



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

# ***THEORY AND PRACTICE OF MEAT PROCESSING***

# ***ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПЕРЕРАБОТКИ МЯСА***

Vol. I (2), 2016

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

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение «Всероссийский  
научно-исследовательский институт мясной  
промышленности имени В.М. Горбатова»

Federal State Budgetary Scientific Institution  
«The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research  
Institute» (FGBNU V.M. Gorbatov VNIIMP).

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

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

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение «Всероссийский  
научно-исследовательский институт мясной  
промышленности имени В.М. Горбатова»

Federal State Budgetary Scientific Institution  
«The V.M. Gorbatov All-Russian  
Meat Research Institute»

**Главный редактор:**

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

**Заместитель главного редактора:**

**Чернуха Ирина Михайловна**, доктор технических  
наук, профессор, главный научный сотрудник  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт мясной промышленности  
им. В.М. Горбатова», г. Москва, Россия

**Научный редактор:**

**Горбунова Наталья 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».

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре  
Регистрационные данные:

ПИ № ФС77-60789 от 11.02.2015 года

ЭЛ № ФС 77-60810 от 11.02.2015 года

ISSN 2414-438X (Print)

ISSN 2414-441X (Online)

**Редакционная коллегия:**

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

**Белозеров Георгий Автономович**, доктор  
технических наук, директор 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, исполняющий обязанности  
директора Института гигиены и технологии мяса,  
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  
ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания,  
биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

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

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

**Римарева Любовь Вячеславовна**, доктор технических  
наук, профессор, чл.-корр. РАН, заместитель директора  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
пищевой биотехнологии- филиал ФГБУН «Федеральный  
исследовательский центр питания, биотехнологии и  
безопасности пищи», г. Москва, Россия

**Рудь Андрей Иванович**, доктор сельскохозяйственных  
наук, заместитель руководителя Селекционно-  
технологического центра по свиноводству 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:  
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”.

**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, 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».

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре  
Регистрационные данные:

ПИ № ФС77-60789 от 11.02.2015 года  
ЭЛ № ФС 77-60810 от 11.02.2015 года

**ISSN 2414-438X (Print)**

**ISSN 2414-441X (Online)**

**Editorial board:**

**Bazhenova Baiana Anatolievna**, doctor of technical sciences, docent of the chair “Meat and canned product technology”, FGBOU VPO East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

**Belozero Georgy Avtonomovich**, doctor of technical sciences, Director 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, acting 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, deputy administrator of the Center for Swine Selection Technologies 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, Sagami-hara, 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, Krasnodar, Russia

## СОДЕРЖАНИЕ

Крал, М., Хонзиркова К., Поспич М., Треллова Б., Здарский М. ВЛИЯНИЕ ТРАДИЦИОННОГО ИЛИ ШОКОВОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ НА ПОТЕРИ ПРИ РАЗМОРАЖИВАНИИ И СТРУКТУРНО- МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОВЯДИНЫ .... 6	6
Забалуева Ю.Ю., Баженова Б.А., Назимова К.С. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ИННОВАЦИОННОГО СЫРОКОПЧЕНОГО ПРОДУКТА ИЗ СВИНИНЫ ..... 10	10
Туниева Е.К., Дедерер И. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЛЕЙ НАТРИЯ, КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ БЕЛКОВ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ.....19	19
Каменик Д., Дучкова М. МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ И ИХ РОЛЬ В ПЕРЕРАБОТКЕ МЯСА ..... 25	25
Гиро Т.М., Егорова Ж.Г., Авдеенко В.С., Молчанов А.В. ПРИЖИЗНЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО МЯСНОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ МЕХАНИЗМОВ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СВИНОК ..... 32	32
Лисицын А.Б., Ивашов В.И., Каповский Б.Р., Кожевникова О.Е. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ БЛОЧНОГО ЗАМОРОЖЕННОГО МЯСА МНОГОЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ..... 46	46
Афонюшкин В.Н., Табанюхов К.А. Черепушкина В.С., Хоменко Ю.С., Татарчук О.П. ВЛИЯНИЕ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ПЕРСУЛЬФАТА КАЛИЯ, ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА, ГЛУТАРАЛЬДЕГИДА И ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЙНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПАТОГЕНОВ, СПЕЦИФИЧНЫХ ДЛЯ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ..... 54	54
Гущин В.В., Стефанова И.Л., Красюков Ю.Н., Шахназарова Л.В. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО НАГРЕВА НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЯСА ИНДЕЙКИ, ОБОГАЩЕННОГО ЛЬНЯНЫМ МАСЛОМ..... 62	62
Лисицын А.Б., Никитина М.А., Захаров А.Н., Сусь Е.Б., Насонова В.В., Лебедева Л.И. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ..... 75	75

## CONTENTS

Kral M., Honzirkova K., Pospiech M., Tremlova B., Zdarsky M. THE EFFECT OF CONVENTIONAL AND SHOCK FREEZING ON DRIP LOSS AND TEXTURAL PARAMETERS OF BEEF MEAT ..... 6	6
Zabalueva Yu. Yu., Bazhenova B.A., Nazimova K.S. NUTRITIONAL VALUE OF NEW UNCOOKED SMOKED PORK PRODUCT ..... 10	10
Tunieva E.K., Dederer I. STUDY OF SODIUM, POTASSIUM, AND CALCIUM SALTS INFLUENCE ON PROTEIN STABILITY BY DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY ..... 19	19
Kameník J., Dušková M. LACTIC ACID BACTERIA AND THEIR ROLE IN THE MEAT PROCESSING..... 25	25
Giro T.M., Egorova Zh.G., Avdeenko V.S., Molchanov A.V. ANTE-MORTEM FORMATION OF THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MEAT RAW MATERIAL BY INTENSIFICATION OF THE MECHANISMS OF THE METABOLIC PROCESSES IN GILTS..... 32	32
Lisitsyn A.B., Ivashov V.I., Kapovsky B.R., Kozhevnikova O.E. STATISTICAL ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION DURING THE CUTTING OF FROZEN MEAT BLOCKS USING MULTIPLE EDGE TOOL ..... 46	46
Afonyushkin V.N., Tabanyukhov K.A., Cherepushkina V.S., Khomenko Yu.S., Tatarchuk O.P. EFFECT OF DISINFECTANTS BASED ON POTASSIUM PERSULFATE, HYDROGEN PEROXIDE, GLUTARALDEHYDE AND QUATERNARY AMMONIUM COMPOUNDS ON THE GENETIC MATERIAL OF THE PATHOGEN BACTERIA SPECIFIC TO MEAT PROCESSING INDUSTRY ..... 54	54
Gushchin V.V., Stefanova I.L., Krasnyukov Yu.N., Shakhnazarova L.V. INFLUENCE OF THERMAL HEATING ON THE FATTY ACID COMPOSITION OF TURKEY MEAT ENRICHED WITH LINSEED OIL..... 62	62
Lisitsyn A.B., Nikitina M.A., Zakharov A.N., Sus E.B., Nasonova V.V., Lebedeva L.I. PREDICTION OF MEAT PRODUCT QUALITY BY THE MATHEMATICAL PROGRAMMING METHODS ..... 75	75

# THE EFFECT OF CONVENTIONAL AND SHOCK FREEZING ON DRIP LOSS AND TEXTURAL PARAMETERS OF BEEF MEAT

## ВЛИЯНИЕ ТРАДИЦИОННОГО ИЛИ ШОКОВОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ НА ПОТЕРИ ПРИ РАЗМОРАЖИВАНИИ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОВЯДИНЫ

Kral M., Honzirkova K., Pospiech M., Tremlova B., Zdarsky M.  
University of veterinary and pharmaceutical sciences, Brno, Czech Republic

**Ключевые слова:** замораживание, говядина, потери вследствие вытекания сока, жёсткость

**Keywords:** freezing, beef, drip loss, firmness

### Аннотация

Изучали влияние традиционного и шокового замораживания на потери сока при размораживании и жёсткость говядины. Образцы мяса были заморожены в традиционном морозильном аппарате при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в то время как температура образцов мяса, подвергнутых шоковому замораживанию, достигала  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Потери вследствие вытекания сока измеряли путём взвешивания образца мяса во время размораживания. Определение жёсткости проводили на анализаторе текстуры TA-XT Plus Texture Analyzer с устройством Володкевича для тестирования силы резания. Не было установлено различий в жёсткости и потерях вследствие вытекания сока при размораживании между традиционным и шоковым замораживанием, за исключением седьмого дня.

### Abstract

The effect of conventional and shock freezing on thaw drip loss and firmness of beef meat was studied. The meat samples was frozen in conventional freezer at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  and shock frozen meat samples reached  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperature. Drip loss was measured by weighing the meat sample during thawing. The firmness was performed with TA-XT Plus Texture Analyzer with the volodkevich bite jaws. The firmness score and thaw drip loss differences did not been recognized between conventional and shock freezing meat excluding 7th day.

### Введение

Замораживание является распространённой практикой в мясной промышленности для сохранения качества и безопасности мяса в течение продолжительного периода времени (Leygonie et al., 2012). Замораживание и размораживание (оттаивание) в основном оказывают влияние на водные фракции мяса. Так как вода содержится внутри и между мышечными волокнами мяса, то в тканях создаются компартменты, которые осложняют процесс. По мере замораживания воды концентрация оставшихся растворимых веществ (белки, углеводы, липиды, витамины и минеральные вещества) увеличивается, таким образом, нарушая гомеостаз сложной мясной системы (Lawrie, 1998). В литературе общепризнано, что нежность мяса увеличивается с замораживанием и размораживанием при измерении пикового усилия (Farouke et al., 2003, Lagerstedt et al., 2008). Учеными было установлено, что замораживание и размораживание мяса снижают его качество (Vieira, Diaz, Martínez, & García-Cachán, 2009) и вызывают повреждение ультраструктуры мышечных клеток, приводя к высвобождению митохондриальных и лизосомных ферментов, гемового железа и других прооксидантов. Что приводит к увеличению степени и скорости окисления белков (Xiong, 2000).

Размораживание обычно происходит намного медленнее по сравнению с замораживанием и вызывает химические и физические измерения и повреждения тканей (Li and Sun, 2002). Целью данной работы было изучение влияния традиционного и шокового замораживания на потери мясного сока при размораживании и жёсткость говядины.

### Introduction

Freezing is a common practice in the meat industry to preserves meat quality and safety for an extended time (Leygonie et al., 2012). Freezing and thawing mainly influence the water fraction of meat. Since the water is contained within and between the muscle fibres of the meat, compartments are created in the tissue, which complicates the process. As the water freezes, the concentration of the remaining solutes (proteins, carbohydrates, lipids, vitamins and minerals) increases, thereby disrupting the homeostasis of the complex meat system (Lawrie, 1998). There is general agreement in the literature that the tenderness of meat increases with freezing and thawing when measured with peak force (Farouke et al., 2003, Lagerstedt et al., 2008). Freezing and thawing of meat has been found to reduce its quality (Vieira, Diaz, Martínez, & García-Cachán, 2009) and cause damage to the ultrastructure of the muscle cells with the ensuing release of mitochondrial and lysosomal enzymes, haem iron and other pro-oxidants. These increase the degree and rate of protein oxidation (Xiong, 2000).

Thawing generally occurs much slowly than freezing and causes chemical and physical changes and tissue damage (Li and Sun, 2002). The aim of this work was to investigate the effects of conventional and shock freezing on thaw drip loss and firmness of beef meat.

## Материалы и методы

### Мясо

Говяжий филей с размерами 16×11×6 см нарезали вручную на 5 кубиков с размерами сторон 4,5 см. Каждый кубик был обернут в полиэтиленовую пленку для предотвращения обезвоживания поверхности во время замораживания.

### Традиционное замораживание

Образцы обрабатывали при одних и тех же условиях в морозильной камере (ARDO MPC 200) при температуре -18 °С. После замораживания образцы были сразу же направлены на хранение при -18 °С для наблюдения за эффектом хранения.

### Шоковое замораживание

Образцы мяса были положены на стеллаж в морозильной камере. Образцы мяса после размещения на стеллажах в морозильной камере замораживали при температуре -50 °С. Замораживание было прекращено, когда температура в центре образца мяса достигала -50 °С. После замораживания образцы были сразу же направлены на хранение при -18 °С для наблюдения за эффектом хранения.

### Потери сока при размораживании

Образцы мяса были помещены на решетку внутри стеклянной емкости на расстоянии 3 см от дна (20×20×10 см), закрытой прижимной крышкой. Стеклянная емкость затем была помещена в термостатически контролируемую камеру (SP 90 BVEHF) при 10 °С для выравнивания температуры, что было достигнуто в течение 15 ч. Потери сока измеряли путем взвешивания образца мяса во время размораживания. Потери сока были рассчитаны следующим образом:

$$\text{Потери сока} = \frac{w_0 - w_t}{w_0} \cdot 100$$

$w_0$  и  $w_t$  – это вес кубиков мяса в период времени 0 и период времени  $t$  во время размораживания

### Измерение жесткости

Измерение жесткости проводили на анализаторе текстуры TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro System, Surrey, Великобритания) с устройством Володкевича для тестирования силы резания. Параметры были выверены при скорости предварительного теста 8 мм/с, скорости теста 4 мм/с и скорости пост-теста 10 мм/с. Все образцы были нарезаны до 60% от их исходного размера. Зонд был ориентирован перпендикулярно мышечным волокнам и измерения проводили при комнатной температуре.

### Статистический анализ

Статистические анализы были проведены с использованием программы Unistat 6.1, (Unistat Ltd., 2012, Чешская Республика). Был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для определения значимых различий в потерях вследствие вытекания сока и жесткости между двумя различными методами замораживания.

## Materials and methods

### Meat

Pieces of beef loin about 16×11×6 cm were manually cut with a sharp knife in 5 cubes having a 4.5 cm edge. Each cube was wrapped in polyethylene film to avoid superficial dehydration during freezing.

### Conventional freezing

Samples were treated under the same conditions in a freezer (ARDO MPC 200). The temperature was -18 °C. After freezing samples were immediately stored at -18 °C for observed storage effect.

### Shock freezing

Meat samples were placed on a rack in a freezer. The temperature was fixed at -50 °C. Freezing was stopped when the temperature in the center of the meat samples reached -50 °C. After freezing samples were immediately stored at -18 °C for observed storage effect.

### Thaw drip loss

The meat samples were placed on a rack at 3 cm distance from the bottom of a glass vessel (20×20×10 cm) closed with a pressure lid. The glass vessel was then introduced in a thermostatically controlled chamber (SP 90 BVEHF) at 10 °C to allow thermal equilibrium, which was reached within 15 h. Drip loss was measured by weighing the meat sample during thawing. The drip loss was calculated as follows:

$$\text{Drip loss} = \frac{w_0 - w_t}{w_0} \cdot 100$$

$w_0$  and  $w_t$  are the weights of the meat cube at time 0 and time  $t$  during thawing

### Firmness measurement

The firmness was performed with TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro System, Surrey, UK) with the volodkevich bite jaws (HDP/VB) probe. The setting was adjusted at a pretest speed of 8 mm/s, a test speed of 4 mm/s and a posttest speed of 10 mm/s. All samples were cut to 60% of their original. The probe was oriented perpendicular to the muscle fibers, and measurements were made at ambient temperature.

### Statistical analysis

Statistical analyses were performed using the program Unistat 6.1, (Unistat Ltd., 2012, Czech Republic). Two-way analysis of variance (ANOVA) was performed to determine significant differences in thaw drip loss and firmness between two different freezing methods.

## Результаты и обсуждение

Говяжий филей был заморожен двумя различными методами, потери сока и жесткость определяли в течение четырех фаз.

Потери сока в целом считаются связанными со скоростью замораживания (Añón and Calvelo 1980) и глубиной повреждения мышечной структуры в процессе замораживания (Kondratowicz et al., 2006). Средние значения потерь тестированных замороженных образцов, вследствие вытекания сока и жесткости, представлены в табл. 1.

**Table 1 Thaw drip loss and Firmness previously frozen under different conditions and phase**

Табл. 1 Потери сока и жесткость образцов, предварительно замороженных при разных условиях и фазах\*

Freeze phase (days)   Фаза замораживания (дни)	Thaw drip loss (%)   Потери сока при размораживании (%)		Firmness (N)   Жесткость (N)	
	Sh. freezing   шоковое замораживание	Co. freezing   традиционное замораживание	Sh. freezing   шоковое замораживание	Co. freezing   традиционное замораживание
0	13,291±2,37	12,876±1,03	13,21±2,80	15,325±0,71
7	11,651±0,50	15,079±3,20	7,56±0,82	10,010±1,91
30	12,534±0,04	9,836±1,65	9,65±1,99	12,883±2,66
90	12,032±2,50	9,474±0,30	9,67±1,64	7,950±3,48

\*Means in same row with same letter were significantly different ( $p < 0.05$ ).

Sh. freezing – shock freezing, Co. freezing – conventional freezing

\*Средние значения в одном и том же ряду с одними и теми же буквенными обозначениями различаются достоверно ( $p < 0,05$ ).

Шоковое замораживание мяса приводило к более высокому проценту потерь вследствие вытекания сока на 0, 30 и 90 дни по сравнению с традиционно замороженным мясом. С другой стороны, на 7 день этот процент был достоверно выше ( $p < 0,05$ ) в традиционно замороженном мясе.

Añón and Calvelo (1980) установили, что в говядине, замороженной при характерном времени замораживания 17 мин., потери вследствие вытекания сока были наиболее высокими, после чего они снижались до достижения ровного плато. Наивысшая скорость замораживания была на поверхности, однако скорость замораживания была меньше предельных 17 минут. Можно сделать вывод что весь образец мяса (мышца) терял одинаковое количество жидкости при каждом интервале изменений температуры и, таким образом, не оказывал влияние на потерю влаги. Lambert et al., (2001) отметили, что величина потерь вследствие вытекания сока при размораживании отражает высвобождение внутриклеточных компонентов, когда кристаллы льда разрывают мембрану волокон. Когда вода вытекает из мяса во время размораживания, то мышечные волокна содержат меньшее количество воды; таким образом, увеличивается жесткость мяса в результате сокращения волокон, в свою очередь, увеличивается плотность волокон на площадь поверхности, приводя к увеличиваю усилия, необходимую для разрезания волокон (McMillin, 2008).

Bhattacharya et al., (1988a) сообщили, что морозильное хранение оказывало неблагоприятное влияние на усилие среза в говяжьих котлетах при увеличении времени хранения. Оценка жесткости в нашем эксперименте для традиционно замороженного мяса был выше по сравнению с мясом, подвергнутому шоковому замораживанию, на 0, 7 и 30 дни, но значимое различие наблюдали только на 7 день измерения. На 90 день жесткость для традиционно замороженного мяса была ниже по сравнению с мясом, подвергнутому шоковому замораживанию.

## Results and discussion

Beef loin was frozen by two different methods and the thaw drip loss and firmness was determined during four phases.

Thaw loss is generally considered to be related to freezing rate (Añón and Calvelo 1980) and a measure of damage to the muscle structure by the freezing process (Kondratowicz et al., 2006). The mean values of frozen samples tested for thaw drip loss and firmness are depicted in Table 1.

Shock frozen meat had a higher percentage of thaw drip loss on 0, 30th and 90th day compared with conventional frozen meat. On the other side on 7th day of freezing was significant higher ( $p < 0.05$ ) percentage observed in conventional frozen meat.

Añón and Calvelo (1980) found that in beef frozen at a characteristic freezing time of 17 min, the drip loss was at its greatest, after which it decreased to reach a linear plateau. In this investigation, the fastest freezing section (surface) was already slower than the 17 min barrier therefore it can be deduced that the entire meat sample (muscle) lost the same amount of fluid at each rate interval in the temperature gradient that formed in the muscle during freezing and thus did not influence the moisture loss. Lambert et al., (2001) noted that the amount of thaw drip loss reflects the release of intracellular components when ice crystals rupture the fiber membrane.

As water leaches out of the meat during thawing the muscles fibres become less hydrated, the meat thus increases in toughness due the shrinkage of the fibres, which in turn increases the density of fibres per surface area increasing the force necessary to shear through the fibres (McMillin, 2008). Bhattacharya et al., (1988a) reported that frozen storage adversely affected shear strength of beef patties, which increased with storage time. The firmness score in our experiment of the conventional frozen meat was higher than shock frozen meat on 0, 7th and 30th day, but significant difference ( $p < 0.05$ ) was observed only on 7th day of measurement. On 90th day was firmness score in conventional frozen meat lower than shock frozen meat. The other authors have reported that frozen storage had no effect on the texture of restructured beef steak (Esguerra, 1994).

Другие авторы сообщали, что морозильное хранение не оказывало влияние на текстуру реструктурированного говяжьего стейка (Esguerra, 1994).

### Выводы

Не были установлены различия в жесткости и потерях сока при размораживании в мясе, подвергнутом традиционному и шоковому замораживанию (оттаиванию), за исключением 7 дня. В соответствии с этими результатами традиционное замораживание может быть использовано как альтернатива специализированному замораживанию. Традиционное замораживание может быть использовано без риска снижения качества приготовления мяса в домашних условиях.

