса к массе костей. Выход обваленного мяса на 1 кг костей у бычков линии Пирата 6626 составил 4,75, а у бычков линии Похвального 8643 и Ожога 6136 составил соответственно 4,70 и 4,66.

При оценке мясной продуктивности учитывали химический состав образцов средней пробы полученного обваленного мяса (таблица 3).

erage, while in Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136 lines these values were lower, 212.4 and 212.6 kg, respectively.

Internal raw fat yield was higher for the bulls of Ozhog 6136 line and amounted to 2.7% against 2.0 and 2.3%, for Pirat 6626 and Pokhvalny 8643 bulls.

Dressed weight and slaughter yield differed insignificantly and amounted to 221.4 to 223.9 kg and 56.0% to 56.4%, respectively.

Evaluation of morphological composition of carcasses from young bulls of new lines is given in Table 2.

At slaughter, carcasses of all experimental animals were characterized by a good yield of deboned meat (82.3 to 82.6%) with a relatively small bone content (17.4 to 17.7%).

The most important qualitative indicator of carcass is meatness, that is the ratio of deboned meat weight to bone weight. Deboned meat yield per 1 kg of bones in Pirat 6626 bulls was 4.75, while in Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136 lines it was 4.70 and 4.66, respectively.

When evaluating meat productivity, the chemical composition of average sample of obtained deboned meat was taken into account (Table 3).

Table 3. Physical and chemical parameters of average sample of deboned meat from young bulls of new lines of Kalmyk breed

Таблица 3. Физико-химические показатели средней пробы обваленного мяса бычков новых линий калмыцкой породы

Parameter Показатель	New stud lines of Kalmyk breed Заводские линии калмыцкой породы крупного рогатого скота		
	Pirat 6626 Пирата 6626	Pokhvalny 8643 Похвального 8643	Ozhog 6136 Ожога 6136
pH pH	5.9 ± 0.05	5.7 ± 0.03	5.8 ± 0.5
Moisture content, % Массовая доля влаги, %	75.06 ± 0.09	73.62 ± 0.14	74.22 ± 0.06
Dry matter, % Сухое вещество, %	24.94 ± 0.56	26.38 ± 0.94	25.78 ± 0.26
Including, %: В том числе, %:			
protein белок	20.95 ± 0.27	23.41 ± 0.44	21.75 ± 0.11
fat жир	2.84 ± 0.01	1.97 ± 0.03	2.99 ± 0.02
ash зола	1.15 ± 0.28	1.00 ± 0.47	1.04 ± 0.13
Water binding capacity, % of total moisture Влагосвязывающая способность, % к общей влаге	67.04 ± 0.02	65.08 ± 0.12	65.95 ± 0.12
Juice loss during cooking, % Потери сока при варке, %	22.64 ± 0.08	23.40 ± 0.11	23.54 ± 0.13
Energy value, kcal (kJ)/100 g Энергетическая ценность, ккал (кДж) /100 г	109/461	111/471	114/480

По содержанию в мясе сухого вещества наиболее высокий показатель у бычков линии Похвального 8643 — 26,38%. Это произошло, в основном, за счет более высокого содержания белка в мясе у бычков линии Похвального 8643 (23,41%), чем у бычков линии Пирата 6626 и Ожога 6136 (20,95 и 21,75%). При этом, содержание жира у бычков линии Пирата 6626 и Ожога 6136 было выше (2,84 и 2,99%), чем у бычков линии Похвального 8643 (1,97%).

Эти признаки являются косвенными показателями зрелости животных, так как известно, что отложение жира в условиях нормального кормления и содержания животных связано с изменением обмена веществ в организме. У скороспелых животных понижается интенсивность роста мускулатуры и других тканей, но усиливается накопление жира [10].

Важнейшим фактором, определяющим качество мяса является влагосвязывающая способность. Сочность, нежность, вкус и другие технологические свойства во многом зависят от способности мяса удерживать воду.