### Conclusion

The firmness score and thaw drip loss differences did not been recognized between conventional and shock freezing meat excluding 7th day. According to these results conventional freezing can be used as alternative for specialized freezing. Conventional freezing can be used without the decrease of quality in home meat production.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Leygonie, C., T.J. Britz, and L. C. Hoffman. 2012. Impact of freezing and thawing on the quality of meat. *Meat Sci.* 91:93–98. (Review)
2. Li, B., and D.-W. Sun. 2002. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods—A review. *J. Food Eng.* 54:175–182
3. M.M. Farouke, K.J. Wieliczko, I. Merts. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Science*, 66 (2003), pp. 171–179
4. A. Lagerstedt, L. Enfalt, L. Johansson, K. Lundstrom. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi* *Meat Science*, 80 (2008), pp. 457–461
5. C. Vieira, M.Y. Diaz, B. Martinez, M.D. Garcia-Cachán. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbial and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of aging. *Meat Science*, 83 (2009), pp. 398–404
6. R.A. Lawrie. Anonymous (Ed.), *Lawrie's meat science* (6th ed.), Technomic Publishing Inc., Lancaster, PA (1998), pp. 1–336
7. Xiong, Y.L. (2000). Protein oxidation and implications for muscle food quality. In: *Antioxidants in muscle foods* (edited by E. Decker & C. Faustman). pp. 3–23, 85–111, 113–127. Chichester: John Wiley & Sons.
8. M.C. Añón, A. Calvelo. Freezing rate effects on the drip loss of frozen beef. *Meat Science*, 4 (1980), pp. 1–14
9. K.W. McMillin. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science*, 80 (2008), pp. 43–65
10. Kondratowicz J, Chwastowska I, Matuszewicz P. 2006. Sensory quality of pork and total microbial count depending on deep-freeze storage time and thawing method. *Vet Zootech* 33(55):43–6.
11. Lambert IH, Nielsen JH, Andersen HJ, Ørtenblad N. 2001. Cellular model for induction of drip loss in meat. *J of Agri Food Chem* 49(10):4876–83.
12. M. Bhattacharya, M.A. Hanna, R.W. Mandigo. Effect of frozen storage conditions on yields, shear strength and color of ground beef patties. *Journal of Food Science*, 53 (3) (1988), pp. 696–700
13. Esguerra, C. M. (1994). Quality of cold-set restructured beef steak: effects of various binders, marination and frozen storage. *Meat Industry Research Institute of New Zealand. Publication MIRINZ 945.*

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

#### Принадлежность к организации

**Крал, М.**, Кафедра гигиены и технологии растительных пищевых продуктов, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2702, martinxkral@gmail.com

**Хонзиркова К.**, Кафедра гигиены и технологии растительных пищевых продуктов, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2704, katerina.honzirkova@seznam.cz

**Поспич М.**, Кафедра гигиены и технологии растительных пищевых продуктов, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2704, mpospiech@vfu.cz

**Тремлова Б.**, Кафедра гигиены и технологии растительных пищевых продуктов, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2700, tremlovab@vfu.cz

**Здарский М.**, Кафедра гастрономии, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic. Tel. +420 54156 2618, michal.zdarsky@email.cz

#### Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы. Все авторы в равной степени участвовали в этой работе. Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат  
**Маргин Крал** коррективировал рукопись до подачи в редакцию

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 16.12.2015

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

#### Affiliation

**Ing. Kral M.** PhD. Department of Hygiene and Technology of Vegetable Foodstuffs, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Ph.: +420 54156 2702, martinxkral@gmail.com

**Bc. Honzirkova K.**, Department of Hygiene and Technology of Vegetable Foodstuffs, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Ph.: +420 54156 2704, katerina.honzirkova@seznam.cz

**MVDr. Pospiech M.** Ph.D., Department of Hygiene and Technology of Vegetable Foodstuffs, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2704, mpospiech@vfu.cz

**Doc. MVDr. Tremlova B.** Ph.D., Department of Hygiene and Technology of Vegetable Foodstuffs, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Ph.: +420 54156 2700, tremlovab@vfu.cz

**Mgr. Zdarsky M.** Ph.D, Department of Gastronomy, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic. Ph.: +420 54156 2618, michal.zdarsky@email.cz

#### Contribution

All authors are responsible for the work and given information.

All authors were equally involved in this work.

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

**Martin Kral** adjusted the manuscript prior to submission to the Editor

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 16.12.2015

# NUTRITIONAL VALUE OF NEW UNCOOKED SMOKED PORK PRODUCT

## ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ИННОВАЦИОННОГО СЫРОКОПЧЕНОГО ПРОДУКТА ИЗ СВИНИНЫ

Zabalueva Yu.Yu., Bazhenova B.A., Nazimova K.S.

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

**Ключевые слова:** мясной продукт, пищевая ценность, стартовые культуры, плоды шиповника

### Аннотация

В статье представлены результаты исследования пищевой ценности сырокопченого изделия из свинины с использованием сложного рассола. Выявлено, что использование в составе рассола дополнительных рецептурных ингредиентов – комбинированной закваски на основе стартовых культур *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus fermentum* в количестве 5% к массе сырья и водного настоя плодов шиповника Даурского (*Rosa Davurica*) в количестве 0,5% к массе сырья позволило сократить длительность таких процессов производства корейки, как посол (выдержка в заливочном рассоле) на 24 ч и сушку на 24 ч.

Выявлено, что по содержанию белка (13,2%) и жира (27,8%) готовый продукт соответствует требованиям стандарта, предъявляемым к данному виду продукта. По соотношению ПНЖК:МНЖК:НЖК корейка «Пикантная» приближается к рекомендуемым нормам 10:60:30. Отмечено, что присутствие в настое аскорбиновой кислоты приводит к снижению остаточного количества нитрита натрия почти в три раза в инновационном сырокопченом продукте из свинины, что повышает его пищевую безопасность.

Доказано, что добавление стартовых культур *L. brevis* и *L. fermentum* и настоя плодов шиповника Даурского в посолочный рассол оказывает положительное влияние на формирование высоких органолептических показателей корейки: вкуса, аромата, цвета и структурно-механических характеристик. Готовый продукт имеет монолитную, плотную консистенцию и насыщенный цвет. В работе также были проведены исследования по количественному учету жизнеспособных клеток *L. brevis* и *L. fermentum* в корейке «Пикантная», установлено, что количество жизнеспособных клеток в корейке на 25 сутки хранения ( $1 \cdot 10^7$  КОЕ/г), что соответствует требуемым нормам, предъявляемым к пробиотическим продуктам.

### Введение.

Современное промышленное производство пищевых продуктов, в том числе мясных, нацелено, с одной стороны, на экономическую эффективность, а с другой – на получение безопасных, питательных продуктов. В настоящее время снижается качество мясного сырья, особенно импортного, в связи с широким применением препаратов роста, поэтому необходимо предусмотреть способы корректировки свойств мяса с целью улучшения технологических свойств и потребительских показателей.

Для реализации поставленной цели в мясной отрасли широко применяют стартовые культуры. Вопросам целесообразности и эффективности использования бактериальных препаратов в производстве мясопродуктов посвящены научные исследования таких ученых, как В.В. Хорольский, И.С. Хамагаева, Н.К. Журавская и др. [1, 2, 3].

**Keywords:** meat product, nutritional value, starter cultures, dog-rose hips

### Abstract

The article presents the results of the study on nutritional value of the uncooked smoked pork product with the complex brine. It was found that the use of the starter cultures on the basis of *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus fermentum* in an amount of 5% by weight of the raw materials and the aqueous extract of dog-rose hips (*Rosa Davurica*) in an amount of 0.5% by weight of the raw materials, as recipe ingredients of the brine, allows reducing the duration of the drying process by 24 hours and the salting process also by 24 hours.

It was found that the product meets the requirements of the standard for this type of products by the content of protein (13.2%) and fat (27.8%). The uncooked smoked pork loin, which was made using starter cultures on the basis of *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus fermentum* and the aqueous extract of dog-rose hips, is close to the recommended ratio of PUFAs : MUFAs : SFAs (10:60:30). The authors also noted that the presence of ascorbic acid in the extract led to a significant decrease in the residual amount of sodium nitrite by almost three times in the innovative smoked pork product, which increased its food safety.

The results of the study showed that addition of the starter cultures *L. brevis* and *L. fermentum* and the extract of dog-rose hips (*Rosa Davurica*) to the brine during salting had a positive effect on the formation of the sensory characteristics of the pork loin: taste, aroma, color and its structural and mechanical properties. The product had the more monolithic, firm texture and rich color. The research on the quantitative detection of viable cells of *L. brevis* and *L. fermentum* in the uncooked smoked pork loin «Pikantnaya» was also done in this work. It was found that on the 25th day of storage, the total number of viable cells in the loin was  $1 \cdot 10^7$  CFU/g, which corresponded to the requirements for the probiotic products.

### Introduction

Modern industrial manufacture of food products, including meat products, is aimed, on one hand, at the economic efficiency and, on the other hand, at obtaining safe and nutritious food products. At present, the quality of meat raw materials, especially, imported meat raw materials decreases because of the wide use of growth promoters. Thus, today, it is very necessary to envisage methods for correcting the properties of meat to improve the technological properties and consumer characteristics.

To achieve this objective, the meat industry widely uses starter cultures. The research of such scientists as V.V. Khorolsky, I.S. Hamagaeva, N.K. Zhuravskaya and others is dedicated to the issues of expediency and effectiveness of using the bacterial preparations in the technology of meat products [1, 2, 3].

В настоящее время стартовые культуры являются неотъемлемой частью производства сырокопченых мясосодержащих продуктов, что подтверждается исследованиями зарубежных ученых [4, 5, 6]. Современные технологии с использованием стартовых культур направлены в основном на интенсификацию технологических процессов при обеспечении гарантированно высокого качества мясных изделий. Новым аспектом применения стартовых культур в технологии деликатесных изделий является использование лактобацилл, обладающих высокой функциональной активностью [7].

Пищевая ценность мясных изделий для потребителей, прежде всего, ассоциируется с их органолептическими показателями. Одним из важных показателей является цвет продукта. Эффективное усиление окраски мясосодержащих продуктов можно достигнуть за счет создания соответствующих окислительно-восстановительных условий. На практике такие условия достигаются при использовании аскорбиновой кислоты и ее солей, которые в большом количестве содержатся в растительном сырье [8, 9]. Известно, что дикорастущие растения, такие как шиповник, боярышник, рябина и их настои, содержат в своем составе значительное количество аскорбиновой кислоты [10, 11]. Поэтому актуальными становятся исследования по изысканию натуральных (природных) источников, содержащих аскорбиновую кислоту, для повышения безопасности продукта за счет предотвращения образования нитрозоаминов.

В связи с вышесказанным главная задача работы состояла в изучении влияния синергетического эффекта микроорганизмов и растительного сырья на биологическую и пищевую ценность сырокопченых мясных изделий из свинины.

Цель работы - изучение пищевой ценности цельномышечного сырокопченого мясного продукта из свинины.

### Материалы и методы

В работе были приведены исследования по изучению качества инновационного продукта — корейки сырокопченной свинины, выработанной по технологии, предусматривающей комплексное использование закваски на основе *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus fermentum* и водного настоя плодов шиповника Даурского (*Rosa Davurica*).

Объектами исследований служили образцы корейки свинины сырокопченной (контроль) и корейки сырокопченной «Пикантная» (опыт). Контрольные образцы были выработаны по традиционной технологии, предусматривающей выделение свинины с неразрушенной структурой из спинной части отруба с ребрами по всей длине отруба шириной 14-15 см в шкуре, толщина подкожного жира не более 4 см. Подготовка сырья перед посолом предусматривает удаление позвонков и заравнивание краев. Посол осуществляют шприцеванием рассолом (плотность 1,087 г/см<sup>3</sup>, содержание нитрита натрия 0,05% и сахара 0,5%) в количестве 10% от массы сырья, затем натирают смесью соли (97%) и сахара (3%) в количестве 4% и укладывают в чаны, выдерживают 1 сутки, прессуют и заливают рассолом (плотность 1,087 г/см<sup>3</sup>, содержание нитрита натрия 0,05%, сахара — 0,5%) в количестве 40-50%. После этого сырье выдерживают в рассоле 5 суток, затем вне рассола — 1 сутки при температуре

Today, the starter cultures are an integral part of the production of smoked meat products [4, 5, 6]. Modern technologies with use of starter cultures are mainly aimed at process intensification upon producing meat products with the guaranteed high quality. The new aspect of a starter culture application in the technology of the deli meat products is the use of lactobacilli with high functional activity [7].

To consumers, a nutritional value of meat products is primarily associated with their sensory characteristics. The color of the product is one of the most important indicators. The effective enhancement of meat product color can be achieved through the establishment of appropriate redox conditions. In practice, such conditions are attained by using ascorbic acid and its salts, which are contained in large amounts in plant materials [8, 9]. It is known that wild plants, such as dog-rose, hawthorn, mountain ash and their extracts contain a significant amount of ascorbic acid [10, 11]. Therefore, the research, which is dedicated to finding the natural sources containing ascorbic acid for improvement of a product safety by preventing the formation of nitrosamines, is very topical.

In connection with the above-mentioned, the main task of this work was to study the influence of the synergistic effect of microorganisms and plant raw materials on the biological and nutritional value of smoked meat products from pork.

The objective of this work was the study of nutritional value of the smoked pork product.

### Materials and methods

The paper presents the study on the quality of the innovative product – the uncooked smoked pork loin produced by the technology, which provides complex use of the starter cultures based on *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus fermentum* and the aqueous extract from dog-rose hips (*Rosa Davurica*).

The subjects of research were the samples of the uncooked smoked pork loin (control sample) and uncooked smoked loin «Pikantnaya» (test sample). The control samples were produced by the traditional technology, which included an excision of pork with an intact structure from the back part of a cut with ribs along the whole length of the cut (in skin) with the width of 14-15 cm; the thickness of the subcutaneous fat was not more than 4 cm. Preparation of the raw material before salting involves the removal of vertebrae and leveling the edges. Process of salting was carried out by injecting a brine (density of 1.087 g/cm<sup>3</sup>, 0.05% of sodium nitrite and 0.5% of sugar) in an amount of 10% by weight of the raw material, then rubbing with a mixture of salt (97%) and sugar (3%) in an amount of 4% and placing into tubs for 24 hours; then the samples were pressed, and a brine (density of 1.087 g/cm<sup>3</sup>, 0.05% of sodium nitrite, 0.5% of sugar) was poured in an amount of 40-50%. After that, the loin was held in brine for 5 days, then without brine for 1 day at 2-4 °C. After salting, the loin was put into the water; a loop was made and the loin was left for water dripping and drying for 2-3 hours. The loin samples were smoked at 30-35 °C for 24 hours, and then dried at

2-4 °С. По окончании посола корейку вымачивают в воде, подпетливают, оставляют для стекания воды и подсушивания поверхности на 2-3 часа. Коптят корейку при 30-35 °С в течение 24 часов, затем сушат при 11±1 °С, относительной влажности воздуха 75±2% и скорости его движения 0,05-0,1 м/с в течение 5 суток.

Опытные образцы корейки свиной сырокопченной «Пикантная» были изготовлены по усовершенствованной технологии, предусматривающей использование в составе рассола дополнительных рецептурных ингредиентов – комбинированной закваски на основе заквасочных культур *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus fermentum* в количестве 5% к массе сырья и водного настоя плодов шиповника Даурского (*Rosa Davurica*) в количестве 0,5% к массе сырья. Присутствие данных ингредиентов в рассоле позволило сократить длительность таких процессов производства корейки, как посол (выдержка в заливочном рассоле) на 24 ч и сушка на 24 ч.

Водный настой плодов шиповника был получен смешанным способом с выходом равным 85,5±2,5%. Величина рН настоя составила 3,48, содержание сухих веществ – 1,23%. В свежеприготовленном водном настое содержание витамина С составило 118,8 мг% [12].

В ходе проведения эксперимента основные качественные показатели определяли стандартными методиками: содержание белка – методом Кьельдаля, в основе которого положена минерализация пробы по Кьельдалю, отгонки аммиака в растворе серной кислоты с последующим титрованием исследуемой пробы (ГОСТ 25011-81); содержание жира – методом Сокслета, основанным на многократной экстракции жира из подсушенной навески продукта органическим растворителем с последующим его удалением и взвешиванием обезжиренной навески (ГОСТ 23042-86); массовую долю хлорида натрия – argentометрическим методом, основанным на титровании иона хлора ионом серебра в нейтральной среде в присутствии хромата калия (ГОСТ 9957-73); массовую долю остаточного количества нитрита натрия – фотометрическим методом, в основе которого лежит реакция с N – (1-нафтил) – этилендиамин дигидрохлоридом и сульфаниламидом в обезбелоченном фильтрате с дальнейшим фотометрированием интенсивности окраски пробы (ГОСТ 8558.1-78); органолептические показатели – по 9-ти балльной шкале, разработанной ВНИИМП [13]. Жирнокислотный состав исследовали методом хроматографии на газовом хроматографе Ajilent Packard HP6890 N с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5973) в качестве детектора; витаминный состав исследовали методом капельного электрофореза (Методика М 04-72-2011); количественный учет клеток молочнокислых бактерий проводили дифференциальным методом на модифицированной среде с Твином-80. Анализы выполнены в трехкратной повторности, результаты обработаны с использованием стандартных статистических методов.

### Результаты и их обсуждение.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что основной особенностью технологии цельномышечных сырокопченных изделий является наличие совокупности разноплановых и взаимозависимых биохимических, физико-химических и

11±1 °С, relative air humidity of 75±2%, and air velocity of 0.05-0.1 m/s for 5 days.

The test samples of the uncooked smoked pork loin «Pikantnaya» were manufactured by the advanced technology, which provides using the additional recipe ingredients in the composition of the brine: the starter culture on the basis of *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus fermentum* in an amount of 5% by weight of the raw materials and the aqueous extract of dog-rose hips Daurskiy in an amount of 0.5% by weight of the raw materials. The presence of these ingredients in the brine has reduced the duration of such processes as salting (holding in brine) by 24 hours and drying by 24 hours.

The aqueous extract of dog-rose hips was obtained by a mixed method with a yield of 85.5±2.5%. The pH of the extract was 3.48, content of dry solids – 1.23%. The content of vitamin C was 118.8 mg % in the fresh extract [12].

During the experiment, the main quality characteristics were determined by the standard methods: protein by the Kjeldahl method, which is based on the mineralization of a sample according to Kjeldahl, stripping of ammonia in a solution of sulfuric acid, followed by titration of the specimen (GOST 25011-81); fat by the Soxhlet method, based on the multiple fat extraction from a dried sample of a product by an organic solvent followed by its removal and weighing the defatted sample (GOST 23042-86); mass fraction of sodium chloride by the argentometric method, based on titration of the chlorine ion with the silver ion in a neutral medium in the presence of potassium chromate (GOST 9957-73); mass fraction of sodium nitrite residues by the photometric method, which is based on the reaction with N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride and sulfanilamide in a protein free filtrate with the following photometric testing of color intensity (GOST 8558.1-78); sensory characteristics with the 9-point scale developed by VNIIMP [13]. The fatty acid composition was examined by gas chromatography on the gas chromatograph Ajilent Packard HP6890 N with a quadrupole mass spectrometer (HP 5973 MSD) as a detector; quantitative detection of cells of lactic acid bacteria was carried out by the differential method using the modified medium with Tween-80. Analyses were carried out in triplicate, the mathematical processing of the results was performed using the standard statistical methods.

### Results and discussion

Analysis of the Russian and foreign literature has shown that the main feature of the technology of whole-muscle uncooked smoked pork products is the presence of the aggregate of the diverse and interdependent chemical, physico-chemical and microbiological processes [14, 15, 16]. A product quality depends on the direction and degree of development of these processes.

Whole-muscle uncooked smoked meat products from pork belong to the high-calorie foods with specific taste and aroma, and they occupy a significant share

микробиологических процессов [14, 15, 16]. От направленности и степени развития данных процессов зависит качество готовой продукции.

Цельномышечные сырокопченые мясные изделия из свинины относятся к высококалорийным продуктам со специфическим вкусом и ароматом и занимают не последнее место на российском рынке мясных продуктов. Деликатесная мясная продукция составляет 12-13% в общей доли рынка мясных продуктов [17, 18].

Для оценки пищевой ценности и калорийности продукта был исследован его химический состав и физико-химические показатели (табл. 1).

**Table 1. The chemical composition and caloric content of the traditional and innovative products from pork**  
Таблица 1. Химический состав и калорийность традиционного и инновационного продуктов из свинины

Characteristic   Показатель	Quantity   Количество	
	control   контроль	test   опыт
<b>Chemical composition   Химический состав</b>		
Protein, %   Содержание белка, %	13,5±0,2	13,2±0,2
Fat, %   Содержание жира, %	27,4±1,4	27,8±1,2
Ash, %   Массовая доля золы, %	4,3±0,04	4,7±0,05
Energy value, kkal   Энергетическая ценность, ккал	315,6	314,4
<b>The physicochemical characteristics   Физико-химические показатели</b>		
Mass fraction of sodium chloride, %   Массовая доля поваренной соли, %	3,8±0,1	3,9±0,1
Mass fraction of the residual sodium nitrite, %   Массовая доля остаточного количества нитрита натрия, %	0,0047±0,0002	0,00015±0,00005

Как показывают полученные данные по содержанию белка и жира, готовый продукт соответствует требованиям государственного стандарта, предъявляемым к данному виду продукта. Согласно ГОСТ Р 55796-2013 массовая доля жира должна быть не более 28%, а белка не менее 13%.

Результаты исследований физико-химических показателей свидетельствуют о значительном снижении доли остаточного нитрита натрия в корейке сырокопченной «Пикантная» относительно свиной корейки, изготовленной по традиционной технологии. Остаточное содержание нитрита натрия в контрольном образце было 4,7 мг на 100 г продукта, в то время как в опытном образце оно составило 0,15 мг на 100 г продукта. Вероятно, это объясняется наличием в составе водного настоя плодов шиповника аскорбиновой кислоты (118,8 мг/100 г), которая выступает в качестве восстановителя нитрита натрия, влияет на более полный распад нитрита натрия и переход его в нитрозопигменты.

На следующем этапе было исследовано влияние комбинированной закваски и водного настоя плодов шиповника на цветовые и вкусо-ароматические характеристики корейки сырокопченной «Пикантная». Проведена сравнительная дифференцированная органолептическая оценка контрольного и опытного образцов, результаты представлены в таблице 2.

Как видно из приведенных данных, сырокопченые изделия, приготовленные с применением закваски и настоя, характеризовались повышенной балльной оценкой органолептических показателей в отличие от корейки, изготовленной по традиционной рецептуре. Были отмечены более интенсивное окрашивание и выраженные аромат и вкус у изделий, изготовленных с применением стартовых культур и настоя.

in the Russian market of meat products. Delicacy meat products account for 12-13% of the total market of meat products [17, 18].

The chemical composition and physico-chemical characteristics of the product were investigated to evaluate its nutritional value and caloric content (Table. 1).

The data of the research show that the finished product meets the requirements of the State Standard for this type of products by the content of protein and fat. According to GOST R 55796-2013, mass fraction of fat should be not more than 28%, protein - no less than 13%.

The results of the investigation of the physico-chemical characteristics show a significant decrease in the mass fraction of sodium nitrite in the uncooked smoked loin «Pikantnaya» compared to the pork loin made by the traditional technology. The residual content of sodium nitrite in the control sample was 4.7 mg per 100 g of the product while in the test sample it was 0.15 mg per 100 g of product. This is probably due to the presence of ascorbic acid in the composition of the aqueous extract of dog-rose hips (118.8 mg / 100 g), which acts as the reducing agent of sodium nitrite, and affects more complete decomposition of sodium nitrite and its transition into nitroso pigments.

At the next stage, the authors have studied the effect of the complex starter cultures and the aqueous extract of dog-rose hips on the color and taste-and-aroma characteristics of the uncooked smoked loin «Pikantnaya.» The comparative differentiated sensory analysis of the control and test samples was done; the results are presented in Table 2.

The data from table 2 show that the uncooked smoked product manufactured with the starter cultures and the extract has a higher score of the sensory characteristics compared to the pork loin, which was made according to the traditional recipes. More intense color and taste-and-aroma of the products manufactured with the use of the starter cultures and the extract were noted.

It was found that the use of the starter cultures based on *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus fermentum* and the aqueous extract of dog-rose hips promotes manufacturing a product with the more monolithic, dense texture, and color saturation.

The biological value of a product is one of the most important indicators that characterizes the quality of the

Table 2. Sensory characteristics of the samples

Таблица 2. Органолептические показатели образцов

Sample   Образец	Sensory characteristics, point   Органолептические показатели, балл		
	Color   Цвет, where 1 - completely unacceptable, 9 points - very beautiful   где 1 балл – совершенно неприемлемый, 9 баллов – очень красивый	Taste   Вкус, where 1 - completely unacceptable, 9 points - very tasty   где 1 балл – совершенно неприемлемый, 9 баллов – очень вкусный	Aroma   Запах, where 1 - completely unacceptable, 9 points - very pleasant   где 1 балл – совершенно неприемлемый, 9 баллов – очень приятный
Uncooked smoked loin (control sample)   Корейка (контроль)	7,0	8,0	8,0
Uncooked smoked loin «Pikantnaya» (test sample)   Корейка «Пикантная» (опыт)	9,0	9,0	9,0

Установлено, что применение закваски на основе *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus fermentum* и водного настоя плодов шиповника способствует получению продукта с более монолитной, плотной консистенцией и насыщенным цветом.

Важным компонентом, оказывающим существенное влияние на биологическую ценность готовой продукции, является жир. В составе мяса он представлен в основном триглицеридами.

Биологическая ценность липидов заключается в том, что они являются носителями больших запасов энергии и содержат не синтезируемые в необходимых количествах в организме человека высокоэнергетические жирные кислоты. Триглицериды, содержащие большое количество радикалов ненасыщенных кислот, способствуют лучшему усвоению организмом белкового азота. Кроме того, жиры необходимы для всасывания в кишечнике жирорастворимых витаминов. Важная роль отводится им и при формировании аромата мяса.

Основным компонентом липидов являются жирные кислоты (ЖК). Насыщенные жирные кислоты (НЖК) используются организмом как энергетический материал. Особое значение имеют мононенасыщенные (МНЖК) и полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), которые являются незаменимыми факторами питания. Линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты, принадлежащие к ПНЖК, по своим биологическим свойствам относятся к жизненно необходимым веществам.

Table 3. Fatty acid composition of the samples of the uncooked smoked pork loin

Таблица 3. Жирнокислотный состав образцов корейки сырокопченой

Fattyacids   Наименование жирной кислоты	The acid content,% of the total content   Содержание кислот, % к общему их содержанию	
	control   контроль	test   опыт
<b>Saturated:   Насыщенные</b>		
-myristic (14:0)   миристиновая	1,30	0,67
-palmitic (16:0)   пальмитиновая	22,38	25,06
-stearic(18:0)   стеариновая	17,66	11,05
<b>Total   Итого</b>	<b>41,34</b>	<b>36,78</b>
<b>Monounsaturated:   Мононенасыщенные</b>		
- palmitoleic(16:1)   пальмитолеиновая	3,97	2,27
-oleic(18:1n9)   олеиновая	45,05	50,11
<b>Total   Итого</b>	<b>49,02</b>	<b>52,38</b>
<b>Polynunsaturated:   Полиненасыщенные</b>		
-линолевая   linoleic(18:2)	9,00	9,68
-арахионовая   arachidonic(20:4)	0,64	1,16
<b>Total   Итого</b>	<b>9,64</b>	<b>10,84</b>
<b>Overall total   Всего</b>	<b>100,0</b>	<b>100,00</b>

protein component and the fat component of a product.

An important component, which has a significant impact on the biological value of a product, is fat. It is contained in the composition of meat mostly as triglycerides.

The biological value of lipids resides in the fact that they are carriers of large stores of energy and contain the highly unsaturated fatty acids, which are not synthesized in the necessary quantities in a human body. Triglycerides, which contain large amounts of unsaturated fatty acid radicals, facilitate better assimilation of protein nitrogen by a body. In addition, fats are needed for intestinal absorption of fat soluble vitamins. They play an important role in the formation of meat flavor.

The major components of lipids are fatty acids (FA). Saturated fatty acids (SFAs) are used by a body as an energy material. Of particular importance are monounsaturated (MUFAs) and polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which are essential nutritional factors. Linoleic, linolenic and arachidonic acids belonging to the PUFAs are the vital substances according their biological properties.

The authors have carried out an experimental determination of the fatty acid composition of the meat product, manufactured with the use of the probiotic microorganisms and the aqueous extract of dog-rose hips (Table 3).

В работе было проведено экспериментальное определение жирнокислотного состава мясoproдукта, изготовленного с применением пробиотических микроорганизмов и водного настоя плодов шиповника (табл. 3).

Согласно полученным результатам исследования в новом сырокопченном продукте преобладают из насыщенных жирных кислот - пальмитиновая кислота, а из мононенасыщенных жирных кислот – олеиновая кислота.

Современные представления о количественных и качественных потребностях человека в пищевых веществах отражены в концепции сбалансированного питания, учитывающей энергетические и биологические аспекты. В соответствии с ней соотношение между количеством полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот должно составлять 0,3-0,35. Показатели жирнокислотной сбалансированности корейки, выработанной с использованием комбинированной закваски и настоя плодов шиповника, относительно эталона ФАО/ВОЗ представлены в таблице 4.

Анализ таблицы 4 показал, что соотношение между количеством полиненасыщенных и насыщенных жирных в корейке сырокопченной «Пикантная» составило 0,29, что отвечает требованиям сбалансированного питания. Общеизвестным являются представления о том, что организм человека должен потреблять в составе липидов ПНЖК – 10%, МНЖК – 60%, НЖК – 30%. Отношение ПНЖК:МНЖК:НЖК в корейке «Пикантная» отвечает принятым нормам, но при этом доля незаменимых полиненасыщенных ЖК составляла 10,81% с преобладанием линолевой кислоты, которая участвует в биосинтезе арахидоновой кислоты. Последняя предшествует образованию веществ, участвующих в регулировании многих процессов жизнедеятельности тромбоцитов и других элементов, но особенно простагландинов, которым придают большое значение, как веществам высочайшей биологической активности.

Исследованиями доказано, что разработанная корейка «Пикантная» является продуктом, сбалансированным по пищевой ценности, и источником полиненасыщенных жирных кислот (линолевая и арахидоновая).

Витамины относятся к одним из жизненно необходимых веществ. Это органические соединения, большинство из которых не синтезируется в организме человека. Но при этом им отводится исключительная роль в обмене веществ, они входят в состав ферментов, влияют на иммунитет человека, делая его организм более устойчивым к болезням и стрессам. Поэтому ежедневно потребляемая пища должна обеспечивать поставку витаминов в организм человека в

According to the results of the research, in the new uncooked smoked product, palmitic acid predominated among the saturated fatty acids, oleic acid among the monounsaturated fatty acids.

The present view of the quantitative and qualitative human needs for nutrients is reflected in the concept of balanced nutrition taking into account the energetic and biological aspects. In accordance with this concept, the ratio between the amount of polyunsaturated and saturated fatty acids should be 0.3-0.35. The indicators of the fatty acid balance of the uncooked smoked loin, which was manufactured with use of the starter cultures and the extract of dog-rose hips are presented in Table 4 in comparison with the FAO / WHO standard.

The analysis of the data from Table 4 has shown that the ratio between the amount of the polyunsaturated and saturated fatty acids in the uncooked smoked loin «Pikantnaya» was 0.29, which meets the requirements of balanced nutrition. It is widely accepted that a human body should consume 10% of PUFAs, 60% of MUFAs and 30% SFAs in the composition of lipids. The ratio of PUFAs: MUFAs: SFAs in the uncooked smoked loin «Pikantnaya» meets the accepted standards, while the proportion of the essential polyunsaturated FA is 10.81% with a predominance of linoleic acid, which is involved in the biosynthesis of arachidonic acid. The latter precedes the formation of the substances involved in the regulation of many vital processes of platelets and other elements, but especially prostaglandins - the substances of the highest biological activity.

The research has shown that the developed uncooked smoked loin «Pikantnaya» is a product balanced by nutritional value and a source of polyunsaturated fatty acids (linoleic and arachidonic).

Vitamins are among the essential substances. They are organic compounds, most of which are not synthesized in a human body. But at the same time, they are of primary importance in metabolism, are part of enzymes, affect the human immune system, make a human body more resistant to diseases and stresses. Therefore, daily consumption of food should ensure the supply of vitamins to the human body at least in amounts of the minimum daily requirement.

Based on the fact that the aqueous extract of dog-rose hips was characterized by high content of ascorbic acid, the study on the quantification of vitamins in the product was carried out (Table 5).

It was found that the test samples of the loins were different from the control both by the quantitative

**Table 4. The balance of fatty acid lipid of samples of pork's loin**

Таблица 4. Показатели жирнокислотной сбалансированности липидов образцов корейки

Sample   Образец	The lipid content, %   Содержание липидов, %	The acid content, % of the total content   Содержание кислот, % к общему их содержанию				
		ΣSFAs   Σ НЖК	ΣMUFAs   Σ МНЖК	ΣPUFAs   Σ ПНЖК	PUFAs   ПНЖК	
					linoleic   линолевая	arachidonic   арахидоновая
Standard FAO/WHO   Эталон ФАО/ВОЗ	—	30,0	60,0	10,0	7,5	1,5
Control   Контроль	27,4	41,34	49,02	9,64	9,00	0,64
Test   Опыт	29,2	36,78	52,38	10,84	9,68	1,16

количествах, по меньшей мере, минимальных относительно установленной суточной потребности.

Исходя из того, что водный настой плодов шиповника характеризовался достаточно высоким содержанием аскорбиновой кислоты, были проведены исследования по количественному определению витаминов в готовом продукте (табл. 5).

Table 5. The vitamin content in the uncooked smoked pork loin

Таблица 5. Витаминный состав корейки сырокопченной

Vitamins   Наименование витаминов	The daily requirement, mg   Суточная потребность, мг	The vitamins content, mg %   Содержание витаминов, мг %	
		control   контроль	test   опыт
Vitamin B1   Витамин B1	2,0	0,61±0,01	0,86±0,01
Vitamin B2   Витамин B2	2,5	0,07±0,003	0,14±0,002
Vitamin PP   Витамин PP	20,0	2,36±0,02	2,41±0,02
Vitamin C   Витамин C	до 100,0	—	0,106±0,001

Установлено, что опытные образцы корейки отличались от контрольных как количественным, так и качественным витаминным составом. У опытных образцов была идентифицирована и количественно определена аскорбиновая кислота, ее содержание в готовом продукте составило 0,106 мг %.

Уровень витаминов группы В в опыте был выше, чем в контроле, что объясняется введением в рецептуру, не только настоя, но и комбинированной закваски на основе *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus fermentum*. Известно, что молочнокислые микроорганизмы способны синтезировать витамины группы В, в частности тиамин и рибофлавин. Необходимо отметить, что содержание тиамина в опыте относительно суточной потребности человека составляет 43%.

В работе также были проведены исследования по количественному учету жизнеспособных клеток *L. brevis* и *L. fermentum* в корейке «Пикантная» на 0, 25, 30 сутки хранения готового продукта при температуре 0-4 °С относительной влажности 75±5%. Результаты исследований показали, что в готовом продукте (0 сутки хранения) общее количество жизнеспособных клеток молочнокислых микроорганизмов составило 1,18\*10<sup>9</sup> КОЕ/г, при дальнейшем хранении количество жизнеспособных клеток в корейке уменьшалось и к 25-тым суткам составило 1\*10<sup>7</sup> КОЕ/г, а на конец срока годности (30 суток) – 1\*10<sup>6</sup> КОЕ/г. Известно, что рекомендуемое количество молочнокислых бактерий в пробиотических продуктах должно составлять не менее 1\*10<sup>7</sup> КОЕ/г [19]. Таким образом, в первые три недели после изготовления корейка «Пикантная» обладает пробиотическими свойствами.

### Выводы

В результате проведенных экспериментальных исследований выявлено, что по содержанию белка (13,2%) и жира (27,8%) готовый продукт соответствует требованиям стандарта, предъявляемым к данному виду продукта. По соотношению ПНЖК:МНЖК:НЖК корейка «Пикантная» приближается к рекомендуемым нормам 10:60:30. Отмечено, что присутствие в настое аскорбиновой кислоты приводит к снижению остаточного количества нитрита натрия почти в три раза в инновационном сырокопченном продукте из свинины,

and qualitative vitamin content. Ascorbic acid was identified and quantified in the test samples, its content in the product was 0.106 mg %.

The content of vitamins В in the test samples was higher than in control, due to introducing into the recipe not only the extract, but also the combined starter culture based on *Lactobacillus brevis* and

*Lactobacillus fermentum*. It is known that the lactic acid bacteria can synthesize vitamins В, in particular, thiamine and riboflavin. It should be noted that the content of thiamine in the test sample is 43% of the daily requirement.

Also, the authors have done the research on the quantitative detection of viable cells of *L. brevis* and *L. fermentum* in the uncooked smoked loin «Pikantnaya» at 0, 25, 30 days of storage of the finished product at a temperature of 0-4 °С and humidity of 75±5%. The results showed that in the final product (0 days of storage) the total number of viable cells of the lactic acid microorganisms was 1,18 \* 10<sup>9</sup> CFU/g; at the further storage, the number of viable cells in the uncooked smoked loin reduced and on the 25th day was 1\*10<sup>7</sup> CFU/g, while at the end of the shelf-life (30 days) it was 1\*10<sup>6</sup> CFU/g. It is known that the recommended amount of lactic acid bacteria in probiotic products should be no less than 1\*10<sup>7</sup> CFU/g [19]. Thus, the uncooked smoked loin «Pikantnaya» has probiotic properties during the first three weeks after manufacture.

### Conclusion

The results of the experimental studies have shown that the finished product meets the requirements of the standard for this type of products by the content of protein (13.2%) and fat (27.8%). The uncooked smoked pork loin, which was made with the use of the starter culture on the basis of *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus fermentum* and the aqueous extract of dog-rose hips, is close to the recommended ratio of the PUFAs : MUFAs : SFAs (10:60:30). Authors also noted that the presence of ascorbic acid in the extract led to a significant decrease in the residual amount of sodium nitrite by almost three times in the innovative smoked pork product, which increased its food safety. Addition of the starter cultures *L. brevis* and *L. fermentum* and the extract of dog-rose hips (*Rosa Davurica*) to the brine during salting has a positive effect on the formation of the sensory characteristics of the pork loin: taste, aroma, color and its structural and mechanical properties. The product has the more monolithic, firm texture and rich color. The research on the quantitative detection of viable cells of *L. brevis* and *L. fermentum* in the uncooked smoked loin from pork

что повышает его пищевую безопасность. Добавление стартовых культур *L. brevis* и *L. fermentum* и настоя плодов шиповника Даурского в посолочный рассол оказывает положительное влияние на формирование высоких органолептических характеристик корейки: вкуса, аромата, окраски и структурно-механических характеристик. Готовый продукт имеет монолитную, плотную консистенцию и насыщенный цвет. В работе также были проведены исследования по количественному учету жизнеспособных клеток *L. brevis* и *L. fermentum* в корейке «Пикантная», установлено, что количество жизнеспособных клеток в корейке на 25 сутки хранения ( $1 \cdot 10^7$  КОЕ/г), что соответствует требуемым нормам, предъявляемым к пробиотическим продуктам.

Таким образом, анализ полученных результатов экспериментальных исследований выявил преимущества совместного использования комбинированной закваски и водного настоя плодов шиповника в технологии цельномышечных сырокопченых мясопродуктов для повышения потребительских характеристик готового продукта.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

##### Принадлежность к организации

**Забалуева Юлия Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии мясных и консервированных продуктов» ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская 40в.  
Тел.: 8(3012)417218  
e-mail: aprilpolina@mail.ru

**Баженова Баяна Анатольевна** - доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии мясных и консервированных продуктов» ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская 40в.  
Тел.: 8(3012)417218  
e-mail: bayanab@mail.ru

**Назимова Ксения Сергеевна** - кандидат технических наук  
Тел.: 8(3012)648434  
e-mail: aprilpolina@mail.ru

##### Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.

Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

**Забалуева Ю.Ю.** разработала способ получения водного настоя плодов шиповника, изучила его качественные характеристики и провела анализ данных по качественным показателям кореек из свинины сырокопченых (опыт и контроль);

**Баженова Б.А.** выявила влияние настоя из плодов шиповника и комбинированной закваски на витаминный и жирнокислотный составы корейки свиной сырокопченной;

**Назимова К.С.** занималась описательной частью, а также провела исследования по динамике количественного учета жизнеспособных клеток *L. brevis* и *L. fermentum*.

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

**Баженова Б.А.** корректировала рукопись до подачи в редакцию

##### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 25.12.2015

«Pikantnaya» was also carried out. It was found that on the 25th day of storage, the total number of viable cells of the lactic acid microorganisms in the product was  $1 \cdot 10^7$  CFU/g, which corresponded to the requirements for probiotic products.

Thus, the analysis of the results of the experimental studies has shown the benefits of the combined use of the starter culture and the aqueous extract of dog-rose hips in the technology of whole-muscle uncooked smoked meat products for increasing consumer characteristics of the product.

#### AUTOR INFORMATION

##### Affiliation

**Zabalueva Yuliya Yurievna** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of meat and can products, East-Siberian State University of technology and management, 670013, Ulan-Ude, st. Kluchevskaya, 40v  
Ph.: 8(3012)417218  
e-mail: aprilpolina@mail.ru

**Bazhenova Bayana Anatolievna** – Doctor of Science, Associate Professor at the Department of Technology of meat and can products, East-Siberian State University of technology and management, 670013, Ulan-Ude, st. Kluchevskaya, 40v  
Ph.: 8(3012)417218  
e-mail: bayanab@mail.ru

**Nazimova Kseniya Sergeevna** - Candidate of Engineering Sciences  
Ph.: 8(3012)648434  
e-mail: aprilpolina@mail.ru

##### Contribution

All authors have responsibility for the information in manuscript.

All authors involved in this work in equal parts.

**Zabalueva Yu. Yu.** has developed a method for producing an aqueous extract from dog-rose hips, she studied its qualitative characteristics and analyzed the data on quality indicators of uncooked smoked loin from pork (test and control);

**Bazhenova B.A.** revealed the impact of the extract from dog-rose hips and complex leaven on the contents of vitamin and fatty acids in smoked pork loin;

**Nazimova K.S.** took part in the descriptive part, and she conducted research of the dynamics of the quantitative determination of viable cells *L. brevis* and *L. fermentum*.

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

**Bazhenova B.A.** adjusted the manuscript prior to submission to the Editor

##### Conflict of interest

The authors declare there is no conflict of interest

Received 25.12.2015

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хорольский В.В., Митасева Л.Ф., Машентцева Н.Г., Бучинская А.Г. Молочные микроорганизмы в технологии мясных продуктов // *Мясная индустрия*, 2006. №5. С.34
2. Хамагаева И.С., Ханхалаева И.А., Хамаганова И.В., Никифорова А.П. Применение пропионовокислых бактерий для производства продуктов из говядины // *Вестник ВСГУТУ*, 2012. № 3 (38). С.97-101.
3. Журавская Н.К., Фофанова Т.С., Михайлова М.М. Исследование перспектив применения бактерий стартовых культур при производстве охлажденных рубленых полуфабрикатов: тез. докл. 4-й всесоюзной науч.-техн. конф. - М., 1990.
4. Casquete R., Benito M.J., Martín A., Ruiz-Moyano S., Hernández A., Córdoba M.G. Effect of autochthonous starter cultures in the production of "salchichón", a traditional Iberian dry-fermented sausage, with different ripening processes // *LWT - Food Science and Technology*, 2011. V. 44, Issue 7, P. 1562-1571.
5. Työppönen S., Petäjä E., Mattila-Sandholm T. Bioprotectives and probiotics for dry sausages // *International Journal of Food Microbiology*, 2003. V. 83, Issue 3, P. 233-244.
6. Ravyts F., De Vuyst L., Leroy F. Bacterial diversity and functionalities in food fermentations // *Engineering in Life Sciences. Special Issue: Biotechnology of fermented food systems*, 2012. V. 12, Issue 4, P. 356-367.
7. Назимова К.С., Забалуева Ю.Ю., Данилов М.Б. Пробиотические микроорганизмы и настои из дикорастущих растений для мясных продуктов // *Мясная индустрия*, 2008. № 8. С. 38-39.
8. Баженова Б.А., Амагаева Г.Н., Данилов М.Б. Формирование окраски вареных колбас с биологически активной добавкой // *Мясная индустрия*, 2011. № 12. С.46-50.
9. Баженова Б.А., Колесникова И.С. Технология производства обогащенного мясного продукта // *Мясная индустрия*, 2012. № 2. С. 48-50.
10. Забалуева Ю.Ю., Баженова Б.А. Влияние настоев дикорастущих растений Забайкалья на цветообразование мясных продуктов // *Мясная индустрия*, 2006. № 7. С. 21-22.
11. Удачина Б.Г., Горбунова Ю.Н. Рябина: пищевая ценность, сорта, новое в размножении, основы агротехники // *Картофель и овощи*, 1991. № 1. С. 24-26.
12. Забалуева Ю.Ю., Баженова Б.А. Получение биологически активной пищевой добавки для мясных продуктов // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 2015. № 4. С. 75-82.
13. Забалуева Ю.Ю. Методы исследования мяса и мясных продуктов: учеб.-практ. пособие / Ю.Ю. Забалуева. - Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2011. - 92 с.
14. Рогов И.А., Жаринов А.И., Текутьева Л.А., Шепель Т.А. Биотехнология мяса и мясopодуков: курс лекций. - М.: ДеЛи Принт, 2009. - С. 226-253.
15. Ockerman H.W., Basu L. *Fermented Meat Products: Production and Consumption* [электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/45275/fermented?sequence=1> (Дата обращения: 15.01.2016).
16. *Fermented Sausages* [электронный ресурс]. // *Wedliny Domowe*. - Режим доступа: <http://www.meatsandsausages.com/sausage-types/fermented-sausage>. (Дата обращения: 05.03.2016).
17. Колезнева Е. Обзор российского рынка колбасных изделий и мясных деликатесов // *Russian Food&Drinks Market Magazine*, 2010. № 5.
18. Ковалева И.В., Сурай Н.М. Маркетинговые исследования локального рынка мясных деликатесов и мясной продукции // *Техника и технология пищевых производств*, 2015. № 4 (39). С. 151-155.
19. Журавлева С.В., Прокопец Ж.Г. Биологическая и пищевая ценность пробиотических пастообразных продуктов из сырья морского генеза // *Техника и технология пищевых производств*, 2012. № 4. С. 18-23.