У бычков линии Пирата 6626 влагосвязывающая способность выше на 1,96 и 1,09%, чем у бычков линии Похвального 8643 и Ожога 6136, что связано с более высоким значением pH.

Потери сока при варке в тоже время, у бычков линии Пирата 6626 ниже на 0,76 и 0,90%, чем у бычков линии Похвального 8643 и Ожога 6136.

По энергетической ценности образцы мяса отличались незначительно. Энергетическая ценность 100 г говядины составила — 109/461 ккал/кДж линии Пирата 6626; 111/472 ккал/кДж — Похвального 8643; 114/480 ккал/кДж — Ожога 6136, что свидетельствует о диетических свойствах мяса бычков новых линий.

Анализ аминокислотного состава в мясе бычков новых линий показал наличие в нем всех незаменимых кислот (таблица 4).

В белках мяса животных всех трех линий содержание незаменимых аминокислот превышает рекомен-

The highest dry matter content was in meat from Pokhvalny 8643 bulls, which amounted to 26.38%. This was, basically, due to the higher protein content in meat from Pokhvalny 8643 bulls (23.41%) compared to meat from Pirat 6626 (20.95%) and Ozhog 6136 (21.75%) bulls. At the same time, fat content in Pirat 6626 and Ozhog 6136 bulls was higher (2.84 and 2.99%) than in Pokhvalny 8643 bulls (1.97%).

These characteristics are indirect indicators of animal maturity, since it is known that deposition of fat under conditions of normal feeding and maintenance is associated with changes in metabolism. In early-maturing animals, growth intensity of muscles and other tissues decreases, but the accumulation of fat increases [10].

The most important factor determining the meat quality is the water binding capacity. Juiciness, tenderness, taste and other technological properties largely depend on the ability of meat to retain water.

In Pirat 6626 line, water binding capacity is 1.96% and 1.09% higher than in Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136 lines, respectively, which is associated with a higher pH.

At the same time, juice loss during cooking in Pirat 6626 bulls is 0.76% and 0.90% lower than in Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136 animals.

Energy value in meat samples differed insignificantly. Energy value in 100 g of beef was 109/461 kcal/kJ in Pirat 6626 line; 111/472 kcal/kJ in Pokhvalny 8643 line; 114/480 kcal/kJ in Ozhog 6136 line, which indicates the nutritional properties of meat from bulls of new lines.

Analysis of the amino acid composition in the meat from bulls of new lines showed the presence of all essential acids (Table 4).

In animal protein of all three lines, the content of essential amino acids exceeds the level recommended by FAO/

Table 4. Essential amino acid content in proteins of muscle tissues from different breeds, mg per 1 g of protein

Таблица 4. Содержание незаменимых аминокислот в белках мышечной ткани бычков различных пород, мг на 1 г белка

Amino acid Аминокислота	Essential amino acid content Содержание незаменимых аминокислот			
	The FAO/WHO standard Эталон по FAO/ВОЗ	Pirat 6626 Пирата 6626	Pokhvalny 8643 Похвального 8643	Ozhog 6136 Ожога 6136
Lysine Лизин	55	61 ± 0.98	59 ± 0.89	57 ± 0.82
Leucine Лейцин	70	85 ± 0.77	73 ± 1.13	71 ± 0.83
Isoleucine Изолейцин	40	49 ± 0.59	45 ± 0.45	49 ± 0.64
Valine Валин	50	60 ± 0.62	55 ± 0.39	57 ± 0.89
Methionine + cysteine Метионин+цистеин	35	41 ± 0.30	38 ± 0.28	39 ± 0.66
Threonine Треонин	40	46 ± 0.29	42 ± 0.50	46 ± 0.27
Tryptophan Триптофан	10	13 ± 0.84	13 ± 0.16	15 ± 0.18
Phenylalanine + tyrosine Фенилаланин + тирозин	60	67 ± 0.73	63 ± 0.49	65 ± 0.36