## REFERENCES

1. Khorolsky V.V., Mitaseva L.F., Mashentseva N.G., Buchynska A.G. Dairy microorganisms in meat products technology // *Meat Industry*, 2006. № 5. P. 34
2. Hamagaeva I.S., Hanhalaeva I.A., Khamaganova I.V., Nikiforova A.P. Use of propionic acid bacteria for the production of beef // *Vestnik of ESSUTM*, 2012. № 3 (38). P. 97-101.
3. Zhuravskaya N.K., Fofanova T.S., Mikhailova M.M. Research of prospects of using bacterial starter cultures in the production of chilled semi-finished products: mes. rep. 4th All-Union Scientific.TchnoExpert.Conf. - M., 1990.
4. Casquete R., Benito M.J., Martín A., Ruiz-Moyano S., Hernández A., Córdoba M.G. Effect of autochthonous starter cultures in the production of "salchichón", a traditional Iberian dry-fermented sausage, with different ripening processes // *LWT - Food Science and Technology*, 2011. V. 44, Issue 7, P. 1562-1571.
5. Työppönen S., Petäjä E., Mattila-Sandholm T. Bioprotectives and probiotics for dry sausages // *International Journal of Food Microbiology*, 2003. V. 83, Issue 3, P. 233-244.
6. Ravyts F., De Vuyst L., Leroy F. Bacterial diversity and functionalities in food fermentations // *Engineering in Life Sciences. Special Issue: Biotechnology of fermented food systems*, 2012. V. 12, Issue 4, P. 356-367.
7. Nazimova K.S., Zabalueva Yu.Yu., Danilov M.B. Probiotic microorganisms and extracts from wild plants for meat products // *Meat Industry*, 2008. № 8. S. 38-39.
8. Bazhenova B.A., Amagzaeva G.N., Danilov M.B. Formation of the color of cooked sausages with biological active supplement // *Meat Industry*, 2011. № 12. P. 46-50.
9. Bazhenova B.A., Kolesnikova I.S. Technology of production of enriched meat product // *Meat Industry*, 2012. № 2. P. 48-50.
10. Zabalueva Yu.Yu., Bazhenova B.A. Effect of extracts of wild plants of Zabaikaliya on color formation of meat products // *Meat Industry*, 2006. № 7. P. 21-22.
11. Udachina B.G., Gorbunova Yu.N. Rowan: food value, varieties, new in reproduction, the basics of farming // *Potatoes and vegetables*, 1991. № 1. P. 24-26.
12. Zabalueva Yu.Yu., Bazhenova B.A. Preparation of biologically active food additive for meat products // *Proceedings of the universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2015. № 4. P. 75-82.
13. Zabalueva Yu.Yu. Methods of research of meat and meat products: benefit. - Ulan-Ude: Univ ESSUTM, 2011. - 92 p.
14. Rogov I.A., Zharinov A.I., Tekuteva L.A., Shepel T.A. *Biotechnology of meat and meat products: a series of lectures*. - M.: Print DeLee, 2009. P. 226 - 253.
15. Ockerman H.W., Basu L. *Fermented Meat Products: Production and Consumption* [electronic resource]. - Access mode: <https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/45275/fermented?sequence=1> (Date of access: 15.01.2016).
16. *Fermented Sausages* [electronic resource]. // *WedlinyDomowe*. - Access mode: <http://www.meatsandsausages.com/sausage-types/fermented-sausage>. (Date of access: 05.03.2016).
17. Kolezneva E. Review of the Russian market of sausage products and meat delicacies // *Russian Food & Drinks Market Magazine*, 2010. № 5.
18. Kovaleva I.V., Surai N.M. Marketing research of the local market deli meats and meat products // *Engineering and technology of food production*, 2015. № 4 (39). P. 151-155.
19. Zhuravleva S.V., Prokopets J.G. The biological and food value of probiotic paste products from raw materials of marine origin // *Engineering and technology of food production*, 2012. № 4. P. 18-23.

# STUDY OF SODIUM, POTASSIUM, AND CALCIUM SALTS INFLUENCE ON PROTEIN STABILITY BY DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЛЕЙ НАТРИЯ, КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ БЕЛКОВ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ

Tunieva E. K.,<sup>1</sup> Dederer I.,<sup>2</sup>

<sup>1</sup> — The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

<sup>2</sup> — Max Rubner Institute (MRI), Kulmbach, Germany

**Ключевые слова:** дифференциальная сканирующая калориметрия, актин, миозин, температура денатурации белков

**Keywords:** differential scanning calorimetry, actin, myosin, protein denaturation temperature

### Аннотация

Изучение стабильности белков в зависимости от различных технологических факторов позволяет направленно корректировать физико-химические свойства мяса и качество готовой продукции. В статье представлены возможности использования ДСК для изучения влияния моно- и дивалентных солей на стабильность белков к термической обработке. С целью установления влияния хлорида натрия и его заместителей – солей калия и кальция на термостабильность белков были проведены исследования измельченных образцов длиннейшей мышцы свинины, посоленных поваренной солью в количестве 2,0% и композициями солей с пониженным на 50% содержанием хлорида натрия – смесь хлоридов натрия и калия; смесь хлоридом натрия, калия и кальция на дифференциальном сканирующем калориметре DSC Q 2000, с пределами изменения температур от 5 °C до 100 °C и скоростью изменения температуры - 1К/мин. Установлено, что внесение хлорида калия взамен 50% поваренной соли не оказывало существенного влияния на стабильность актина и миозина к тепловой денатурации. Посол мяса композицией со смеси хлоридов натрия, калия и кальция приводил к снижению устойчивости миофибриллярных белков, что свидетельствовало о дестабилизирующем эффекте кальция на актин и миозин. Выявлена отрицательная корреляционная зависимость между величиной ионной силы и температурой денатурации миозина и актина. Коэффициенты корреляции составили для миозина - минус 0,99, для актина - минус 0,95. Снижение температуры денатурации миофибриллярных белков в присутствии хлорида кальция открывает перспективы для проведения исследований, направленных на обоснование возможности проведения тепловой обработки мясной продукции с пониженным содержанием натрия при более низких температурах.

### Abstract

Study of protein stability depending on the various technological factors allows to directionally adjust the physicochemical properties of raw meat and the quality of finished meat products. The paper investigates the possibility of using the DSC to study the influence of monovalent and divalent salts on protein thermal stability. In order to determine the effect of sodium chloride and its substitutes, potassium and calcium salts, on the thermal stability of proteins, the studies were carried out with grinded pork longissimus muscle samples salted with sodium chloride at level of 2.0% and with salt compositions containing reduced by 50% level of sodium chloride (a mixture of sodium and potassium chlorides; a mixture of sodium, potassium, and calcium chlorides) using the differential scanning calorimeter DSC Q 2000 in the temperature range of 5 °C to 100 °C and the temperature change rate of 1 K/min. It was found that the addition of potassium chloride instead of 50% of sodium chloride had no significant effect on actin and myosin resistance to thermal denaturation. Meat salting using the mixture of sodium, potassium, and calcium chlorides resulted in decrease of myofibrillar proteins stability indicating the destabilizing effect of calcium on actin and myosin. A negative correlation between the magnitude of the ionic strength and the temperature of myosin and actin denaturation has been found. The correlation coefficients were minus 0.99 and minus 0.95 for myosin and actin respectively. Reduction of denaturation temperature for myofibrillar proteins in the presence of calcium chloride opens perspectives to study the possibility of heat treatment at lower temperatures for meat products with reduced sodium content

### Введение

Исследованию свойств белковых компонентов мясного сырья посвящено немало научных работ отечественных и зарубежных ученых. Однако, большинство методов, используемых для изучения физико-химических изменений белков в процессе созревания и технологической обработки мяса, основаны на предварительной экстракции белковых веществ различными растворителями, что существенно усложняет проведение исследований и увеличивает их трудоемкость. В связи с этим представляет интерес изучение возможности

### Introduction

Many scientific works of national and foreign scientists studied the properties of protein components in meat raw materials. However, most of the methods used to study the physical and chemical changes of proteins during meat ageing and processing are based on preliminary extraction of proteins with various solvents, which considerably complicates the research and increases labor input. In this context, it is interesting to study the possibility of thermal analysis (calorimetry) usage to determine physical and chemical changes in biological components of meat, i.e. protein and fat. Thermodynamic

использования метода термического анализа (калориметрии) для изучения физико-химических изменений биологических компонентов мяса – белков и жиров. Термодинамические свойства мяса имеют важную роль для оптимизации параметров технологических процессов, в том числе охлаждения и замораживания [1]. Исследования термодинамических характеристик различных видов мяса, проведенные зарубежными учеными, позволили установить пики термограмм, соответствующие температуре денатурации миозина (54-58 °С), актина (71-83 °С) и коллагена (67 °С) с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) [2-5]. Однако ряд исследований, проведенных в последние годы, свидетельствуют о существенном влиянии на формирование термодинамических характеристик мясных систем различных рецептурных ингредиентов – поваренной соли, пищевых фосфатов, стабилизаторов полисахаридной природы, белковых препаратов и др. [6-10]. Так, большинство исследований свидетельствовало о смещении температуры денатурации белков мяса в присутствии поваренной соли в сторону низких температур. Согласно работе Thorarinsdottir и др., соответствующий пик трансформации актина трески смещался от 73,5 до 67,0 °С [7]. Fiala и Honikel установили снижение температуры денатурации и энтальпии миофибрилярных белков мышечной ткани говядины, посоленной хлоридом натрия [11]. Схожие данные были получены Kijowski и др., которые зафиксировали смещение температуры денатурации миозина с 58,4 до 53,6 °С и актина от 80,7 до 64,0 °С, в результате внесения хлорида натрия в количестве до 40 г/л в экстракт мышечных белков [3].

Однако, несмотря на важную роль поваренной соли в процессе посола и влияние ее на формирование потребительских характеристик и микробиологическую стабильность мясной продукции необходимо отметить тенденцию к снижению содержания хлорида натрия в мясных продуктах за рубежом. С целью сокращения дозировки поваренной соли в мясной продукции интерес представляет использование солей, не содержащих натрия, но способных восполнить функциональные свойства поваренной соли, в том числе соленый вкус и технологические характеристики (активность воды, влагосвязывающая способность и т.д.) [12, 13].

Принимая во внимание влияние различных дозровок хлорида натрия на стабильность белков к тепловой денатурации, а также учитывая возрастающую мировую тенденцию к снижению содержания поваренной соли в мясных продуктах, целью данной работы являлось изучение влияния композиций солей с пониженным содержанием натрия на температуру денатурации белковых молекул методом ДСК.

### Материалы и методы

Объектами исследований служили образцы длиннейшей мышцы свинины II категории, породы крупная белая женских особей 2-х годовалого возраста, измельченные на волчке через отверстия решетки 2-3 мм и посоленные поваренной солью в количестве 2,0% и композициями солей № 1 и № 2 в количестве адекватном внесению 2,0% хлорида натрия. Для посола мяса использовали соль поваренную пищевую по ГОСТ Р 51574, хлорид калия

properties of meat have an important role in optimization of parameters of technological processes including cooling and freezing [1]. Using differential scanning calorimetry (DSC), in studies of thermodynamic characteristics of different meat types carried out by foreign scientists thermogram peaks were determined corresponding to denaturation of myosin (54-58 °С), actin (71-83 °С), and collagen (67 °С) [2-5]. However, in recent years a number of studies showed that the formation of thermodynamic characteristics of different meat systems are significantly influenced by ingredients in formulation, i.e. sodium chloride, phosphates, stabilizer polysaccharides, protein preparations, etc. [6-10]. So, most of the research had the evidence of protein denaturation temperature shift to lower temperatures in the presence of sodium chloride. According to Thorarinsdottir et al., corresponding actin transformation peak for cod shifted from 73.5 to 67.0 °С [7]. Fiala and Honikel have found the reduction of denaturation temperature and enthalpy for myofibrillar proteins of beef muscle tissue salted with sodium chloride [11]. Similar data were obtained by Kijowski et al., which registered the shift of denaturation temperature from 58.4 to 53.6 °С and from 80.7 to 64.0 °С for myosin and actin respectively as a result of sodium chloride addition to the extract of the muscle proteins in an amount of up to 40 g/L [3].

Despite the important role of sodium chloride in salting process and its influence on the formation of consumer characteristics and microbiological stability of meat products, overseas there is a trend for reduction of its content in meat products. In order to reduce the level of sodium chloride in meat products the usage of salts containing no sodium, but still possessing its functional properties including the salty taste and technological characteristics (water activity, water binding capacity, etc.) is of significant interest [12, 13].

Taking into account the effect of different levels of sodium chloride on the resistance of proteins to heat denaturation and considering the increasing global trend to reduce the sodium chloride content in meat products, the aim of this work was to study the effect of salt compositions with reduced sodium content on the temperature of protein molecules denaturation by DSC.

### Materials and methods

The objects of research were samples of second grade pork longissimus muscle from Large White females in the age of 2 years. The samples were ground in mincing machine with 2 to 3 mm grid and salted with sodium chloride at the level of 2.0% and with compositions of salts No. 1 and No. 2 at levels corresponding to 2.0% of sodium chloride. Table salt according to GOST R 51574, potassium chloride (analytically pure), and calcium chloride dihydrate (analytically pure) were used for meat salting. Salted meat was stored at 4±2 °С for 2 days. In order to study the influence of salt substitutes on meat protein resistance to thermal denaturation salted samples were studied by differential scanning calorimetry. Calorimetry is a method for studying the physical and chemical processes based on the detection of thermal effects accompanying the transformation of substances in the conditions of temperature programming. This method allows to register the heating (or cooling) curves of the tested object, during the phase transformation of which component (mixture of components) the heat is emitted or

(химически чистый), хлорид кальция двухводный (химически чистый). Посоленное мясо хранили при температуре  $4 \pm 2$  °С в течение 2 сут. Для изучения характера влияния заменителей соли на стабильность белков мяса к тепловой денатурации, были проведены исследования посоленных образцов методом дифференциальной сканирующей калориметрии. Калориметрия – метод исследования физико-химических процессов, основанный на регистрации тепловых эффектов, сопровождающих превращения веществ в условиях программирования температуры. Этот метод позволяет фиксировать кривые нагревания (или охлаждения) исследуемого объекта, при фазовом превращении одного из компонентов (смеси компонентов) которого происходит выделение или поглощение теплоты и на кривой (термограмме) появляются изломы (пики). В основе дифференциального метода лежит метод сравнения температур между измеряемым образцом и эталоном – термически стабильным материалом, без фазовых переходов, с температурой плавления (денатурации) значительно выше интервала температур, в котором проводятся исследования [14]. Исследования проводили на дифференциальном сканирующем калориметре DSC Q 2000 фирмы TA Instruments. Для проведения анализа были использованы алюминиевые тигли. Пределы изменения температур от 5 °С до 100 °С, скорость изменения температуры – 1 К/мин. Изменение энтальпии, т.е. энергию, необходимую для денатурации белка, представляющую собой площадь пика, рассчитывали по формуле:

$$\Delta H = \frac{60}{\beta} \int_{t_1}^{t_2} \frac{dQ}{dt} dT$$

где  $\Delta H$  – энтальпия, Дж/г;  
 $Q$  – количество теплоты, Вт  
 $\beta$  – постоянная скорость нагревания, К/мин;  
 $t$  – время, с.

### Результаты и их обсуждение.

Учитывая многофункциональность поваренной соли при производстве мясной продукции, в том числе существенное ее влияние на вкусовые характеристики готового продукта, снижение хлорида натрия повлечет за собой ухудшение органолептических и функциональных свойств мясных продуктов, и как следствие снижение конкурентоспособности продукции. По этой причине были проведены предварительные исследования, позволившие оценить целесообразность замены NaCl другими хлоридами, в первую очередь калия и кальция, с учетом их влияние на вкус, влагосвязывающую способность и активность воды. На основании предварительных исследований были предложены композиции с пониженным на 50% содержанием натрия (композиция № 1 – смесь хлорида натрия и хлорида калия; композиция № 2 – смесь хлоридов натрия, калия и кальция).

Разработанные композиции использовали для посола мяса и определения стабильности белков к тепловой денатурации.

Согласно полученной в рамках исследований термограмме (рис. 1) в свинине, посоленной хлоридом натрия в количестве 2,0%, было зафиксировано три пика –

absorbed and peaks appear on the curve (thermogram). The differential method is based on the temperature comparison between measured sample and reference, thermally stable material, without phase transition and with melting (denaturation) point that is significantly higher than the temperature range of the study [14]. Investigations were carried out using the differential scanning calorimeter DSC Q 2000 from TA Instruments company. Aluminum bowls were used for analysis. Limits of temperature changes were 5 °C to 100 °C and the temperature change rate was 1 K/min. The change of enthalpy, the energy needed for denaturation of the protein, which is a peak area, was calculated by the formula:

$$\Delta H = \frac{60}{\beta} \int_{t_1}^{t_2} \frac{dQ}{dt} dT$$

where  $\Delta H$  is enthalpy, J/g;  
 $Q$  – quantity of heat, W;  
 $\beta$  – constant of heating rate, K/min;  
 $t$  – time, s.

### Results and discussion

Given the multifunctionality of sodium chloride in manufacturing of meat products including its significant impact on flavor characteristics of final product, reduction of sodium chloride would result in a deterioration in sensory and functional properties of meat products, and, as a consequence, in lowering of product competitiveness. For this reason, preliminary research has been carried out allowing to evaluate the feasibility of NaCl replacing with other chlorides, first of all, potassium and calcium chlorides, regarding their impact on taste, water binding capacity, and water activity. Based on preliminary studies, compositions with 50% reduced sodium content (composition No. 1 - mixture of sodium chloride and potassium chloride; composition No. 2 - mixture of sodium, potassium and calcium chlorides) have been proposed.

Developed composition were used for salting of meat and for determination of proteins resistance to heat denaturation.

According to thermogram obtained under study (Figure 1), in pork salted with sodium chloride at level of 2.0% there were three peaks - 30.98 °C (I), 48.85 °C (II), and 66.24 °C (III) corresponding to fat melting point (I), temperature of myosin denaturation (II) and actin denaturation (III) respectively.

Partial replacement of sodium chloride with potassium chloride did not lead to significant change in fat melting point, as well as in the values of temperature peaks typical for myosin and actin denaturation. However, it is worth noting that the addition of potassium chloride contributed to increase in enthalpy of thermal transitions of myofibrillar proteins (Figure 2), which is associated with more power for the denaturation of proteins when using salting composition No. 1.

Addition of composition with calcium chloride instead of sodium chloride initiated the decrease of myosin and actin denaturation temperature, while the thermogram of meat salted with this composition had smoothing of peak typical for myosin denaturation, thus indicating a decrease in the enthalpy of thermal transition as compared to samples salted with sodium chloride and with composition No. 1. Furthermore, the addition of calcium chloride resulted in reduction of the temperature range, in which actin

**Table 1. Salt compositions with reduced sodium content**  
Таблица 1. Композиции солей с пониженным содержанием натрия

Substitutes   Наименование солезамениителей	Salt level, %   Дозировки солей, %	
	Composition No. 1   Композиция 1	Composition No. 2   Композиция 2
Sodium chloride (NaCl)   Хлорид натрия (NaCl)	1.0	1.0
Potassium chloride (KCl)   Хлорид калия (KCl)	1.2	0.6
Calcium chloride (CaCl <sub>2</sub> )   Хлорид кальция (CaCl <sub>2</sub> )	—	0.8

30,98 °C (I), 48,85 °C (II) и 66,24 °C (III), что соответствовало температуре плавления жира (I), температуре денатурации миозина (II) и актина (III).

Частичная замена поваренной соли на хлорид калия не приводила к существенному изменению температуры плавления жира, а также значения температурных пиков, характерных для денатурации миозина и актина. Однако стоит отметить, что внесение хлорида калия способствовало увеличению энтальпии тепловых переходов миофибриллярных белков (рис. 2), что связано с требованием большего количества энергии для денатурации белков при посоле мяса композицией 1.

Внесение композиции с хлоридом кальция взамен поваренной соли инициировало снижение температуры денатурации миозина и актина, причем на термограмме мяса, посоленного данной композицией, наблюдалось сглаживание пика, характерного для денатурации миозина, что свидетельствовало о снижении энтальпии теплового перехода по сравнению образцами, посоленными хлоридом натрия и композицией 1. Кроме того, в результате внесения хлорида кальция при посоле мяса зафиксировано уменьшение интервала температур, при котором происходили денатурационные изменения актина, что также приводило к снижению энтальпии денатурации актина. Так, если для образцов, посоленных поваренной солью и композицией 1 интервал температур фазового перехода составил  $-11,0 \pm 1,0$  °C, то при посоле композицией 2, содержащей хлорид кальция данный показатель уменьшился до  $6,0 \pm 1,0$  °C. Таким образом, для денатурации миофибриллярных белков при посоле композицией солей, содержащей кальций, требовалось меньшее количество энергии по сравнению с традиционным посолом мяса, что свидетельствует о дестабилизирующем влиянии ионов кальция на белковые молекулы. Полученные данные согласовывались с работами Starbusvik E. и др., установившими дестабилизирующий эффект кальция на миофибриллярные белки говядины [12].

Дестабилизирующий эффект хлорида кальция на миофибриллярные белки, вероятно, объясняется ускорением протеолиза под действием ионов кальция, таким образом денатурационные изменения начинаются до тепловой обработки, в связи с чем уменьшается энергия, необходимая для обеспечения тепловой денатурации миозина и актина. Кроме того, внесение хлорида кальция приводит к снижению pH мяса, приближая его к изоэлектрической точке, при

denaturation changes occurred, and that also decreased the enthalpy of actin denaturation. For example, if the temperature range of phase transition for the sample salted with sodium chloride and composition No. 1 was  $11.0 \pm 1.0$  °C, then when salting with composition No. 2 containing calcium chloride this parameter decreased to  $6.0 \pm 1.0$  °C. Thus, for myofibrillar proteins denaturation when salting with composition containing calcium less energy is required in comparison with traditional meat salting indicating the destabilizing influence of calcium ions on protein molecules. These findings are consistent with the work of Starbusvik E. et al., in which the destabilizing effect of calcium on beef myofibrillar proteins was found [12].