Table 5. Biological value indicators of beef muscle tissue proteins

Таблица 5. Показатели биологической ценности белков мышечной ткани говядины

Amino acid Аминокислота	Amino acid score, % Аминокислотный скор (АС), %		
	Pirat 6626 Пирата 6626	Pokhvalny 8643 Похвального 8643	Ozhog 6136 Ожога 6136
Lysine Лизин	110.9	107.3	103.0
Leucine Лейцин	121.4	104.3	121.4
Isoleucine Изолейцин	122.5	112.5	122.5
Valine Валин	120.0	110.0	114.0
Methionine + cysteine Метионин + цистеин	117.1	108.6	111.4
Threonine Треонин	115.0	105.0	115.0
Tryptophan Триптофан	130.0	130.0	150.0
Phenylalanine + tyrosine Фенилаланин + тирозин	111.7	105.0	108.3
Amino acid score difference, % КРАС, %	18.6	10.3	18.3
Biological value, % БЦ, %	81.4	89.7	81.7

дурейший ФАО/ВОЗ для человека, что говорит о том, что полученное мясо сбалансировано по аминокислотному составу и усвояемость белков животного происхождения равна 100% (таблица 5).

Анализ аминокислотного сора, свидетельствующего о полноценности белка, показал, что в белках говядины всех линий бычков не имеется лимитирующих аминокислот. Максимальный аминокислотный скор лизина в белках наблюдался у животных линии Пирата 6626. Лейцина и изолейцина выше в белках мышечной ткани бычков линий Пирата 6626 и Ожога 6136.

Полноценного белка валина по результатам расчета сора было больше в белках мышц животных линий Пирата 6626, их скор составил 120,0%, Похвального 8643 — 110,0%, Ожога 6136 — 114,0%. Скор аминокислоты метионин и треонин с меньшей разницей к эталонному белку на стороне бычков линии Похвального 8643. Минимальная разница сора фенилаланина с эталонным белком наблюдалась также у бычков линии Похвального 8643 и составила — 105,0%.

По результатам расчета биологической ценности белка более сбалансированным соотношением незаменимых аминокислот обладает линия Похвального 8643 — 89,7%, тогда как у линии Пирата 6626 и ожога 6136 — 81,4 и 81,7% соответственно.

Различия в составе жирных кислот были небольшие.

Состав жирных кислот внутримышечного жира представлен в таблице 6.

Оценка содержания полиненасыщенных кислот позволила отметить достаточно высокую их концентрацию во внутримышечном жире бычков всех пород. Так, общее их содержание в образцах линии Пирата 6626 составило 5,24%, Похвального 8643 — 5,72% и Ожога 6136 — 5,39%. Различия были незначительные, но все же прослеживалось превосходство данных пока-

WHO for humans, which means that the meat obtained is balanced by amino acid composition and that the digestibility of these animal proteins is 100% (Table 5).

Analysis of the amino acid score indicating the protein value showed that the beef proteins of all three lines had no limiting amino acids. The maximum lysine amino acid score was observed in proteins of animals in Pirat 6626 line. Leucine and isoleucine content was higher in muscle proteins of Pirat 6626 and Ozhog 6136 lines.

Valine content was higher in muscle proteins of animal from Pirat 6626 line with score of 120.0% compared to Pokhvalny 8643 (110.0%) and Ozhog 6136 (114.0%). Methionine and threonine amino acid scores had smaller difference from the reference protein in Pokhvalny 8643 line. The minimum difference from the reference protein in phenylalanine amino acid score was also observed in Pokhvalny 8643 line (105.0%).

According to calculation results of protein biological value, Pokhvalny 8643 line had more balanced ratio of essential amino acids (89.7%), while in Pirat 6626 and Ozhog 6136 lines this parameter was 81.6% and 81.7%, respectively.

Differences in fatty acid composition were insignificant.

Fatty acid composition of intramuscular fat is presented in Table 6.

Estimation of polyunsaturated fatty acid content showed their high concentration in intramuscular fat of all breeds. Thus, their total content in Pirat 6626 line samples was 5.24%, and in Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136 lines this value was 5.72% and 5.39%, respectively. The differences were insignificant, but nevertheless, the superiority of these indicators in Pokhvalny 8643 line by 0.48% and

Table 6. Fatty acid composition of intramuscular fat, %

Таблица 6. Состав жирных кислот внутримышечного жира, %

Fatty acid designation Условное обозначение жирной кислоты	Fatty acid name Наименование жирной кислоты (ЖК)	New stud lines of Kalmyk breed Линия		
		Pirat 6626 Пирата 6626	Pokhvalny 8643 Похвального 8643	Ozhog 6136 Ожога 6136
Saturated fatty acids Насыщенные ЖК		44.89 ± 0.47	44.24 ± 0.45	41.82 ± 0.48
C _{14:0}	Myristic Миристиновая	2.88 ± 0.16	3.23 ± 0.14	2.61 ± 0.15
C _{16:0}	Palmitic Пальмитиновая	25.02 ± 0.25	24.23 ± 0.26	23.12 ± 0.23
C _{18:0}	Stearic Стеариновая	16.99 ± 0.21	16.78 ± 0.25	16.09 ± 0.24
Monounsaturated fatty acids Мононенасыщенные ЖК		39.76 ± 0.33	38.76 ± 0.32	39.38 ± 0.31
C _{14:1}	Myristoleic Миристолеиновая	0.19 ± 0.14	0.27 ± 0.13	0.21 ± 0.11
C _{16:1}	Palmitoleic Пальмитолеиновая	3.84 ± 0.02	3.98 ± 0.04	4.05 ± 0.01
C _{18:1}	Oleic Олеиновая	35.73 ± 0.33	34.51 ± 0.32	35.12 ± 0.31
Polyunsaturated fatty acids Полиненасыщенные ЖК		5.24 ± 0.18	5.72 ± 0.16	5.39 ± 0.17
C _{18:2}	Linolic Линолевая	3.89 ± 0.11	4.12 ± 0.13	3.77 ± 0.12
C _{18:3}	Linolenic Линоленовая	0.84 ± 0.01	0.98 ± 0.08	0.90 ± 0.03
C _{20:4}	Arachidonic Арахидоновая	0.51 ± 0.18	0.62 ± 0.11	0.72 ± 0.09

зателей линии Похвального 8643 над линией Пирата 66,26 и линией Ожога 6136 на 0,48 и 0,33% соответственно. Во внутримышечном жире бычков олеиновая жирная кислота имела самое высокое содержание — от 34,51% до 35,73%, содержание пальмитиновой кислоты составило 23,12 — 25,02%, стеариновой от 16,09% до 16,99%. Внутримышечный жир бычков линии Ожога 6736 характеризовался меньшим содержанием насыщенных жирных кислот по сравнению со сверстниками из других линий, по пальмитиновой кислоте на 1,90% и 1,11%, стеариновой — 0,90% и 0,69% и миристиновой — 0,27% и 0,62% соответственно.

Дегустационная оценка качества отварного мяса говядины и мясного бульона от молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы новых линий — «хорошее» и «очень хорошее».

Обсуждение

Живая масса животных является породным, хозяйственным и селекционным признаком, подверженным постоянным изменениям. У растущего молодняка изменения живой массы связаны с накоплением органических веществ различного состава, с ростом отдельных органов, тканей и отложением запасных веществ. Однако увеличение живой массы не отражает преобразований, которые происходят в туше и тканях.

Для селекционного процесса мясные достоинства, скороспелость и готовность животного к убою необходимо оценить не только по достигнутым к определенному возрасту живой массе и по соотношению в туше мышц, жира, костей, сухожилий [11].

При откорме молодняка нужно стремиться к получению в молодом возрасте крупных животных с ми-

0.33% compared to Pirat 6626 and Ozhog 6136 lines, respectively, was observed. In intramuscular fat of bulls, oleic fatty acid had the highest content (34.51% to 35.73%), palmitic acid content was 23.12% to 25.02%, stearic acid content was 16.09% to 16.99%. Intramuscular fat of Ozhog 6736 line was characterized by a lower content of saturated fatty acids compared to other lines, palmitic acid was lower by 1.90% and 1.11%, stearic acid was lower by 0.90% and 0.69% and myristic acid was lower by 0, 27% and 0.62%, respectively.