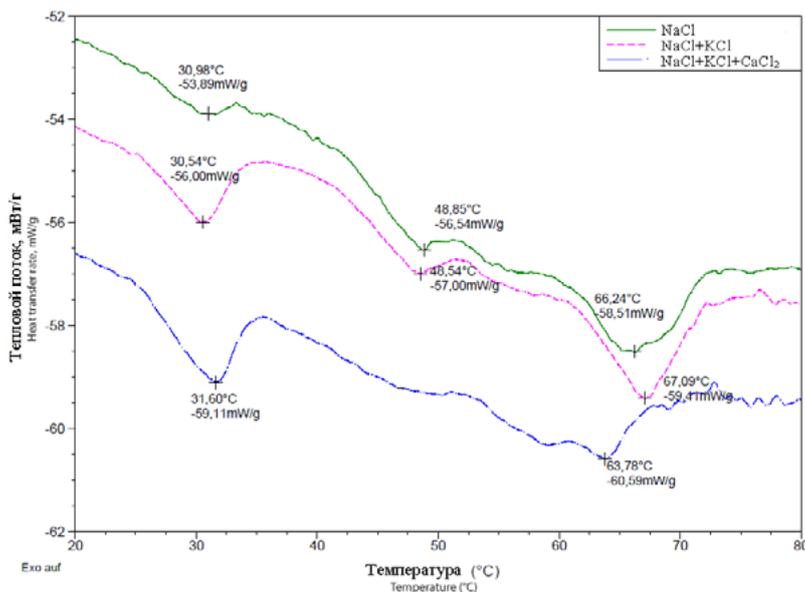


Рис. 1 Температура денатурации белков в присутствии солей  
Figure 1 Temperature of proteins denaturation in the presence of salts

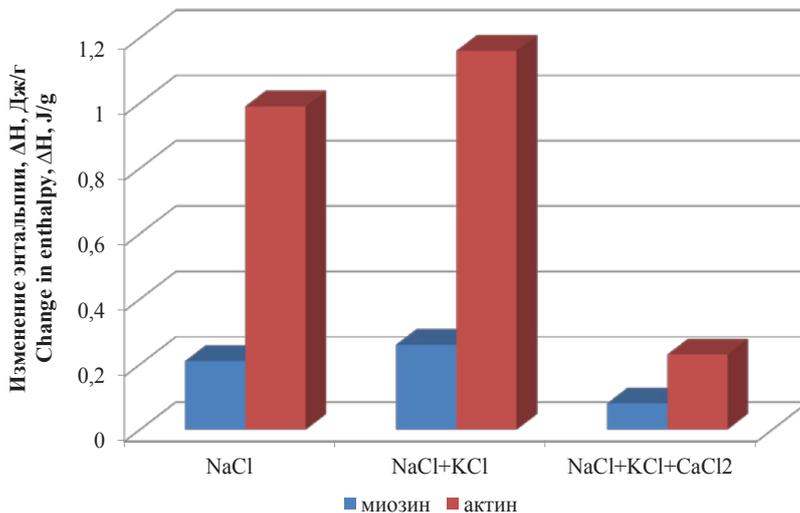


Рис. 2 Изменение энтальпии денатурации белков в присутствии разных солей  
Figure 2 Protein denaturation enthalpy change in the presence of various salts

которой белки наименее устойчивы. Еще одним возможным объяснением влияния хлорида кальция на снижение стабильности белков к тепловой обработке является его влияние на увеличение ионной силы. Математическая обработка полученных данных показала, что изменение температуры денатурации белков с увеличением ионной силы, создаваемой за счет внесения моно- и дивалентных солей происходило по экспоненциальному закону:

$$Y = ae^{bx}$$

где:

$Y$  – температура денатурации белка, соответствующая значению пика на термограмме °C;

$x$  – ионная сила, создаваемая за счет внесения солей, моль/л;

$a, b$  – коэффициенты экспоненциальной функции.

Анализ полученных данных подтвердил наличие отрицательной корреляционной зависимости между величиной ионной силы и температурой денатурации миозина и актина - абсолютная величина коэффициентов корреляции составила минус 0,99 и минус 0,95 соответственно.

### Выводы

Исследования денатурационных изменений белков с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии расширяют научные представления о характере действия моно- и дивалентных солей на термостабильность основных миофибриллярных белков – миозина и актина. Термограмма посоленного мяса позволила зафиксировать три пика, соответствующих температуре плавления жира, температуре денатурации миозина и актина. В ходе проведенных исследований установлено, что использование для посола мяса взамен 50% поваренной соли хлорида калия не приводило к существенному изменению температуры денатурации миофибриллярных белков с одновременным увеличением энтальпии тепловых переходов миозина – на 0,05 Дж/г и актина – на 0,17 Дж/г.

Посол мяса с использованием композиции солей, содержащей хлорид кальция, приводил к снижению температуры денатурации актина до 63,78 °C и сглаживанию пика, соответствующего для денатурации миозина, а также уменьшению энергии, необходимой для тепловых переходов миофибриллярных белков, в том числе за счет сокращения интервала температур денатурационных изменений. Таким образом, очевидно, что особенности влияния ионов кальция на физико-химические и биохимические свойства мяса – снижение pH, увеличение ионной силы, ускорение протеолитических изменений, обуславливают его дестабилизирующий эффект на тепловую устойчивость белковых молекул. На основании полученных данных установлены коэффициенты корреляции между величиной ионной силы и температурой денатурации миозина и актина - минус 0,99 и минус 0,95 соответственно.

Полученные результаты по снижению стабильности белков в процессе посола мяса представляют интерес для обоснования оптимальных режимов тепловой обработки мясной продукции с пониженным содержанием натрия.

The destabilizing effect of calcium chloride on myofibrillar proteins is probably due to proteolysis acceleration because of calcium ions activity. Thus, denaturation begins prior to heat treatment, therefore decreasing the energy required for heat denaturation of actin and myosin. Furthermore, the addition of calcium chloride reduces the pH of meat moving it closer to isoelectric point, at which the proteins are least stable. Another possible explanation for the influence of calcium chloride on decrease of protein resistance to heat treatment is its effect on increase in ionic strength. The mathematical processing of the obtained data shows that the change in the temperature of proteins denaturation with increasing ionic strength due to addition of monovalent and divalent salts is exponential:

$$Y = ae^{bx}$$

where:

$Y$  – denaturation temperature corresponding to peak value on the thermogram, °C;

$x$  – ionic strength created by addition of salts, mole/L;

$a, b$  – the coefficients of exponential function.

Data analysis confirmed the existence of a negative correlation between the magnitude of ionic strength and the temperature of myosin and actin denaturation; the absolute value of the correlation coefficient was minus 0.99 and minus 0.95 respectively.

### Conclusion

Research of denaturation changes in proteins by differential scanning calorimetry expands scientific understanding of the nature of monovalent and divalent salts action on thermal stability of main myofibrillar proteins, myosin and actin. Thermogram of salted meat allowed to register three peaks corresponding to fat melting point and denaturation temperatures of actin and myosin. During the research it was found that the usage of meat salting with potassium chloride instead of 50% of sodium chloride did not lead to significant changes in denaturation temperature of myofibrillar proteins with simultaneous increase in thermal transitions enthalpy of myosin and actin by 0.05 J/g and 0.17 J/g respectively.

Meat salting using the compositions containing calcium chloride resulted in decrease of actin denaturation temperature to 63.78 °C, in smoothing of peak corresponding to myosin denaturation, and in reduction of energy required for thermal transitions of myofibrillar proteins, particularly by reducing the temperature range of denaturation changes. Thus, it is obvious that the influence of calcium ions on the physicochemical and biochemical properties of meat, i.e. lowering the pH, ionic strength increase, proteolytic changes accelerating, causes its destabilizing effect on the thermal stability of protein molecules. Based on the data received, correlation coefficients between the ionic strength and denaturation temperature of myosin and actin are determined as minus 0.99 and minus 0.95 respectively.

The results for reduction of proteins stability during the meat salting are of interest to study the optimum heat treatment conditions of meat products with reduced sodium content.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Karunakar, B. Specific heat and thermal conductivity of shrimp meat / B. Karunakar, S.K. Mishra, S. Bandyopadhyay // *Journal of Food Engineering*. – 1998. – Vol. 37(3), p.345–351.
2. Stabursvik, E. Thermal denaturation of proteins in post rigor muscle tissue as studied by differential scanning calorimetry/ E. Stabursvik, H. Martens// *Journal of the Science of Food and Agriculture* – 1980. – Vol. 31, p. 1034–1042
3. Kijowski, J. M. Effect of sodium chloride and phosphates on the thermal properties of chicken meat proteins/ J. M. Kijowski, M.G. Mast// *Journal of Food Science* – 1988. – Vol. 53 (2), p. 367–370
4. Graiver, N. Diffusion of sodium chloride in pork tissue/ N. Graiver, A. Pinotti, A. Califano, N. Zaritzki// *Journal of Food Engineering*. – 2006. – Vol. 77, p. 910–918.
5. Sasaki, K. Differential scanning calorimetry of porcine adipose tissues/ K. Sasaki, M. Mitsumoto, T. Nishioka, M. Irie // *Meat Science*. – 2006. – Vol. 72(4), p. 789–792.
6. Raemy, A. Behavior of foods studied by thermal analysis: Introduction / A. Raemy// *J Thermal AnalCalorimetry*. – 2003. – Vol. 71(1), p.273–278.
7. Thorarinsdottir, K. A. Changes in myofibrillar proteins during processing of salted cod (*Gadusmorhua*) as determined by electrophoresis and differential scanning calorimetry / K. A. Thorarinsdottir, S. Arason, M.Geirsdottir, S. Bogason, K. Kristbergsson// *Food Chemistry* - 2002. – Vol. 77, p. 377–385.
8. Pighin, D. Effect of salt addition on the thermal behavior of proteins of bovine meat from Argentina / D. Pighin, A. Sancho, C. Gonzalez// *Meat Science*. – 2008. – Vol. 79(3), p. 549–556.
9. Mourtzinos, I. Thermal oxidation of vanillin affects its antioxidant and antimicrobial properties/I. Mourtzinos, S. Konteles, N. Kalogeropoulos, V.T.Karathanos // *Food Chemistry*.– 2009. – Vol. 114 (3), p. 791–797
10. Zhang, Y. Effects of NaCl Concentration and Potassium Chloride Substitutions on the Thermal Properties and Lipid Oxidation of Dry-Cured Pork/ Y. Zhang, X. Feng, H.Wu, J.Tang, J. Zhang// *Journal of Food Science* – 2014. – Vol. 79 (9), p. 1695-1703
11. Marion, Fiala. Der Einsatz der Differential Thermoanalyse (DSC). Teil 2: Zur Festlegung von Zusätzen zu Fleisch/ Karl Otto Honikel, Fiala Marion // *Fleischwirtschaft* – 1995. - Vol.75(8), p.1013-1018.
12. Armenteros, M. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts/ M. Armenteros, M.-C.Aristoy, J. M.Barat, F. Toldra // *Meat Science*. - 2012. – Vol. 90(2), p. 361-367.
13. Choi, Y. M. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physico-chemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage/ Y. M. Choi, K. C. Jung, H. M. Jo , K. W. Nam, J. H.Choe, M. S.Rhee, B. C. Kim// *Meat Science*. - 2014. Vol. 96(1), p.21-25.
14. Емелина, А.Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия/А.Л. Емелина// *Лаборатория химического факультета, МГУ*, – 2009. – 42 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

## Принадлежность к организации

Туниева Елена Карленовна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина 26.  
Тел.: 8(495)676-71-11 e-mail: lenatk@bk.ru

Дедерер Ирина - Dr., Институт Макса Рубнера (MRI), Германия, Институт по исследованию безопасности и качества мяса, Кульмбах, Е.-С.-Baumann-Straße, 20  
Тел.: +49 9221 803 276 e-mail: irina.dederer@mri.bund.de

## Критерии авторства

Дедерер И. занималась постановкой метода исследования и оптимизацией параметров прибора DSC Q 2000. Туниева Е.К. подготовила план проведения исследований и анализировала полученные данные.  
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 11.01.2016

## REFERENCES

1. Karunakar, B. Specific heat and thermal conductivity of shrimp meat / B. Karunakar, S.K. Mishra, S. Bandyopadhyay // *Journal of Food Engineering*. – 1998. – Vol. 37(3), p.345–351.
2. Stabursvik, E. Thermal denaturation of proteins in post rigor muscle tissue as studied by differential scanning calorimetry/ E. Stabursvik, H. Martens// *Journal of the Science of Food and Agriculture* – 1980. – Vol. 31, p. 1034–1042
3. Kijowski, J. M. Effect of sodium chloride and phosphates on the thermal properties of chicken meat proteins/ J. M. Kijowski, M.G. Mast// *Journal of Food Science* – 1988. – Vol. 53 (2), p. 367–370
4. Graiver, N. Diffusion of sodium chloride in pork tissue/ N. Graiver, A. Pinotti, A. Califano, N. Zaritzki// *Journal of Food Engineering*. – 2006. – Vol. 77, p. 910–918.
5. Sasaki, K. Differential scanning calorimetry of porcine adipose tissues/ K. Sasaki, M. Mitsumoto, T. Nishioka, M. Irie // *Meat Science*. – 2006. – Vol. 72(4), p. 789–792.
6. Raemy, A. Behavior of foods studied by thermal analysis: Introduction / A. Raemy// *J Thermal AnalCalorimetry*. – 2003. – Vol. 71(1), p.273–278.
7. Thorarinsdottir, K. A. Changes in myofibrillar proteins during processing of salted cod (*Gadusmorhua*) as determined by electrophoresis and differential scanning calorimetry / K. A. Thorarinsdottir, S. Arason, M.Geirsdottir, S. Bogason, K. Kristbergsson// *Food Chemistry* - 2002. – Vol. 77, p. 377–385.
8. Pighin, D. Effect of salt addition on the thermal behavior of proteins of bovine meat from Argentina / D. Pighin, A. Sancho, C. Gonzalez// *Meat Science*. – 2008. – Vol. 79(3), p. 549–556.
9. Mourtzinos, I. Thermal oxidation of vanillin affects its antioxidant and antimicrobial properties/I. Mourtzinos, S. Konteles, N. Kalogeropoulos, V.T.Karathanos // *Food Chemistry*.– 2009. – Vol. 114 (3), p. 791–797
10. Zhang, Y. Effects of NaCl Concentration and Potassium Chloride Substitutions on the Thermal Properties and Lipid Oxidation of Dry-Cured Pork/ Y. Zhang, X. Feng, H.Wu, J.Tang, J. Zhang// *Journal of Food Science* – 2014. – Vol. 79 (9), p. 1695-1703
11. Marion, Fiala. Der Einsatz der Differential Thermoanalyse (DSC). Teil 2: Zur Festlegung von Zusätzen zu Fleisch/ Karl Otto Honikel, Fiala Marion // *Fleischwirtschaft* – 1995. - Vol.75(8), p.1013-1018.
12. Armenteros, M. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts/ M. Armenteros, M.-C.Aristoy, J. M.Barat, F. Toldra // *Meat Science*. - 2012. – Vol. 90(2), p. 361-367.
13. Choi, Y. M. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physico-chemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage/ Y. M. Choi, K. C. Jung, H. M. Jo , K. W. Nam, J. H.Choe, M. S.Rhee, B. C. Kim// *Meat Science*. - 2014. Vol. 96(1), p.21-25.
14. Емелина, А.Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия/А.Л. Емелина// *Лаборатория химического факультета, МГУ*, – 2009. – 42 с.

## AUTHOR INFORMATION

## Affiliation

Tunieva Elena Karlenovna – PhD in technical sciences, leading research scientist, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph: 8 (495) 676-71-11 e-mail: lenatk@bk.ru

Dederer Irina - Dr.-Ing., Max Rubner Institute (MRI), Germany, Department of Safety and Quality of Meat, Kulmbach D-95326 Kulmbach, E.-C.-Baumann-Straße, 20  
Ph: +49 9221 803 276 e-mail: irina.dederer@mri.bund.de

## Contribution

Dederer I. designed the method of research and optimized the parameters of DSC Q 2000 instrument. Tunieva E.K. prepared the research plan and analyzed the data received.  
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 11.01.2016

# LACTIC ACID BACTERIA AND THEIR ROLE IN THE MEAT PROCESSING

## МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ И ИХ РОЛЬ В ПЕРЕРАБОТКЕ МЯСА

Josef Kameník, Marta Dušková

University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences, Brno, Czech Republic

**Ключевые слова:** ферментация, порча, консервирующая упаковка, мясопродукты, термообработка

**Keywords:** fermentation, spoilage, preservative packaging, meat products, heat treatment

### Аннотация

Молочнокислые бактерии (МКБ) играют в мясной промышленности как положительную, так и отрицательную роль. Основная польза МКБ в производстве сухих ферментированных колбас заключается в ферментации сахаридов, т.е., образовании молочной кислоты и последующем падении pH. Роль МКБ в порче сырого мяса всё ещё неоднозначная. Несколько видов способны доминировать в мясной системе в условиях хранения в вакуумных упаковках и в модифицированной атмосфере и могут выделять молекулы, оказывающие влияние на запах. С другой стороны, они могут проявлять благоприятную антагонистическую активность против нежелательных микроорганизмов. МКБ являются важными возбудителями порчи в варёных мясопродуктах.

### Abstract

Lactic acid bacteria (LAB) play in meat processing a positive but also a negative role. The principal advantage of LAB in the production of dry fermented sausages lies in the fermentation of saccharides, i.e. the creation of lactic acid and the subsequent fall in pH. The role of LAB in fresh meat spoilage is still controversial. Several species are able to dominate the meat system in VP and MAP storage conditions and can release odor-impact molecules. On the other hand they can provide favorable antagonistic activity against other undesired microorganisms. LAB are important spoilage agents in cooked meat products.

### Введение

Молочнокислые бактерии (МКБ) – это группа грам-положительных бактерий, объединенных определенными морфологическими, метаболическими и физиологическими характеристиками. Они представляют собой неспорообразующие, не являющиеся аэробами, но аэротолерантные, каталазоотрицательные кокки или палочки, которые вырабатывают молочную кислоту как один из основных продуктов ферментации углеводов (Leroi, 2010; von Wright and Axelsson, 2012). Благодаря своей аэротолерантной анаэробной природе, МКБ присутствуют в широком диапазоне естественной окружающей среды, включая желудочно-кишечный тракт человека и животных (Toomey et al., 2010). МКБ традиционно ассоциированы с ферментацией пищевых продуктов и кормов, и обычно считаются благоприятными микроорганизмами. Люди эмпирически использовали МКБ для естественной ферментации молока, мяса, овощей и фруктов в течение тысячелетий, что приводило к новому стабильному продукту. Применение процесса подкисления, обусловленного выработкой молочной кислоты как основного конечного метаболита ферментации углеводов, является основным из наиболее желательных побочных эффектов их роста, ингибируя микроорганизмы, в том числе, наиболее распространенные человеческие патогены (Leroi, 2010).

При переработке мяса МКБ могут играть как положительную, так и отрицательную роль. Положительный эффект связан с ростом МКБ во время ферментации и созревания сухих ферментированных колбас. Отрицательная роль может быть ассоциирована с порчей мяса, выработкой биогенных аминов и распространением генов антибиотикорезистентности (Talon and Leroy, 2011; Toomey et al., 2010).

### МКБ в ферментированных мясных продуктах

Ферментированные пищевые продукты имеют более продолжительный срок хранения по сравнению

### Introduction

Lactic acid bacteria constitutes a group of gram-positive bacteria united by certain morphological, metabolic and physiological characteristics. They are nonsporulating, nonrespiring but aerotolerant, catalase negative cocci or rods, which produce lactic acid as one of the main fermentation products of carbohydrates (Leroi, 2010; von Wright and Axelsson, 2012). Due to their aerotolerant anaerobic nature, LAB occupy a wide range of natural environments including gastrointestinal tract of humans and animals (Toomey et al., 2010). LAB have traditionally been associated with food and feed fermentation, and are generally considered beneficial microorganisms. Human has empirically used LAB for natural fermentation of milk, meat, vegetables and fruits for thousands of years that led to a new stabilized product. The acidification process due to the lactic acid production as the major end-metabolite of the carbohydrate fermentation is one of the most desirable side effects of their growth, inhibiting micro-organisms including the most common human pathogens (Leroi, 2010).

In the meat processing LAB can play a positive but also negative role. The positive effect is connected with the growth of the LAB during fermentation and ripening of dry fermented sausages. The negative role can be associated with the meat spoilage, production of biogenic amines and distribution of antimicrobial resistance genes (Talon and Leroy, 2011; Toomey et al., 2010).

### LAB in fermented meats

Fermented foods generally have a longer shelf life than their original raw materials and their spoilage process has a different character. The antimicrobial effects of fermentation are not confined to spoilage organisms alone and can also affect pathogens that might be present (Adams and Mitchell, 2002). In microbiology, the term fermentation can be used to describe either microbial processes that produce useful products or a form of

с исходным сырьем, и процесс их порчи имеет другой характер. Антимикробные эффекты ферментации не ограничиваются только микроорганизмами, вызывающими порчу, и могут также оказывать влияние на патогены, которые могут присутствовать в продукте (Adams and Mitchell, 2002). В микробиологии термин *ферментация* может быть использован для описания или микробных процессов, которые приводят к образованию полезных продуктов, или формы роста анаэробных микроорганизмов, использующих внутренние акцепторы электронов и образующих АТФ в основном через фосфорилирование на уровне субстрата (Kim and Gadd, 2008). МКБ играют доминирующую роль в ферментации фарша, приготовленного для производства сухих ферментированных колбас. МКБ, однако, составляют только часть общей микробной популяции в мясе при естественных условиях.

Исходная популяция МКБ в сырье обычно низкая (3-4 log КОЕ/г), но она становится доминирующей во время этапа ферментации (8 log КОЕ/г) в традиционных колбасах (Talon and Leroy, 2011). После добавления стартовых культур МКБ начинают размножаться от исходной популяции 6,5 log КОЕ/г<sup>-1</sup> до 8,0–9,0 log КОЕ/г<sup>-1</sup> в течение первых нескольких дней (Kameník et al., 2013; Matagaras et al., 2015). Pořka et al. (2015) установили, что популяция МКБ составляла от <2 log КОЕ/г<sup>-1</sup> до 4,52 log КОЕ/г<sup>-1</sup> в образцах колбасы Piacentino (северная Италия) без стартовых культур сразу же после шприцевания в оболочки. Добавление стартовых культур вызывало увеличение МКБ с начала ферментации до уровней между 5,63 и 6,82 log КОЕ/г<sup>-1</sup>. После трех недель созревания, популяция МКБ достигала уровней между 8,15 и 8,89 log КОЕ/г<sup>-1</sup>; в это время не было очевидных различий в количестве МКБ между колбасами, в которых использовались стартовые культуры и колбасами, в которых они не использовались. Во время исследования минисалями, шприцовой в целлюлозные оболочки диаметром 25 мм, Gareis et al. (2010) установили увеличение популяций МКБ (при добавлении стартовых культур) на два логарифма в течение первых трех дней. Количество МКБ не снижалось ниже 8 log КОЕ/г<sup>-1</sup> ни в какой период в течение эксперимента (42 дня).

Главным преимуществом МКБ при производстве сухих ферментированных колбас является ферментация сахаридов, т.е., образование молочной кислоты и последующее падение pH. Это, однако, не является единственным положительным эффектом этой группы бактерий. Она также играет важную роль в выделении других активных ароматических (вкусовых) веществ и выработке антимикробных соединений. В течение своей жизни МКБ выделяют вещества во внешнюю окружающую среду, многие из которых обладают прямым антибактериальным эффектом. Это могут быть пероксид водорода или органические кислоты. Бактериоцины имеют более сложную структуру (de Souza Barbosa et al., 2015).