Sensory assessment of boiled beef and meat broth quality from new lines of Kalmyk young cattle was «good» and «very good».

Discussion

Live weight of animals is economic and breeding characteristic subject to constant changes. In growing young bulls, changes in live weight are associated with accumulation of different organic substances, with growth of individual organs and tissues and with deposition of reserve energetic substances. However, the increase in live weight does not reflect the transformations that occur in carcass and tissues.

For breeding process, meat content, early maturity and readiness for slaughter must be assessed not only by live weight in a certain age and by the ratio of muscles, fat, bones, and tendons in the carcass [11].

When fattening young bulls, we should obtain large animals at young age with a minimum content of low value

нимальным содержанием малоценных частей в туше и желательным соотношением белка и жира. Процессы роста и формирования тканей в организме молодняка у различных пород и внутрипородных структурных элементов происходят с различной интенсивностью и заканчиваются в разное время [12-13].

Изучение мясной продуктивности и морфологического состава туш дает преимущественно количественную характеристику мясных качеств животного.

Вкусовые качества мяса и его пищевая ценность зависят от химического состава мяса, содержания в нем влаги, белков, жиров, аминокислотного и жирнокислотного состава и др.

Полную оценку мясной продуктивности и пищевой ценности мяса новых линий можно дать лишь на основании количественной оценки всех этих факторов.

Выводы:

- Важнейшим направлением увеличения производства говядины является создание новых линий и повышение продуктивных качеств крупного рогатого скота калмыцкой породы.
- Туши бычков новых заводских линий калмыцкой породы: Пирата 6626, Похвального 8643 и Ожога 6136 при убое характеризовались хорошим выходом обваленного мяса (82,3–82,6%) при относительно небольшом содержании костей (17,4–17,6%).
- Анализ химического состава обваленного мяса животных новых линий показал более высокое содержания белка в мясе у бычков линии Похвального 8643 (23,41%), чем у бычков линии Пирата 6626 и Ожога 6136 (20,95 и 21,75%).
- В белках мяса животных трех линий содержание незаменимых аминокислот превышает рекомендуемый ФАО/ВОЗ для человека, не имеется лимитирующих аминокислот.
- Мясо бычков линии Похвального 8643 являлось наиболее биологически полноценным по аминокислотному составу и их соотношению — 89,7%, тогда как у линии Пирата 6626 и Ожога 6136 — 81,4 и 81,7% соответственно.
- Различия в составе жирных кислот во внутримышечном жире бычков всех линий были небольшие. По содержанию полиненасыщенных кислот линия Похвального 8643 — 5,72% превосходит линию Пирата 6626 на 0,48% и Ожога 6136 на 0,33%.
- Внутримышечный жир бычков линии Ожога 6136 характеризовалась наименьшим содержанием насыщенных жирных кислот.
- Разведение и накопление крупного рогатого скота новых заводских линий позволит поставлять для убоя и получать высококачественную говядину от 15-месячных потомков Пирата 6626 и Ожога 6136. Бычков линии Похвального 8643 можно интенсивно выращивать до более старшего возраста и получать тяжеловесную не пережиренную тушу.

parts in carcass and the desired ratio of protein and fat. The processes of growth and formation of tissues in the body of young animals of different breeds and lines occurs with different intensity and stops at different time [12–13].

The study of meat productivity and morphological composition of carcasses gives a predominantly quantitative characterization of beef bull quality.

Meat taste and nutritional value depend on the chemical composition, moisture, protein and fat content, amino acid and fatty acid composition, etc.

Full evaluation of meat productivity and nutritional value of meat from new lines is possible only on the basis of quantitative evaluation of all these factors.