### **Роль МКБ в порче мяса**

Мясо считается одним из наиболее скоропортящихся продуктов. Это обусловлено его химическим составом, который благоприятствует росту микроорга-

anaerobic microbial growth using internally supplied electron acceptors and generating ATP mainly through substrate level phosphorylation (Kim and Gadd, 2008). LAB play the predominant role in fermenting the batter made for the preparation of dry fermented sausages. LAB, however, make up just part of the total microbial population in meat under natural conditions.

The initial population of LAB is usually low in the raw material (3 to 4 log CFU/g) but it becomes dominant during the fermentation step (8 log CFU/g) in traditional sausages (Talon and Leroy, 2011). Following the addition of starter cultures, LAB can multiply from an initial population of 6.5 log cfu g<sup>-1</sup> to 8.0–9.0 log cfu g<sup>-1</sup> over the first few days (Kameník et al., 2013; Matagaras et al., 2015). Pořka et al. (2015) found a LAB population from <2 log cfu g<sup>-1</sup> to 4.52 log cfu g<sup>-1</sup> in samples of Piacentino sausages (northern Italy) without starter cultures immediately after their filling into casings. The addition of starter cultures caused an increase in LAB from the beginning of fermentation to values of between 5.63 and 6.82 log cfu g<sup>-1</sup>. After three weeks of ripening, the LAB population reached values of between 8.15 and 8.89 log cfu g<sup>-1</sup>; at this time there was no evident difference in the number of LAB seen between sausages in which starter cultures were used and sausages in which they were not used. During tests on minisalami filled into cellulose casings of a diameter of 25 mm, Gareis et al. (2010) recorded an increase in the LAB population (with the addition of starter cultures) of two logarithmic orders during the first three days. The number of LAB did not fall beneath 8 log cfu g<sup>-1</sup> at any time during the course of the experiment (42 days).

The principal advantage of LAB in the production of dry fermented sausages lies in the fermentation of saccharides, i.e. the creation of lactic acid and the subsequent fall in pH. This is not, however, the only positive effect of this group of bacteria. It is also important in releasing other active aromatic (taste) substances and producing antimicrobial compounds. During their lifetime, LAB excrete substances into the external environment, many of which have a direct antibacterial effect. These may be hydrogen peroxide or organic acids. Bacteriocins have a more complicated structure (de Souza Barbosa et al., 2015).

### ***The role of LAB in the meat spoilage***

Meat is recognized as one of the most perishable foods. This is due to its chemical composition that favours microbial growth to unacceptable levels contributing significantly to meat deterioration or spoilage (Doulgeraki et al., 2012). It is well established that spoilage of meat is the result of decomposition and formation of metabolites caused by the growth and enzymatic activity of microorganisms (Argyri et al., 2015). Meat spoilage is usually caused by Gram negative bacteria (pseudomonads, Enterobacteriaceae, Shewanella putrefaciens) and several Gram positive (LAB, Brochothrix thermosphacta, clostridia) that dominate under different conditions (Pothakos et al., 2015). A preservative packaging has been widely used to extend the shelf life of fresh meat during distribution and retail sale. High-oxygen modified atmosphere packaging (MAP) has become widespread in recent decades for red meat. Oxygen concentrations of 70-80% ensure that oxymyoglobin is produced in surface

низмов до неприемлемых уровней, внося существенный вклад в ухудшение качества или порчу мяса (Doulgeraki et al., 2012). Хорошо известно, что порча мяса является результатом разложения и образования метаболитов, вызванных ростом и ферментативной активностью микроорганизмов (Argyri et al., 2015). Порча мяса обычно вызывается грамотрицательными бактериями (псевдомонады, *Enterobacteriaceae*, *Shewanella putrefaciens*) и несколькими грамположительными (МКБ, *Brochothrix thermosphacta*, клостридии), которые доминируют при различных условиях (Pothakos et al., 2015). Для удлинения продолжительности хранения сырого мяса во время дистрибуции и розничной торговли широко используется консервирующая упаковка. Упаковка красного мяса в модифицированной атмосфере (МАР) с высоким содержанием кислорода стала широко распространенной в последние десятилетия. Концентрации кислорода 70–80% приводят к образованию оксимиоглобина в поверхностных слоях мяса. Оставшиеся 20–30% в модифицированной атмосфере приходятся на CO<sub>2</sub>. Диоксид углерода ингибирует рост бактерий, удлиняя лаг-фазу и время размножения. Концентрация CO<sub>2</sub>, равная 25%, близка к максимальному ингибированию аэробной микрофлоры, которая затем снижается до <20%. Благодаря используемой смеси газов, обычная продолжительность хранения упакованного в модифицированной атмосфере мяса составляет от 10 до 14 дней. Второй тип консервирующей упаковки – это вакуумная упаковка (VP, CVP). Обычная продолжительность хранения вакуум-упакованной говядины и свинины составляет 28 и 21 день, соответственно. Альтернативной и относительно недавний тип розничной упаковки – это вакуумная скин-упаковка (VSP). Это относительно новый метод вакуумной упаковки включает размещение продукта на лотках и обертывание его в пленку под вакуумом при повышенной температуре. Нагревание приводит к размягчению верхней пленки, которая затем плотно покрывает продукт, поэтому и используется термин «скин» («кожа»). Эта процедура способствует более мягкому использованию вакуума. Результатом является снижение потерь сока и более длительная продолжительность хранения по сравнению с традиционной вакуумной упаковкой. Kameník et al. (2014) сравнивали микробиологические свойства упакованных в вакуумную скин-упаковку говядины и свинины с говядиной и свининой, упакованных в традиционную вакуумную упаковку и в упаковку с модифицированной атмосферой (табл. 1). Общее количество жизнеспособных микроорганизмов на 35 день хранения для говядины было между 6,3 и 7,8 log<sub>10</sub> КОЕ/г<sup>-1</sup>, без достоверных различий между индивидуальными типами упаковки. В свинине, популяции бактерий на 21 день были между 5 и 6 log<sub>10</sub> КОЕ/г<sup>-1</sup>. Были установлены сопоставимые уровни в популяциях психротрофных бактерий. Однако различия между индивидуальными типами упаковки отражались в представлении отдельных групп бактерий. Вакуумная упаковка определенно увеличивала развитие МКБ. Количество МКБ, определенные в свинине и говядине, упакованной в модифицированной атмосфере, были значительно ниже, чем те, которые были установлены в свинине, упакованной

layers of meat. The remaining 20-30% in the modified atmosphere is CO<sub>2</sub>. Carbon dioxide inhibits bacterial growth by extending the lag phase and generation time. A twenty-five percent CO<sub>2</sub> concentration is close to the maximum inhibition of aerobic microflora, which then decreases at <20%. Thanks to the mixture of gases used, the usual shelf life of MAP meat is 10 to 14 days. The second type of preservative packaging is vacuum packing (VP, CVP). The typical shelf life of vacuum-packed beef and pork is 28 and 21 days, respectively. An alternative and a relatively modern type of retail meat packaging is vacuum skin packaging (VSP). This relatively new method of vacuum packaging involves placing the product on a tray and wrapping it in a film under a vacuum at an elevated temperature. The heat causes the softening of the top film which then tightly covers the product, hence the designation of “skin”. This procedure allows a gentler use of vacuum. The result is a decrease in purge loss and a longer shelf life in comparison with conventional vacuum packaging. Kameník et al. (2014) compared microbiological properties of vacuum skin packaged beef and pork with beef and pork packaged in conventional vacuum packaging and modified atmosphere packaging (Table 1).

The total viable count on day 35 of storage for beef was between 6.3 and 7.8 log<sub>10</sub> cfu.g<sup>-1</sup>, with no significant differences between individual types of packaging. In pork, the bacterial population on day 21 was between 5 and 6 log<sub>10</sub> cfu.g<sup>-1</sup>. Comparable values were found in the population of psychrotrophic bacteria. Differences between individual types of packaging were, however, reflected in the representation of selected bacterial groups. Vacuum packaging clearly enhanced the development of LAB. LAB counts determined in pork and beef packed in a modified atmosphere were significantly lower than those found in pork in CVP and VSP (P = 0.044 and 0.018, respectively) and beef in CVP and VSP (P = 0.006 and 0.003, respectively). From day 14 of storage onwards, the LAB population in meat samples in CVP and VSP was 2 log<sub>10</sub> larger than that in MAP meat. The differences remained unchanged throughout the experiment.

Currently, the role of LAB in fresh meat spoilage is still controversial. On one side, several species are able to dominate the meat system in VP and MAP storage conditions and can release odor-impact molecules, which may alter the sensory profile of raw or cooked meat, albeit this is not the case in all documented reports. The spoilage character of some LAB taxa is ambiguous and probably correlated with specific spoilage-associated capacities of individual strains that cannot be attributed collectively to the respective species. Moreover, for the LAB with negligible role in sensory spoilage, a bioprotective function in meat can be hypothesized as they can provide favorable antagonistic activity against other undesired microorganisms (Pothakos et al., 2015).

#### **LAB as a spoilage agent of meat products**

The ability of bacteria to adapt to the conditions of the external environment is a key factor in determining whether they survive and continue to grow. Psychrotrophic lactic acid bacteria (LAB) are well adapted to the environment of meat products, which are characterised by microaerophilic conditions along with a lower

в вакуумную упаковку и вакуумную скин-упаковку ( $P = 0,044$  и  $0,018$ , соответственно), и говядине, упакованной в вакуумную упаковку и вакуумную скин-упаковку ( $P = 0,006$  и  $0,003$ , соответственно).

Начиная с 14 дня хранения популяции МКБ в образцах мяса в вакуумной упаковке и вакуумной скин-упаковке были на  $2 \log_{10}$  больше по сравнению с мясом, упакованным в модифицированной атмосфере. Различия оставались неизменными на протяжении всего эксперимента.

В настоящее время роль МКБ в порче свежего мяса все еще противоречивая. С одной стороны, несколько видов способны доминировать в мясной системе в условиях хранения в вакуумной упаковке или вакуумной скин-упаковке и могут выделять оказывающие влияние на запах молекулы, что может изменять сенсорный профиль сырого или термообработанного

$a_w$  value, and in which sodium chloride and nitrite are present (Samelis et al., 2000). Certain species of the genus *Lactobacillus*, such as *L. sakei* and *L. curvatus*, comprise the dominant microflora in dry fermented sausages (Bonomo et al., 2008; Cocolin et al., 2009).

On the other hand, there is also a large group of cooked meat products in which the presence of microorganisms and their metabolic activity is undesirable, as they induce spoilage and therefore reduce the shelf life of the given meat products. Psychrotrophic lactic acid bacteria have a crucial part to play in these negative effects (Slongo et al., 2009; Audenaert et al., 2010). Their presence is often connected with secondary contamination during packing or slicing, as they are not capable of surviving the heating involved in the cooking process (Franz, von Holy, 1996). Thermal resistant species also exist, however, which are not destroyed by higher temperatures (generally  $70^\circ\text{C}$ ),

**Table 1. Microbiological analysis of packaged beef and pork meat samples (MAP: modified atmosphere, CVP: vacuum, VSP: skin vacuum) during storage (mean  $\pm$  s.d.,  $\log \text{cfu.g}^{-1}$ ; Kamenik et al., 2014)**  
Таблица 1. Микробиологический анализ образцов упакованных говядины и свинины (MAP: модифицированная атмосфера, CVP: вакуумная упаковка, VSP: вакуумная скин-упаковка) во время хранения (средние значения  $\pm$  стандартные отклонения,  $\log \text{КОЕ/г}^{-1}$ ; Kamenik et al., 2014)

Day of sampling   Дни отбора проб		Beef   Говядина			Pork   Свинина		
		MAP	CVP	VSP	MAP	CVP	VSP
TVC	0	1.37 $\pm$ 0.44			2.55 $\pm$ 0.63		
	7	3.04 $\pm$ 0.72	3.45 $\pm$ 0.15	2.75 $\pm$ 0.31	2.60 $\pm$ 0.29	3.31 $\pm$ 0.55	2.12 $\pm$ 0.46
	14	3.70 $\pm$ 0.45	4.28 $\pm$ 0.60	3.48 $\pm$ 0.97	4.92 $\pm$ 1.04	4.12 $\pm$ 0.29	4.24 $\pm$ 0.74
	21	6.66 $\pm$ 0.05	6.94 $\pm$ 0.89	7.15 $\pm$ 0.49	6.37 $\pm$ 0.99	4.87 $\pm$ 0.52	5.03 $\pm$ 0.36
	35	6.81 $\pm$ 0.51	6.27 $\pm$ 0.68	7.82 $\pm$ 1.71	—	—	—
LAB	0	0.00 $\pm$ 0.00			0.17 $\pm$ 0.32		
	7	0.00 $\pm$ 0.00	0.41 $\pm$ 0.65	0.05 $\pm$ 0.12	0.00 $\pm$ 0.00	0.44 $\pm$ 0.49	0.37 $\pm$ 0.36
	14	0.34 $\pm$ 0.68	2.50 $\pm$ 0.65	2.51 $\pm$ 0.49	0.10 $\pm$ 0.16	2.10 $\pm$ 0.54	2.37 $\pm$ 0.53
	21	2.28 $\pm$ 0.98	4.30 $\pm$ 0.88	5.01 $\pm$ 0.92	2.24 $\pm$ 0.84	4.31 $\pm$ 1.04	4.77 $\pm$ 0.76
	35	1.97 $\pm$ 0.82	4.94 $\pm$ 0.68	5.14 $\pm$ 0.75	—	—	—
PSY	0	1.33 $\pm$ 0.58			1.79 $\pm$ 0.82		
	7	3.26 $\pm$ 0.94	3.62 $\pm$ 0.18	2.61 $\pm$ 0.97	3.20 $\pm$ 0.36	3.57 $\pm$ 0.59	2.33 $\pm$ 0.40
	14	3.81 $\pm$ 0.39	3.24 $\pm$ 0.77	1.60 $\pm$ 0.55	2.35 $\pm$ 0.87	2.31 $\pm$ 0.93	1.80 $\pm$ 0.45
	21	6.22 $\pm$ 0.40	6.02 $\pm$ 0.56	5.70 $\pm$ 0.42	6.17 $\pm$ 1.02	5.53 $\pm$ 0.63	5.46 $\pm$ 0.60
	35	7.10 $\pm$ 0.51	7.16 $\pm$ 0.22	7.11 $\pm$ 0.27	—	—	—
PSE	0	0.33 $\pm$ 0.58			0.40 $\pm$ 0.55		
	7	2.02 $\pm$ 0.23	0.63 $\pm$ 0.88	0.55 $\pm$ 0.76	0.94 $\pm$ 0.99	0.68 $\pm$ 0.65	0.39 $\pm$ 0.54
	14	2.09 $\pm$ 0.37	0.74 $\pm$ 1.02	0.00 $\pm$ 0.00	2.33 $\pm$ 0.17	2.13 $\pm$ 0.27	1.69 $\pm$ 0.71
	21	2.04 $\pm$ 0.47	1.46 $\pm$ 0.41	0.00 $\pm$ 0.00	2.31 $\pm$ 0.20	2.12 $\pm$ 0.35	1.96 $\pm$ 0.24
	35	5.01 $\pm$ 0.97	1.85 $\pm$ 0.36	0.54 $\pm$ 0.89	—	—	—
BRO	0	0.00 $\pm$ 0.00			0.00 $\pm$ 0.00		
	7	0.00 $\pm$ 0.00					
	14	0.96 $\pm$ 0.60	0.00 $\pm$ 0.00	0.64 $\pm$ 0.63	0.72 $\pm$ 0.69	0.70 $\pm$ 0.71	0.26 $\pm$ 0.36
	21	1.81 $\pm$ 0.19	1.13 $\pm$ 0.18	0.42 $\pm$ 0.58	2.15 $\pm$ 0.19	1.50 $\pm$ 0.16	0.13 $\pm$ 0.29
	35	2.53 $\pm$ 0.73	1.14 $\pm$ 0.66	0.00 $\pm$ 0.00	—	—	—
COL	0	0.00 $\pm$ 0.00			0.20 $\pm$ 0.45		
	7	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	1.35 $\pm$ 0.81	0.80 $\pm$ 0.72
	14	0.00 $\pm$ 0.00	1.34 $\pm$ 0.98	0.37 $\pm$ 0.51	0.09 $\pm$ 0.19	2.18 $\pm$ 0.36	2.60 $\pm$ 0.28
	21	0.00 $\pm$ 0.00	1.11 $\pm$ 0.94	1.13 $\pm$ 1.05	0.11 $\pm$ 0.25	3.37 $\pm$ 0.62	3.86 $\pm$ 0.34
	35	0.00 $\pm$ 0.00	0.99 $\pm$ 1.62	0.67 $\pm$ 0.93	—	—	—

(TVC = total viable count; LAB = lactic acid bacteria; PSY = psychrotrophic bacteria; PSE = *Pseudomonas* spp.; BRO = *Brochothrix thermosphacta*; COL = coliform bacteria)

(TVC = общее количество жизнеспособных микроорганизмов; LAB = молочнокислые бактерии; PSY = психротрофные бактерии; PSE = *Pseudomonas* spp.; BRO = *Brochothrix thermosphacta*; COL = колиформные бактерии)

мяса, хотя это не всегда происходило во всех документированных сообщениях. Характер порчи у некоторых таксонов молочнокислых бактерий неоднозначен и вероятно коррелирует со специфическими ассоциированными с порчей способностями отдельных штаммов, которые не могут быть коллективно приписаны соответствующим видам. Кроме того, для МКБ с незначительной ролью в сенсорной порче, можно предположить биозащитную функцию в мясе, так как они могут предоставить благоприятную антагонистическую активность против других нежелательных микроорганизмов (Pothakos et al., 2015).

#### **МКБ как возбудители порчи мясопродуктов**

Способность бактерий адаптироваться к условиям внешней среды является ключевым фактором в определении того, будут ли они выживать и продолжать расти. Психротрофные молочнокислые бактерии (МКБ) хорошо адаптированы к среде мясных продуктов, которая характеризуется микроаэрофильными условиями наряду с более низким уровнем  $a_w$ , и в которых присутствуют хлорид и нитрит натрия (Samelis et al., 2000). Определенные виды рода *Lactobacillus*, такие как *L. sakei* и *L. curvatus*, представляют собой доминирующую микрофлору в сухих ферментированных колбасах (Bonomo et al., 2008; Cocolin et al., 2009).

С другой стороны, также существует большая группа термообработанных мясопродуктов, в которых присутствие микроорганизмов и их метаболическая активность нежелательны, так как они вызывают порчу, и таким образом снижают продолжительность хранения данных мясопродуктов. Психротрофные молочнокислые бактерии играют критическую роль в этих негативных эффектах (Slongo et al., 2009; Audenaert et al., 2010). Их присутствие часто связано с вторичной контаминацией во время упаковки и нарезки, так как они не способны выживать в процессе термообработки (Franz, von Holy, 1996). Однако также существуют термоустойчивые виды, которые не разрушаются более высокими температурами (обычно 70 °C), и которые способны к дальнейшему росту при пригодных условиях.

Dušková et al. (2016) провела микробиологический анализ отдельных технологических операций во время промышленного производства вареных окороков с акцентом на МКБ. Образцы отбирали в течение всего цикла производства вареных окороков в мае-июне (эксперимент 1) и ноябре-декабре (эксперимент 2). Всего было отобрано и затем исследовано 215 образцов. Различия в присутствии МКБ в мясе до термообработки происходило от исходного уровня контаминации сырья. Во время термической обработки (температура в центре 70 °C/10 мин.) происходило снижение количества МКБ от 4,0 – 5,0 log КОЕ/г<sup>-1</sup> мяса до практически нулевого уровня. Популяции МКБ увеличивались во время хранения готовых продуктов. Уровень 7,0 log КОЕ/г<sup>-1</sup> был достигнут в ломтиках окорока, упакованного в модифицированной атмосфере, после трех (эксперимент 1) или двух (эксперимент 2) недель хранения, соответственно. В образцах вареного окорока после термообработки более часто

and which are capable of further growth under suitable conditions.

Dušková et al. (2016) performed microbiological analysis of individual technological operations during the industrial production of cooked hams, focusing on LAB. Samples were taken during the course of the entire cooked ham production cycle in May–June (Experiment I) and November–December (Experiment II). A total of 215 samples were taken and subsequently tested. The difference in the occurrence of LAB in meat before thermal processing resulted from the initial level of contamination of the raw material. A reduction to the number of LAB from 4.0-5.0 log cfu.g<sup>-1</sup> of meat to a value of practically zero occurred during the thermal processing (core temperature of 70 °C/10 min). The LAB population increased during storage of the finished products. A level of 7.0 log cfu.g<sup>-1</sup> was reached in slices of ham in the modified atmosphere after three (Experiment I) or two (Experiment II) weeks of storage, respectively. LAB of the genera *Leuconostoc* (*Leuc. carnosum*, *Leuc. mesenteroides* and *Leuc. gelidum*) occurred most frequently in samples of cooked ham after thermal processing. These species were also isolated from the production environment. *Lactobacillus sakei*, *Lbc. curvatus* and *Weissella viridescens* were other species of LAB that were isolated from samples after thermal processing (Dušková et al., 2016). The thermal resistance of *Weissella viridescens* was studied under laboratory conditions (0.9% NaCl; 50, 60 or 70 °C/5, 10 or 15 min.) and in dry cooked meat products (Kameník et al., 2015). Nine batches of hot smoked dry sausage were prepared differing in terms of the size of the inoculum of *W. viridescens* (3 log cfu.g<sup>-1</sup> of sausage batter, 4 log cfu.g<sup>-1</sup>) and the addition of dextrose (0, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4%). *W. viridescens* was detected in samples with a lower concentration of inoculum only after 2 weeks of ripening. But in batches with a higher concentration of inoculum *W. viridescens* was detected immediately after cooking and the number of cfu exceeded 7 log.g<sup>-1</sup> during ripening. The addition of dextrose did not influence the growth of *Weissella*. Survival of the species *W. viridescens* in hot smoked dry sausages was also demonstrated under the conditions of industrial production.

Dušková et al. (2015) determined the potential spoilage agent in hot smoked dry sausages. A total of 87 Vysočina sausages obtained from eight producers in the Czech Republic were analysed. The number of LAB ranged from 2.00 to 7.88 log CFU/g. *Weissella viridescens* was found in 30 of the 42 samples positive for LAB (71.4%), in 23 cases (53.5%) as a monoculture of LAB. An analysis of the factory environment and raw materials (84 swab samples) for the presence of LAB was conducted in relation to three producers. The species *W. viridescens* was found in just 2.4% of all swabs. As total of four samples designated for reworking contained LAB, with three samples being positive for the presence of *W. viridescens*, authors suggested that the reworking process leads to subsequent growth of thermoresistant strains causing spoilage of the sausages (Dušková et al., 2015).