Conclusion:

- To increase the production of beef, the most important activity is the development of new lines and the increase of productivity characteristics of Kalmyk cattle.
- At slaughter, carcasses of young bulls from new stud lines of Kalmyk breed: Pirat 6626, Pokhvalny 8643 and Ozhog 6136 are characterized by good yield of deboned meat (82.3 to 82.6%) with a relatively small bone content (17.4 to 17.6%).
- Chemical composition analysis of deboned meat from new lines showed a higher protein content in the meat of Pokhvalny 8643 bulls (23.41%) compared to Pirat 6626 and Ozhog 6136 (20.95 and 21.75%) bulls.
- In proteins of animals from all three lines, the content of essential amino acids exceeds the levels recommended by FAO/WHO for humans; there are no limiting amino acids.
- Meat of Pokhvalny 8643 bulls is the most biologically valuable in terms of amino acid composition and their ratio (89.7%), while these values for Pirat 6626 and Ozhog 6136 lines are 81.4% and 81.7%, respectively.
- Differences in fatty acid composition in intramuscular fat of the bulls in all three lines were insignificant. The content of polyunsaturated acids in Pokhvalny 8643 line is 5.72%, which is higher than in Pirat 6626 and Ozhog 6136 lines by 0.48% and 0.33%, respectively.
- Intramuscular fat from Ozhog 6136 bulls is characterized by the lowest content of saturated fatty acids.
- Breeding and increasing the cattle number of new stud lines will allow producing high-quality beef from 15-month-old bulls of Pirat 6626 and Ozhog 6136 lines. Bulls of Pokhvalny 8643 line may be intensively grown up to an older age to receive heavy carcass with no fat excess.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кавардаков, В.Я. Современное состояние и проблемы технологического развития скотоводства Российской Федерации / В.Я. Кавардаков, А.И. Бараников, А.Ю. Колосов, А.Ф. Кайдалов, Г.М. Бажов, В.Н. Бевзюк, О.В. Степанова // Аграрный вестник Урала. — 2013. — Т. 9. — № 115. — С. 33–36.
2. Колосов, Ю.А. Влияние ритмичного кормления на эффективность производства говядины / Ю.А. Колосов, И.В. Капеллист, П.И. Зеленков, П.С. Кобыляцкий // Аграрный вестник Урала. — 2010. — Т. 12. — № 79. — С. 44–46.
3. Крупный рогатый скот. Калмыцкая порода коров. [Электронный ресурс: <http://fermerznaet.com/zhivotnovodstvo/krs/kalmyckaya-poroda.html>] . Дата обращения 01.06.2017]
4. Каюмов, Ф.Г. Калмыцкая порода КРС в России: современное состояние / Ф.Г. Каюмов // Нивы Зауралья. — 2014. — №10 (121). — С. 74–76.
5. Аджаев, В.И. Калмыцкая порода мясного скота / В.И. Аджаев // Вестник мясного скотоводства. — 2010. — Т. 3. — № 63. — С. 24–34.
6. Приступа, Е.Н. Организационно-экономическая оценка вновь создаваемых заводских линий скота калмыцкой породы. / Е.Н. Приступа, А.В. Казьмин, В.Н. Приступа. [Электронный ресурс: <http://www.rusagroug.ru/articles/2087> . Дата обращения 10.05.2017]
7. Еременко, В. К. Совершенствование мясных пород скота / В.К. Еременко, А. Г. Зелепухин // Молочное и мясное скотоводство. — 2005. — № 6. — С. 17–19.
8. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. — М.: Брандес-Медицина, 1998. — 341 с.
9. Лисицын А.Б. Методы практической биотехнологии. Анализ компонентов и микропримесей в мясных и других пищевых продуктах / А.Б. Лисицын, А.Н. Иванкин, А.Д. Неклюдов. — М.: ВНИИМП, — 2002. — 408 с.
10. Колосов, Ю.А. Некоторые особенности экстерьера молодняка различного происхождения / Ю.А. Колосов, И.В. Засемчук, Т.С. Романец, М.Е. Маенко // Вестник Донского государственного аграрного университета. — 2014. — № 2 (12). — С. 19–25.
11. Мусаев Ф.А., Морозова Н.И. Инновационные технологии в производстве говядины. Монография. Рязань: РГАТУ. — 2014 — 160 с. ISBN 978-5-98660-200-4.
12. Бельков, Г.В. Использование зарубежных пород для повышения продуктивности отечественного крупного рогатого скота / Г.В. Бельков // Вестник мясного скотоводства. — 2010. — Т. 3. — № 63. — С. 107–114.
13. Половинко, Л. М. Совершенствование животных калмыцкой породы на основе высокопродуктивных внутрипородных типов / Л.М. Половинко, Ф.Г. Каюмов, Е.Д. Куш, Г.П. Легошин, М.Ю. Половинко // Молочное и мясное скотоводство. — 2016. — № 6. — С. 11–14.