встречались МКБ рода *Leuconostoc* (*Leuc. carnosum*, *Leuc. Mesenteroides* и *Leuc. gelidum*). Эти виды также выделяли из производственной среды. Другими видами МКБ, которые выделяли из образцов после термообработки, были *Lactobacillus sakei*, *Lbc. curvatus* и *Weissella viridescens* (Dušková et al., 2016). Изучали термоустойчивость *Weissella viridescens* в лабораторных условиях (0,9% NaCl; 50, 60 или 70 °C/5, 10 или 15 мин.) или в сухих вареных мясопродуктах (Kameník et al., 2015). Было изготовлено 9 партий сухой колбасы горячего копчения, которые различались по объему инокулята *W. viridescens* (3 log КОЕ/г<sup>-1</sup> колбасного фарша, 4 log КОЕ/г<sup>-1</sup>) и добавлению декстрозы (0; 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4%). *W. viridescens* был определен в образцах с более низкой концентрацией инокулята только после 2 недель созревания. Но в фарше с более высокой концентрацией инокулята *W. viridescens* был определен сразу же после термообработки, и количество КОЕ превышало 7 log КОЕ/г<sup>-1</sup> во время созревания. Добавление декстрозы не оказывало влияния на рост *Weissella*. Выживание вида *W. viridescens* в сухой колбасе горячего копчения также было продемонстрировано в условиях промышленного производства.

Dušková et al. (2015) определяли потенциал порчи в сухих колбасах горячего копчения. Всего было проанализировано 87 колбас Vysočina, полученных от восьми производителей в Чешской Республике. Количество МКБ было в диапазоне 2,00 до 7,88 log КОЕ/г. *Weissella viridescens* был обнаружен в 30 из 42 образцов, положительных на МКБ (71,4%), в 23 случаях (53,5%) как монокультура МКБ. У трех производителей был проведен анализ окружающей среды предприятия и сырья (84 образцов смывов) на присутствие МКБ. Вид *W. viridescens* был обнаружен только в 2,4% всех смывов. Всего 4 образца, предназначенных для повторной обработки, содержали МКБ, при этом три образца были положительными на присутствие *W. viridescens*; авторы полагают, что процесс повторной обработки приводит к последующему росту термоустойчивых штаммов, вызывающих порчу колбас (Dušková et al., 2015).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | REFERENCES

1. Adams, M. and Mitchell, R. (2002): Fermentation and pathogen control: a risk assessment approach. *International Journal of Food Microbiology*, 79, 75 – 83.
2. Argyri, A.A., Mallouchos, A., Panagou, E. Z., Nychas, G.-J. E. (2015): The dynamics of the HS/SPME-GC/MS as a tool to assess the spoilage of minced beef stored under different packaging and temperature conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 193, 51-58.
3. Audenaert, K., D'Haene, K., Messens, K., Ruysen, T., Vandamme, P. & Huys, G. (2010): Diversity of lactic acid bacteria from modified atmosphere packaged sliced cooked meat products at sell-by date assessed by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis. *Food Microbiology*, 27, 12 – 18.
4. Bonomo, M.G., Ricciardi, A., Zotta, T., Parente, E. & Salzano, G. (2008). Molecular and technological characterization of lactic acid bacteria from traditional fermented sausages of Basilicata region (Southern Italy). *Meat Science*, 80, 1238 – 1248.
5. Cocolin, L., Dolci, P., Rantsiou, K., Urso, R., Cantoni, C. & Comi, G. (2009). Lactic acid bacteria ecology of three traditional fermented sausages produced in the North of Italy as determined by molecular methods. *Meat Science*, 82, 125 – 132.
6. De Souza Barbosa, M., Todorov, S. D., Ivanova, I., Chobert, J. M., Haertlé, T., de Melo Franco, B.D.G. (2015): Improving safety of salami by application of bacteriocins produced by an autochthonous *Lactobacillus curvatus* isolate. *Food Microbiology*, 46, 254 – 262.
7. Doulgeraki, A.I., Ercolini, D., Villani, F., Nychas, G.-J. E. (2012): Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 157, 130-141.
8. Dušková, M., Kameník, J., Šedo, O., Zdráhal, Z., Saláková, A., Karpišková, R., Lačanin, I. (2015): Survival and growth of lactic acid bacteria in hot smoked dry sausages (non-fermented salami) with and without sensory deviations. *Food Control*, 50, 804-808.
9. Dušková, M., Kameník, J., Lačanin, I., Šedo, O., Zdráhal, Z. (2016): Lactic acid bacteria in cooked hams e Sources of contamination and chances of survival in the product. *Food Control*, 61, 1-5.
10. Franz, C.M.A.P., Von Holy, A. (1996). Thermotolerance of meat spoilage lactic acid bacteria and their inactivation in vacuum-packaged vinna sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 29, 59-73.
11. Gareis, M., Kabisch, J., R. Pichner, R., Hechelmann, H. (2010): Vorkommen von Lebensmittelinfektionserregern in Minisalamis (Occurrence of food borne pathogens in minisalamis). *Fleischwirtschaft* 90, 4, 179 – 183.
12. Kameník, J., Steinhauserová, P., Saláková, A., Pavlík, Z., Bořilová, G., Steinhauser, L., Ruprich, J. (2013): Influence of Various Pork Fat Types on the Ripening and Characteristics of Dry Fermented Sausage. *Czech Journal of Food Sciences*, 31, 419-431.
13. Kameník, J., Saláková, A., Pavlík, Z., Bořilová, G., Hulánková, R., Steinhauserová, I. (2014): Vacuum skin packaging and its effect on selected properties of beef and pork meat. *European Food Research and Technology*, 239, 395-402.
14. Kameník, J., Dušková, M., Šedo, O., Saláková, A., Pavlík, Z., Zdráhal, Z., Karpišková, R. (2015): Lactic acid bacteria in hot smoked dry sausage (non-fermented salami): Thermal resistance of *Weissella viridescens* strains isolated from hot smoked dry sausages. *LWT – Food Science and Technology*, 61, 492-495.
15. Kim, B. H., Gadd, G. M. (2008): *Bacterial Physiology and Metabolism*. Cambridge university press. New York. 529 pp.
16. Leroi, F. (2010): Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food Microbiology*, 27, 698-709.
17. Mataragas, M., Rovetto, F., Bellio, A., Alessandria, V., Rantsiou, K., Decastelli, L. (2015): Differential gene expression profiling of *Listeria monocytogenes* in Cacciatore and Felino salami to reveal Potential stress resistance biomarkers. *Food Microbiology*, 46, 408-417.
18. Polka, J., Rebecchi, A., Pisacane, V., Morelli, L., Puglisi, E. (2015): Bacterial diversity in typical Italian salami at different ripening stages as revealed by high-throughput sequencing of 16S rRNA amplicons. *Food Microbiology*, 46, 342 – 356.
19. Pothakos, V., Devlieghere, F., Villani, F., Björkroth, J., Ercolini, D. (2015): Lactic acid bacteria and their controversial role in Fresh meat spoilage. *Meat Science*, 109, 66-74.
20. Samelis, J., Kakouri, A. & Rementzis, J. (2000). Selective effect of the product type and the packaging conditions on the species of lactic acid bacteria dominating the spoilage microbial association of cooked meats at 4 °C. *Food Microbiology*, 17, 329 – 340.
21. Slongo, A.P., Rosenthal, A., Camargo, L.M. Q., Deliza, R., Mathias, S. P., Falcão de Aragão, G.M. (2009): Modeling the growth of lactic acid bacteria in sliced ham processed by high hydrostatic pressure. *LWT – Food Science and Technology*, 42, 303 – 306
22. Talon, R., Leroy, S. (2011): Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentation. *Meat Science*, 89, 303-309.
23. Toomey, N., Bolton, D., Fanning, S. (2010): Characterisation and transferability of antibiotic resistance genes from lactic acid bacteria isolated from Irish pork and beef abattoirs. *Research in Microbiology*, 161, 127-135.
24. Von Wright, A., Axelsson, L. (2012): *Lactic Acid Bacteria: An Introduction*. In: (Lahtinen, S., Ouwehand, A.C., Salminen, S., von Wright, A.: *Lactic acid bacteria. Microbiological and functional aspects*. 4th edition, CRC Press, Boca Raton, 779 pp.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

## Принадлежность к организации

Джозеф Каменик, кандидат ветеринарных наук, научный сотрудник кафедры гастрономии, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно, Palackého tř. 1946/1; 612 42 Брно, Чешская Республика. Тел.: 00420 541562600; e-mail: kamenikj@vfu.cz

Марта Дучкова, Ph.D., кафедра гигиены и технологии, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно, Palackého tř. 1946/1; 612 42 Брно, Чешская Республика. Тел.: 00420 541562720; e-mail: duskovam@vfu.cz

## Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы. Все авторы в равной степени участвовали в этой работе. Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат  
Джозеф Каменик корректировал рукопись до подачи в редакцию

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 15.12.2015

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

## Affiliation

Josef Kameník, candidate of veterinary sciences, Department of Gastronomy; Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno, Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic. Ph.: 00420 541562600; e-mail: kamenikj@vfu.cz

Marta Dušková, Ph.D., Department of Milch Hygiene and Technology; Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno, Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic. Ph.: 00420 541562720; e-mail: duskovam@vfu.cz

## Contribution

All authors are responsible for the work and given information. All authors were equally involved in this work. Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism  
Josef Kameník adjusted the manuscript prior to submission to the Editor

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 15.12.2015

# ANTE-MORTEM FORMATION OF THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MEAT RAW MATERIAL BY INTENSIFICATION OF THE MECHANISMS OF THE METABOLIC PROCESSES IN GILTS

## ПРИЖИЗНЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО МЯСНОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ МЕХАНИЗМОВ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СВИНОК

Giro T.M., Egorova Zh.G., Avdeenko V.S., Molchanov A.V.

Saratov State Agrarian University named after N.I.Vavilov, Saratov, Russia

**Ключевые слова:** овариэктомия свинок, гематологические показатели, инсулиноподобный фактор роста, соматотропный гормон, креатинфосфокиназа, лактатдегидрогеназа, продуктивность, пищевая ценность свинины

### Аннотация

Для сокращения сроков откорма, повышения интенсивности привесов без применения гормонов, антибиотиков, анаболических препаратов, а также для получения высококачественного мяса мраморной структуры, авторы исследовали влияние овариэктомии на интенсификацию метаболических процессов свинок. Эксперименты проведены в учебно-опытном хозяйстве РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева ФГУП «Муммовское» Аткарского района Саратовской области. Было обследовано две группы по 10 свинок породы дюрок, выращенных в одинаковых условиях. В результате эксперимента установлено влияние овариэктомии на уровень инсулиноподобного фактора роста (ИФР-1) и показатели метаболических процессов свинок. Подтверждено, что стимуляция системы соматотропный гормон - инсулиноподобный фактор роста (СТГ-ИФР), наряду с наследственными факторами и особенностями питания, вносит свой вклад в развитие мышечной ткани. Так, стимуляция секреции СТГ инсулиноподобным фактором роста способствует развитию мышечной ткани. Повышение уровня ИФР-1 приводит к образованию новых мышечных волокон, гиперплазии мышц. После операции ведущими факторами изменения мясных и откормочных показателей свинок явились подъем метаболической активности мышечной ткани и липидного обмена, усиление выработки ИФР-1, обладающего инсулиноподобным действием и обеспечивающего активацию у животных процессов пролиферации и дифференцировки клеток. Увеличение значения ИФР-1 оказывало положительное влияние на показатели мясной продуктивности, химический и биохимический состав свинины. Одновременный запуск системных катаболических и локальных анаболических реакций у свинок после овариэктомии способствовал получению более высоких показателей пищевой ценности мяса

### Введение.

Современные технологии в свиноводстве основываются на производстве конкурентоспособной, экологически безопасной продукции при максимальном использовании биологических резервов животных. Мировой опыт стран с развитым свиноводством показывает, что формирование качества мясной продукции начинается с выращивания животных и контролируется на всех участках трофологической цепи «от фермы до прилавка» (1).

**Keywords:** ovariectomy of gilts, hematological indices, insulin-like growth factor, somatotropin, creatine phosphokinase, lactate dehydrogenase, productivity, nutritional value of pork

### Abstract

In order to reduce the time of feeding, increase the intensity of weight gain without hormones, antibiotics, anabolic drugs, as well as to obtain high-quality meat with marble structure, the authors studied the influence of ovariectomy on the intensification of the metabolic processes in gilts. The experiments were carried out in the FGUP "Mummovskoe" – the educational experimental enterprise of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev), in the Atkarsky district of the Saratov region. Two groups of Duroc gilts (10 animals each) raised under the same conditions were studied. As a result of the experiment, the influence of ovariectomy on the level of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and indicators of metabolic processes in gilts were established. It is confirmed that stimulation of the somatotropin/insulin-like growth factor (ST-IGF) system along with hereditary factors and the characteristics of feeding contributes to the development of muscle tissue. Stimulation of ST secretion with insulin-like growth factor facilitates the development of muscle tissue.

An increase in IGF-1 level leads to the development of new muscle fibers and muscle hyperplasia. After surgery, the major factors of changes in meat and feeding indicators in gilts were the rise in the metabolic activity of muscle tissue and fat metabolism, enhancement of production of IGF-1, which has insulin-like action and ensures activation of the processes of cell proliferation and differentiation. Increase in IGF-1 level had a positive impact on meat productivity, chemical and biochemical composition of pork. Simultaneous triggering of the systemic catabolic and local anabolic reactions in gilts after ovariectomy contributed to obtaining higher nutritional value of meat

### Introduction

Modern technologies in pig breeding are based on production of competitive, environmentally friendly products with maximum use of biological reserves of animals. World experience of the countries with advanced pig breeding shows that the formation of meat product quality begins with raising animals and is monitored in all sections of the trophological chain “from farm to fork” (1).

Ежегодно на фермах стран с развитым свиноводством откармливается значительное количество свиней, примерно, половину которых составляют свинки. Свежее, а также вареное мясо и мясной бульон от свинок, забитых в состоянии эструса имеют специфический, неприятный запах, а так же в нем присутствуют стероидные женские половые гормоны, которые после употребления в пищу принимают участие в метаболизме человека (11).

В результате возникающих каждые 18-22 дня охоты и течки у свинок понижается аппетит, они теряют в весе 5-8 кг, возбужденные животные беспокоят других свиней, что отрицательно отражается на эффективности откорма (2). Установлено, что при интенсивном откорме некастрированных животных, не пользующихся активным моционом, развивается коллагенез, клинически, проявляющийся болезнями сухожилий, связок, костей, особенно конечностей, которые отрицательно влияют на привесы (5).

В настоящее время кастрация хрячков является коммерческой практикой, повсеместно используется для устранения стероидных андрогенов в мышечной ткани и нежелательных в них концентраций лафотрофных ферромоннов, выделяемых хрячками в период полового возбуждения (запах хряка). Способы профилактики специфического запаха у свинок в период полового цикла и устранения метаболических стероидных гормонов после убоя обсуждаются в периодической научной печати, статьях посвященных экологическим методам выращивания свиней на убой, генетической селекции против запаха и аутоиммунизации против стероидных гормонов С 19·А 16, ответственных за запах (7).

В статье R.I. Brooks и др. (3) приведены биохимические параметры формирования стероидных гормонов у откармливаемых свиней, которые ответственны за запах мяса животных.

В последние годы разрабатываются технологии иммунизации против гонадотропин - релизинг гормона (ГнРГ), которые являются хорошей альтернативой для хирургической кастрации самцов свиней, с целью предотвращения запаха мяса и устранения тестостерона из животных при убое некастрированных хрячков. Авторами X.Y. Zeng, J.A. Turkstra, A.W. Jongbloed, J.Th.M van Diepen, R.H. Meloen (2002 г) изучено влияние immunocastration на показатели роста свиней от 25 до 110 кг. Уровень тестостерона в плазме крови после иммунокастрации уменьшался после первой инъекции и достигал уровня животных контрольной группы (10).

В настоящее время дискутируется проблема (6) получения экологически безопасной мясного сырья методом недавно разработанной вакцины против лютеинизирующего релизинг – фактор гормона (LH-RH) на половое развитие и распространение запаха, которая была испытана на молодых хрячках.

По сравнению с контрольными самцами, эффективность кормления у кастратов была снижена на 10,0%, содержание мышечной ткани была снижена на 5,0%, а содержание жира в туше было увеличено на 26,0%. При этом концентрация тестостерона в плазме крови не оказывает существенного влияния на массу туши,

Every year, a significant number of pigs are fattened on the farms of the countries with advanced pig breeding; approximately half of them are gilts. Fresh and cooked meat as well as meat broth from gilts slaughtered in a state of estrus have a specific, unpleasant odor; moreover, they contain female sex steroid hormones, which after ingestion can take part in human metabolism (11). As a result of rut and estrus in gilts occurring every 18-22 days, their appetite decreases, they lose 5-8 kg of weight, excited animals disturb other pigs, which adversely affect efficiency of fattening (2). It has been found that upon intensive fattening of entire animals without active exercise, collagenoses develops, which is clinically manifested by diseases of tendons, ligaments, bones, especially, limbs, negatively influencing weight gain (5).

At present castration of boars is a commercial practice, which is commonly used for elimination of steroid androgens in meat tissue and undesired concentrations of sex pheromones secreted by boars during the period of sexual excitement (boar taint). The methods for preventing the specific odor in gilts over the period of the sexual cycle and eliminating the metabolic steroid hormones after slaughter are discussed in the scientific periodicals, articles dedicated to the ecological methods of pig raising for slaughter, genetic selection against odor and autoimmunization against steroid hormones C 19·A 16 responsible for odor (7).

R.I. Brooks et al. (3) present biochemical parameters of forming steroid hormones in fattening pigs, which are responsible for meat odor.

Over the last years, the technologies of immunization against gonadotropin-releasing hormone (GnRH) have been developed, which are a good alternative for surgical castration of male pigs with the aim of prevention of meat odor and elimination of testosterone from animals during slaughter of entire boars. X.Y. Zeng, J.A. Turkstra, A.W. Jongbloed, J.Th. MvanDiepen, R.H. Meloen (2002) studied the influence of immunocastration on growth performance of pigs from 25 to 110 kg. After immunocastration, the level of testosterone in blood plasma decreased after the first injection and reached the levels of the animals from the control group (10).

At present, there are discussions regarding the problem (6) of obtaining environmentally friendly meat raw material using the recently developed vaccine against the luteinizing hormone-releasing hormone (LH-RH) on the sexual development and distribution of odor, which was tested on young boars.

Compared to the control males, efficiency of feeding was reduced in castrates by 10.0%, muscle tissue content decreased by 5,0%, and the fat content in a carcass increased by 26.0%. With that, the concentration of testosterone in blood plasma did not significantly affect carcass weight; while this indicator was seven times lower ( $p<001$ ) when using the vaccine compared to the control intact males. The presented results show that the vaccine (anti-LH-RH) was effective in reducing the androstenone levels, decreasing boar taint at slaughter; although it has a negative effect in terms of animal weight gains (4).

To realize the potential of modern pig breeds, reduce a fattening period, increase the intensity of weight gains

в то время как данный показатель был в семь раз ниже ( $p < 0.01$ ) при применении вакцины, чем у контрольных интактных самцов. Представленные результаты показывают, что вакцина (анти-LH-RH) была эффективной в снижении уровня андростенона, уменьшения запаха хряка при убое, хотя и имела негативный эффект в отношении привесов массы животного (4).

Для реализации потенциала свиней современных пород, сокращения сроков откорма, повышения интенсивности привесов без применения гормонов, антибиотиков, анаболических препаратов, а также получения мяса с высокими сенсорными и функционально-технологическими свойствами, необходимо проведение овариоэктомии молодняка свиней.

Целью исследований являлось изучение влияния овариоэктомии на показатели метаболических процессов, продуктивность свинок и пищевую ценность мяса.

#### Материалы и методы исследования.

Эксперименты провели в учебно-опытном хозяйстве РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева ФГУП «Мумовское» Аткарского района Саратовской области.

Исследования на животных осуществлялись в соответствии с требованиями Женевской конвенции «International Guiding principles for Biomedical Research Involving Animals» (Geneva, 1990).

Было обследовано две группы по 10 свинок породы дюрок, выращенных в одинаковых условиях. Группы организовывались с учетом возраста, живой массы и физиологического состояния животных. Первый забор венозной крови из ушной вены у животных был проведен в возрасте 4 месяцев (120 дней). Овариоэктомия самок проведена с использованием анестезии, операция переносится животными вполне удовлетворительно, поэтому этот метод рекомендуется для широкого применения. Для получения сыворотки кровь из ушной вены собирали в пробирки «Vacutainer» (наполнитель Трилон-Б). После выделения сыворотки крови провели определение содержания общего белка (ОБ), альбуминов (А), глобулинов (Г) и отношения альбуминов/глобулинов (К а/г), активности щелочной фосфатазы (ЩФ), общей креатинфосфокиназы (КК), общей лактатдегидрогеназы (ЛДГ), общего холестерина (ОХС), общих фосфолипидов (ОФЛ), триглицеридов (ТГ), кальция (Са общ.), фосфора неорганического (Рн) проводили на автоматическом биохимическом анализаторе СА – 400. Одновременно в сыворотке крови определяли содержание ИФР-1 (инсулиноподобный фактор роста-1) методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием реактивов фирмы DSL. Определение ИФР-1 проводили на основе высокочувствительного метода с применением антител к двум различным сайтам данного белка, что дает возможность выявить его низкие концентрации. Количественное определение содержания ИФР-1 проводили на иммуноферментном анализаторе Stat Fax 1010.

Свинкам опытной группы была произведена операция овариоэктомии с анестезией по общепринятой методике в оперативной хирургии (5). Хирургическую операцию осуществляли последовательно, в три этапа:

without hormones, antibiotics, anabolic drugs, and to obtain meat with high sensory, functional and technological properties, it is necessary to perform ovariectomy of young pigs.

The aim of the research was to study the effect of ovariectomy on the indicators of the metabolic processes, productivity of gilts and nutritional value of meat.

#### Materials and methods

The research work was conducted in the “Mumovskoe” training farm of RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev in the Atkarsk district of the Saratov region.

The animal experiments were carried out in accordance with the Geneva Convention “International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals” (Geneva, 1990).

Two groups of Duroc gilts (10 animals each) raised under the identical conditions were examined. The groups were organized according to the age, body weight and physiological state of animals. The first sampling of venous blood from the auricular vein of animals was carried out at the age of 4 months (120 days). Ovariectomy of females was performed using anesthesia. The operation is tolerated by animals quite satisfactory; thus, this method is recommended for widespread use.