REFERENCES

1. Kavardakov, V.Ya. The modern condition and problems the technological development of cattle breeding in Russian Federation / V.Ya. Kavardakov, A.I. Baranikov, A.Y. Kolosov, A.F. Kaydalov, G.M. Bazhov, V.N. Bevzyuk, O.V. Stepanova // Agrarian Bulletin of the Urals. — 2013. — Vol. 9. — № 115. — P. 33–36.
2. Kolosov, J.A. Influence of rhythmical feeding on production efficiency of beef / J.A. Kolosov, I.V. Kapelist, P.I. Zelenkov, P.S. Kobylatski // Agrarian Bulletin of the Urals. — 2010. — Vol. 12. — № 79. — P. 44–46.
3. Cattle. The Kalmyk breed cows. [Electronic resource: <http://fermerznaet.com/zhivotnovodstvo/krs/kalmyckaya-poroda.html>. Access date 01.06.2017]
4. Kayumov, F. G. Kalmyk breed of cattle in Russia: current status / Kayumov F. G. // Niva Urals. — 2014. — № 10 (121). — P. 74–76.
5. Adzhaev, V. I. Kalmyk breed of beef cattle/ V. I. Adzhaev // The herald of beef cattle breeding. — 2010. — Vol. 3. — № 63. — P. 24–34.
6. Pristupa, E. N. Organizational-economic evaluation of the newly created factory lines of cattle of Kalmyk breed. / E.N. Pristupa, A.V. Kazmin, V.N. Pri-stupa. [Electronic resource: <http://www.rusagroug.ru/articles/2087>. Access date 10.05.2017]
7. Eremenko, V.K. Improvement of meat breeds of cattle / V.K. Eremenko, A. G. Zelepugin // Dairy and Beef Cattle Breeding. — 2005. — № 6. — P. 17–19.
8. Manual of methods of analysis of the quality and safety of food products / Under the editorship I.M. Skurikhin, Tutelian V.A. — M.: Brandes-Medicine, 1998. — 84–93.
9. Lisitsyn, A. B., Methods of practical biotechnology. Analysis of components and traces in meat and other food products / A.B. Lisitsyn, A.N. Ivankin, A.D. Nekludov. — M.: VNIIMP, — 2002. — 408 p.
10. Kolosov, Yu.A. Exterior features some young different origin / Yu.A. Kolosov, I.V. Zasechuk, T.S. Romanets, M.E. Maenko // Vestnik of Don State Agrarian University. — 2014. — № 2 (12). — P. 19–25.
11. Musaev F. A., Morozova N. I. Innovative technologies in beef production. Monograph. Ryazan: RGATU. — 2014 — 160 p. ISBN 978-5-98660-200-4
12. Belkov, G. V. Use of foreign breeds for the productivity increase of domestic beef cattle / G.V. Belkov // The herald of beef cattle breeding. — 2010. — Vol. 3. — № 63. — P. 107–114.
13. Polovinko, L.M. Improvement of animal of Kalmyk breed on the base of high-productive intr-breed types / L.M. Polovinko, F.G. Kayumov, E.D. Kush, G.P. Legoshin, M.U. Polovinko // Dairy and Beef Cattle Breeding. — 2016. — №. 6. — P. 11–14.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Приступа Василий Николаевич — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра частной зоотехнии и кормления сельскохозяйственных животных, Донской государственной аграрный университет
346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24
Тел.: +7-86360- 3-65-08
E-mail: dongau@mail.ru

Колосов Анатолий Юрьевич — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра информатики, моделирования и статистики, Донской государственной аграрный университет
346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24
Тел.: +7-86360- 3-65-08
E-mail: kolosov777@gmail.com.

Торосян Диана Вартановна — аспирант, Донской государственной аграрный университет
346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24
Тел.: +7-86360- 3-65-08
E-mail: dongau@mail.ru

Колосов Юрий Анатольевич — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра частной зоотехнии и кормления сельскохозяйственных животных, Донской государственной аграрный университет
346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24
Тел.: +7-86360- 3-64-89
E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Орлова Ольга Николаевна — кандидат экономических наук, директор, Северо-Кавказский филиал — Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова
344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Лермонтовская, 203
Тел.: +7-863-264-67-62
E-mail: WNIIMP-DON@yandex.ru

Дмитриева Людмила Сергеевна — старший научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал — Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В. М. Горбатова
344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Лермонтовская, 203
Тел.: +7-863-264-67-62
E-mail: WNIIMP-DON@yandex.ru

Ерошенко Валентина Ивановна — научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал — Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В. М. Горбатова
344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Лермонтовская, 203
Тел.: +7-863-264-67-62
E-mail: WNIIMP-DON@yandex.ru

Скрыпник Людмила Владимировна — научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал — Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В. М. Горбатова
344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Лермонтовская, 203
Тел.: +7-863-264-67-62
E-mail: WNIIMP-DON@yandex.ru

Критерии авторства

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 31.05.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Pristupa Vasily Nikolaevich — doctor of agricultural sciences, professor, chair of private animal husbandry and feeding of agricultural animals, Don State Agrarian University
346493, Rostov region, Oktyabrsky district, village Persianovskiy, Krivoshlykova str., 24
Tel: +7-86360- 3-65-08
E-mail: dongau@mail.ru

Kolosov Anatoly Yurievich — candidate of agricultural sciences, doцент, Department of computer science, modeling and statistics, Don State Agrarian University
346493, Rostov region, Oktyabrsky district, village Persianovskiy, Krivoshlykova str., 24
Tel: +7-86360- 3-65-08 E-mail: kolosov777@gmail.com.

Torosyan Diana Vartanovna — graduate student, Don State Agrarian University
346493, Rostov region, Oktyabrsky district, village Persianovskiy, Krivoshlykova str., 24
Tel: +7-86360- 3-65-08
E-mail: dongau@mail.ru

Kolosov Yuri Anatolievich — doctor of agricultural sciences, professor, chair of private animal husbandry and feeding of agricultural animals, Don State Agrarian University
346493, Rostov region, Oktyabrsky district, village Persianovskiy, Krivoshlykova str., 24
Tel: +7-86360- 3-64-89
E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Orlova Olga Nikolaevna — candidate of economic sciences, director, The North-Caucasian branch of the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
344000, Rostov-Don, Lermontovskaya str., 203
Tel: 8-863-264-67-62
E-mail: WNIIMP-DON@yandex.ru

Dmitrieva Lyudmila Sergeevna — senior research scientist, The North-Caucasian branch of the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
344000, Rostov-Don, Lermontovskaya str., 203
Tel: 8-863-264-67-62
E-mail: WNIIMP-DON@yandex.ru

Eroshenko Valentina Ivanovna — research scientist, The North-Caucasian branch of the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
344000, Rostov-Don, Lermontovskaya str., 203
Tel: 8-863-264-67-62
E-mail: WNIIMP-DON@yandex.ru

Skrpnik Ludmila Vladimirovna — research scientist, The North-Caucasian branch of the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute
344000, Rostov-Don, Lermontovskaya str., 203
Tel: 8-863-264-67-62
E-mail: WNIIMP-DON@yandex.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 31.05.2017