To obtain serum, blood was taken from the auricular vein into the «Vacutainer» tubes (the excipient Trilon B). After isolation of blood serum, the content of total protein (TP), albumins (A), globulins (G), the ratio of albumin / globulin (K a/g), alkaline phosphatase activity (AP), total creatine phosphokinase (CPK), total lactate dehydrogenase (LDH), total cholesterol (TC), total phospholipids (TPL), triglycerides (TG), calcium (Ca total.), inorganic phosphorus (IP) was determined on the automatic biochemical analyzer CA - 400. Simultaneously, the content of IGF-1 (insulin-like growth factor-1) was determined in blood serum by solid phase immunosorbent assay using the reagents from the DSL firm. Determination of IGF-1 was carried out on the basis of the highly sensitive method with the use of the antibodies to two different sites of this protein, which allows identification of its low concentrations. The quantitative determination of IGF-1 was carried out on the enzyme immunoassay analyzer Stat Fax 1010.

Ovariectomy of the gilts from the experimental group was performed with anesthesia by the conventional method of the operative surgery (5). The surgical operation was carried out stepwise in three stages: 1 – operative access, 2 - operation procedure, 3 - final stage. A gilt was fixed in the left side position with the front part of the body turned down. The fixation was made in the left side position on a ladder that was placed at an angle of 45 degrees to the horizontal plane. The operation was carried out in the right iliac area (method of Rukol V.M). In this operation, the local infiltration anesthesia was used along the line of a cut with 0.5% solution of Novocain. Skin, subcutaneous tissues and fascia were cut in the vertical direction (with regard to a standing animal) directly under the head of femur at a distance of 3-5 cm from it; the length of the wound was 4-5 cm. Then, the muscle fibers

первый – оперативный доступ, второй – оперативный прием, третий – заключительная часть. Свинку укрепили в левом боковом положении с опущенной вниз передней частью тела. Фиксировали в левом боковом положении на лестнице, которую ставили под углом 45° к горизонтальной плоскости. Оперировали в области правого подвздоха (способ Руколя В.М.). При данной операции проводили местную инфильтрационную анестезию по линии разреза 0,5% раствором новокаина. Кожу, подкожную клетчатку и фасции разрежали в вертикальном направлении (по отношению к стоящему животному) непосредственно под маклоком и отступая от него на 3-5 см, длина раны 4-5 см. Затем разъединили по ходу волокон мышцы и рассекли, захватив пинцетом, пристеночную брюшину. В брюшную полость вводили указательный и средний пальцы правой руки и на уровне 5-го поясничного позвонка, вблизи позвоночника и рядом с прямой кишкой, отыскали яичник. Яичник выводили из раны и откручивали между двумя зажимами. Отыскивали второй яичник, перемещая его в обратном направлении, и удалили так же, как первый.

Края раны обрабатывали 5%-ным спиртовым раствором йода. Для профилактики перитонита присыпали рану порошкообразным антибиотиком.

Повторный забор венозной крови у свинок был проведен в возрасте 6 месяцев. Контрольный убой свиней осуществлялся традиционным способом.

На протяжении эксперимента свиньи контрольной и экспериментальной и опытной групп находились в одинаковых условиях кормления и содержания в соответствии с ГОСТ 28839-90 (СТ СЭВ 6938-89): Зоотехнические требования к содержанию на откорме.

Животные получали основной рацион (ОР), который состоял из пшеницы, ячменя, отрубей, гороха и ржи. Во всех опытах применены идентичные способы транспортировки и предубойной подготовки. В возрасте 180 дней был произведен контрольный убой 20 животных на убойной площадке в УЧХОЗе - МСХА «Муммовское» Аткарского района Саратовской области. Убой животных проведен традиционным способом, переработка осуществлена методом съема шкуры. На разделку и обвалку туши направляли в охлажденном состоянии через 24 ч. после убоя. Для исследований отбирали образцы *m. Longissimus dorsi* контрольной и опытной группы, упаковывали в полиэтилен-полиамидную пленку и проводили исследование по ниже описанным методам.

Для определения мясной продуктивности в соответствии с ГОСТ Р 53221 использовали следующие показатели: живую массу определяли взвешиванием на весах с точностью до 0,1 кг после 24-часовой голодной выдержки до момента убоя; массу парной туши – непосредственно после убоя животных путем взвешивания на весах с точностью до 0,01 кг; массу охлажденной туши устанавливали при температуре 6 °С через 24 часа. Убойный выход определяли расчетным путем по отношению предубойной массы животного к массе туши в процентах (ГОСТ Р 53221-2008).

Одним из основных показателей морфологического состава туши свиней является коэффициент мясности

were separated along their direction and the parietal peritoneum was dissected holding it with forceps. The index finger and middle finger of the right hand were introduced into the abdominal cavity and the ovary was found at the level of the 5th lumbar vertebra near the back bone and rectum. The ovary was pulled out of the wound and twist off using two clamps. The second ovary was found moving it in the reverse direction, removed and operated on similarly.

The edges of the wound were treated with 5% alcoholic solution of iodine. To prevent peritonitis, a powdered antibiotic was sprinkled onto the wound.

The follow-up samples of venous blood were taken from the gilts at the age of 6 months. The control slaughter of pigs was performed by the traditional methods.

During the experiment, the pigs of the experimental and control groups had the same conditions of feeding and keeping according to GOST 28839-90 (ST SEV 6938-89) “Zootechnical requirements to keeping in fattening”.

The animals received the basic diet (BD), which consisted of wheat, barley, bran, pees and rye. In all experiments, the identical methods of transportation and preslaughter treatment were used. Control slaughter of 20 animals at the age of 180 days was carried out at the slaughtering station of the “Mummovskoe” training farm of RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev in the Atkarsk district of the Saratov region. The slaughter of animals was performed by the traditional method, their processing by the method of skinning. The carcasses were sent to cutting and trimming in chilled condition 24 hours after slaughter. For the experiments, the samples of *m. Longissimus dorsi* from the experimental and control groups were taken, packed into a polyethylene-polyamide film and analyzed by the methods described below.

For determination of meat productivity according to GOST R 53221, the following indicators were used: live weight was measured by weighing on the scales with a precision of 0.1 kg after 24 hours of fasting; hot carcass weight was detected directly after slaughter by weighing on the scales with a precision of 0.01 kg; chilled carcass weight was measured at a temperature of 6 °C after 24 hours. Slaughter yield was derived by a calculative method using the ratio of preslaughter animal weight to carcass weight in percentages (GOST R 53221-2008).

One of the main indicators of the morphological composition of pig carcasses is the coefficient of meatness – the ratio of an edible part (flesh) weight to bone weight (Pozdnyakovskiy V.M., 2001; Rogov I.A., Antipova L.V., 2004; Lisitsyn A.B. et al., 2008)

Meat productivity was assessed by eye muscle (correlation dependence between meatness and a cross sectional area of *m. Longissimus dorsi*). The cross sectional area of *m. Longissimus dorsi* was determined 24 hours after slaughter (4-6 °C) by the method developed by the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry (1978). To detect this indicator, the cross-sectional cut of *m. Longissimus dorsi* was performed between the last thoracic vertebra and the first lumbar vertebra; the vertebrae were sawed without distortion of muscle

- отношение массы съедобной части (мякоти) к массе костей (Позняковский В.М., 2001; Рогов И.А., Антипова Л.В., 2004; Лисицын А.Б. и др., 2008).

Оценку мясной продуктивности проводили по «мышечному глазу» (корреляционная зависимость между мясностью и площадью поперечного сечения мышцы *m. Longissimus dorsi*). Площадь поперечного сечения мышцы *m. Longissimus dorsi* свиней контрольной и опытной групп определяли через 24 часа после убоя (4-6 °С) по методике, разработанной Всероссийским институтом животноводства (1978 г.). Для определения данного показателя производили поперечный разрез мышцы *m. Longissimus dorsi* между последним грудным и первым поясничным позвонками, позвонки распиливали, чтобы не нарушить размер и структуру мышцы. На полученный разрез накладывали пергаментную бумагу, а затем по отпечатку переносили рисунок контура мышцы и планиметром определяли площадь «мышечного глаза» в квадратных сантиметрах. (Позняковский В.М., 2002).

Качество туш оценивали по морфологическому составу: выход мышечной, жировой и костной тканей. Для определения морфологического состава туш проводили их обвалку, препарирование мякотной ткани и определяли процентное соотношение мышечной, костной и соединительной тканей.

Биологическую ценность свинины оценивали по величине качественного белкового показателя (КБП), характеризующего количество содержания в белке мяса *m. Longissimus dorsi* заменимых и незаменимых аминокислот, представителями которых являются оксипролин и триптофан соответственно. Величина белкового качественного показателя определяется отношением количества триптофана к оксипролину.

Химический состав свинины определяли по средней пробе мякотной части туши. Отбор проб осуществляли в соответствии с ГОСТ 7269-79. Для проведения исследований пробы мяса измельчали на электрической мясорубке и тщательно перемешивали, помещали в стеклянную банку с притертой пробкой, и хранили при температуре от 3 до 5 °С в течение 24 ч.

Массовую долю влаги определяли методом высушивания навески до постоянной массы при  $t=105\text{ °C}$  по ГОСТ Р 51479-99 (ИСО 1442-97).

Массовую долю белка определяли методом Кьельдаля по ГОСТ 25011-81.

Массовую долю жира – методом Сокслета по ГОСТ 23042-86.

Массовую долю золы определяли озолением высушенной навески в муфельной печи при  $t=500-700\text{ °C}$  до постоянной массы.

Влагосвязывающую способность (ВСС) определяли методом прессования на фильтровальной бумаге по Грау-Хамму в модификации Воловинской-Кельман.

Величину pH измеряли в мышце *m. Longissimus dorsi* с помощью портативного pH-метра через 1 час и 24 часа после убоя по ГОСТ Р 51478-99 (ИСО 2917-74).

Содержание аминокислоты триптофана определяли колориметрическим методом по развитию цветной реакции между продуктами распада триптофана, образующимися при его обработке концентрированной

size and structure. The obtained cut was covered with parchment, the contour pattern of the muscle was transferred according to the print, and the eye muscle area was determined with a planimeter in square centimeters (Pozdnyakovsky V.M., 2001).

Carcass quality was determined by the morphological composition: yield of muscle, fat and bone tissues. For determination of the morphological composition of carcasses, they were trimmed, meat tissue was dissected, and the percentage ratio of muscle, bone and connective tissues were detected.

Pork biological value was assessed by the protein quality indicator (PQI) characterizing the content of essential and non-essential amino acids (which representatives are oxyproline and tryptophan, respectively) in meat protein from *m. Longissimus dorsi*. The protein quality indicator is determined by the tryptophan/oxyproline ratio.

The chemical composition of pork was determined by the average sample of the flesh part of a carcass. Sampling was carried out according to GOST 7269-79. For analysis, meat samples were minced using an electric mincer, thoroughly mixed, placed in a glass jar with ground stopper and stored at a temperature of 3 to 5 °C for 24 hours.

The moisture mass fraction was determined by the method of specimen drying to the constant mass at 105 °C according to GOST R 51479-99 (ISO 1442-97).

The protein mass fraction was determined by the Kjeldahl method according to GOST R 25011-81.

The fat mass fraction was determined by the Soxhlet method according to GOST R 23042-86.

The ash mass fraction was determined by incineration of a dried specimen in an incinerator at a temperature of 500-700 °C to the constant mass.

The moisture binding capacity (MBC) was determined by Grau - Hamm filter-paper press method in modification of Volovinskaya-Kelman.

pH value was measured in the *m. Longissimus dorsi* using a portable pH meter one hour and 24 hours after slaughter according to GOST R 51478-99 (ISO 2917-74).

Tryptophan content was determined using the colorimetric method by development of the color reaction between the products of tryptophan degradation formed when treating it with concentrated hydrochloric acid and n-dimethylaminobenzaldehyde in the presence of sodium nitrate.

Oxyproline content was determined by Neuman and Logan method in modification of VNIIMP. The method is based on oxidation of oxyproline released at oxidation of a specimen by 6 M hydrochloric acid and color reaction of the products of its oxidation with para-dimethylaminobenzaldehyde. An intensity of color development was measured with a spectrophotometer.

The protein quality indicator was determined by the calculative method (the tryptophan/oxyproline ratio).

Fatty acid composition was determined using the gas chromatograph «Hewlett Packard» (USA) with the capillary column HP-INNOWax 30x32x0.15 and the automatic software for processing of chromatographic data Winpeak from Bruker-Franzen Analytik SCPA Winpeak (Germany) using Folch method; the index of fatty acid saturation was calculated by the ratio of saturated to

соляной кислотой и *n*-диметиламинобензальдегидом в присутствии нитрата натрия.

Содержание аминокислоты оксипролина определяли по методу Neuman R. и Logan M. в модификации ВНИИМП. Метод основан на окислении оксипролина, выделенного при окислении навески 6 М соляной кислотой, и проведении цветной реакции продуктов его окисления с парадиметиламинобензальдегидом. Измерение интенсивности развивающейся окраски проводили с помощью спектрофотометра.

Белковый качественный показатель определяли расчетным методом (отношением содержания триптофана к содержанию оксипролина).

Жирнокислотный состав определяли на газовом хроматографе «Hewlett Packard» (США) с капиллярной колонкой HP Innowax 30x32x0,15 мкм и автоматической программой обработки хроматографических данных Winpeak фирмы Bruker-Franzen Analytik SCPA Winpeak (Германия) по методу Фолча; индекс насыщенности жирных кислот рассчитывали по соотношению насыщенных жирных кислот к ненасыщенным (23). Для оценки жирнокислотной сбалансированности использовался критерий, представляющий собой частную интерпретацию общего критерия алиментарной адекватности, предложенного академиком Липатовым Н.Н. и Лисицыным А.Б.:

$$R_L = \prod_{i=1}^n (G d_{Li})^m \quad (2.2)$$

$$\text{где } d_{Li} = L_i / L_{\text{э}i}, \text{ если } L_i \leq L_{\text{э}i} \quad (6.1)$$

$$\text{и } d_{Li} = (L_i / L_{\text{э}i})^{-1} \text{ если } L_i > L_{\text{э}i} \quad (6.2)$$

$R_L$  – коэффициент жирнокислотного соответствия, дол. ед.;

$L_i$  – массовая доля *i*-той жирной кислоты в сырье, г/100 г жира;

$L_{\text{э}i}$  – массовая доля *i*-той жирной кислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г жира;

$i=1$  соответствует сумме НЖК,  $i=2$  – сумме МНЖК,  $i=3$  – сумме ПНЖК.

Аминокислотный состав белка мышечной ткани свиней определялся на аминокислотном анализаторе PMA GmbH Abacus совместно с сотрудниками в испытательном центре «ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова». Для этого были отобраны и доработаны пробы длиннейшей мышцы спины животных. Использованный метод позволяет стабильно определять с точностью  $\pm 5\%$  наличие в водном растворе 17 аминокислот с минимальным уровнем содержания в растворе  $0,5 \pm 0,006$  мкмоль/мл. Обсчет хроматограмм проводят с использованием компьютерной программы «Winpeak V 3.24» фирмы «Eppendorf-Biotronik» (Германия).

Массовую долю каждой аминокислоты *X* в г на 100 г белка рассчитывали по формуле:

$$X = 2,86 \times (S_n MV_1) / S_{cm} m V_2 \quad (2.3)$$

где  $S_n$  – площадь пика соответствующей кислоты на аминограмме, мм<sup>2</sup>;

$S_{cm}$  – площадь пика аминокислоты в стандартном растворе, мм<sup>2</sup>;

unsaturated fatty acids (23). To assess the fatty acid balance, a criterion was used, which represented the partial interpretation of the general criterion of the alimentary adequacy proposed by academicians Lipatov N.N. and Lisitsyn A.B.:

$$R_L = \prod_{i=1}^n (G d_{Li})^m \quad (2.2)$$

$$\text{where } d_{Li} = L_i / L_{\text{э}i}, \text{ if } L_i \leq L_{\text{э}i} \quad (6.1)$$

$$\text{and } d_{Li} = (L_i / L_{\text{э}i})^{-1} \text{ if } L_i > L_{\text{э}i} \quad (6.2)$$

$R_L$  – coefficient of the fatty acid correspondence, fractional units;

$L_i$  – mass fraction of the *i*<sup>th</sup> fatty acid in raw material, g/100 g of fat;

$L_{\text{э}i}$  – mass fraction of the *i*<sup>th</sup> fatty acid corresponding the physiologically necessary norm (reference), g/100 g of fat;

$i=1$  corresponds to the sum of UFA,  $i=2$  – to the sum of MUFA,  $i=3$  – to the sum of PUFA.

The amino acid composition of pork muscle tissue protein was determined on the amino acid analyzer PMA GmbH Abacus in cooperation with the researchers of the testing center of FGBNU V.M. Gorbatov VNIIMP. To this end, the samples of *m. Longissimus dorsi* were taken and prepared. The used method makes it possible to determine with a precision of  $\pm 5\%$  the presence of 17 amino acids in an aqueous solution with the minimal level of the content in a solution  $0.5 \pm 0.006$  мкмоль/мл. Processing of chromatograms was carried out using the computer program WinpeakV 3.24 from Eppendorf-Biotronik (Germany).

A mass fraction of each amino acid *X* in g per 100 g of protein was calculated by the equation:

$$X = 2,86 \times (S_n MV_1) / S_{cm} m V_2 \quad (2.3)$$

where  $S_n$  – peak area of the corresponding amino acid on the aminogram, мм<sup>2</sup>;

$S_{cm}$  – peak area of the corresponding amino acid in the standard solution, мм<sup>2</sup>;

$M$  – molecular mass of an amino acid, Da;

$m$  – mass of a sample, g;

$V_1$  – volume of an analyzed sample,  $\mu\text{l}$ ;

$V_2$  – volume of an injected sample,  $\mu\text{l}$ ;

2.86 – correction factor.

The amino acid indices were calculated by the ratio of the sum of essential amino acids (EAA) to the sum of non-essential (NEAA) amino acids and by the ratio of the sum of essential amino acids to the total sum of amino acids.

The coefficient of utility ( $U$ ) of any essential amino acid characterizes a potential efficiency of its use, numerically characterized by a balance of essential amino acids with respect to the physiologically necessary norm (reference value).

$$U = C \min \frac{\sum_{j=1}^k A_{Mj}}{\sum_{j=1}^k A_j} \quad (2.4)$$

The indicator of the comparable excess of the amino acid content ( $\sigma$ ) characterizes a total mass of the essential amino acids that are not used for anabolic needs. The coefficient of comparable excess of the amino acid

$M$  – молекулярная масса аминокислоты, Да;

$m$  – масса навески, г;

$V_1$  – объем анализируемой пробы, мкл;

$V_2$  – объем вносимой пробы, мкл;

2,86 – поправочный коэффициент.

Аминокислотные индексы рассчитывали по отношению суммы незаменимых аминокислот (НАК) к сумме заменимых (ЗАК) и по отношению суммы незаменимых аминокислот к общему содержанию аминокислот в образцах (24).

Коэффициент утилитарности ( $\eta_j$ ) любой незаменимой аминокислоты характеризует потенциальную эффективность ее использования, численно характеризующийся сбалансированностью незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталонному значению).

$$U = C_{\min} \frac{\sum_{j=1}^k A_{Mj}}{\sum_{j=1}^k A} \quad (2.4)$$

Показатель «сопоставимой избыточности» содержания незаменимых аминокислот ( $\sigma$ ) характеризует суммарную массу незаменимых аминокислот, не используемых на анаболические нужды. Коэффициент сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот, характеризующего суммарную массу незаменимых аминокислот, не используемых на анаболические нужды в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию ста граммам белка эталона:

$$\sigma_c = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j - C_{\min} \cdot A_{Mj})}{C_{\min}}$$

где  $C_{\min}$  – минимальный скор незаменимых аминокислот оцениваемого белка по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли единицы;

$C_j$  – скор  $j$ -ой незаменимой аминокислоты по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли единицы;

$A_j$  – массовая доля  $j$ -ой незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка,

$A_{Mj}$  – массовая доля  $j$ -ой незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка;

RL- коэффициент рациональности жирнокислотного состава, при ( $i=1..3$ ) оценивается по суммам насыщенных, моновенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, при ( $i=1..5$ ) – с учетом линолевой и линоленовой жирных кислот.

Микроструктурные исследования в мышце *m. Longissimus dorsi* проводили совместно с сотрудниками в ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова в лаборатории микроструктуры мяса по ГОСТ Р 51604-2000. Образцы ткани фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине. Обезвоживание проводили в спиртах восходящей концентрации, обезвоженные образцы заливали в парафин. Для окрашивания использовали гематоксилин и эозин.

Статистическая обработка опытных данных проводилась с использованием надстройки «Анализ данных» табличного процессора MS Excel 2010 на основе критериев Фишера и Стьюдента по ГОСТ Р 50779.11-2.

content ( $\sigma$ ), which characterizes a total mass of the essential amino acids not used for anabolic needs in an amount of protein that is equivalent by their potentially utilizing content of the 100 g of the reference protein:

$$\sigma_c = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j - C_{\min} \cdot A_{Mj})}{C_{\min}}$$

where  $C_{\min}$  – minimal score of essential amino acids of a protein under investigation with respect to the physiologically necessary norm (reference), % or unit fractions;

$C_j$  – score of the  $j^{\text{th}}$  essential amino acid with respect to the physiologically necessary norm (reference), % or unit fractions;

$A_j$  – mass fraction of the  $j^{\text{th}}$  essential amino acid in a product, g/100 g of protein,

$A_{Mj}$  – mass fraction of the  $j^{\text{th}}$  essential amino acid corresponding to the physiologically necessary norm (reference), g/100 g of protein;

RL- coefficient of rationality of fatty acid composition at ( $i=1..3$ ) is assessed by the sum of unsaturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids; at ( $i=1..5$ ) – taking into account linoleic and linolenic acids.

Microstructural investigations of the *m. Longissimus dorsi* were carried out in cooperation with the researchers of FGBNU V.M. Gorbatov VNIIMP in the laboratory of meat microstructure under GOST R 51604-2000. The tissue samples were fixed in 10% neutral formalin. Dehydration was carried out in alcohols of the increasing concentrations; the dehydrated samples were embedded into paraffin. Haematoxylin and eosin were used for staining.

Statistical processing of the experimental data was carried out using the Data Analysis tool in MS Excel 2010 based on the Student's t-test and Fisher's Test according to GOST R 50779.11-2.

## Results and Discussion

The conducted experiments established that insulin-like growth factor (IGF-1) increased after ovariectomy of gilts (Fig. 1). With that, serum total protein increased 1.11 times, albumin 1.17 times and globulins 1.06 times compared to the indices in the control group of gilts which indicate the systemic catabolic and anabolic processes in gilts after ovariectomy (Fig. 2).

As a result of the research, it was found that in pigs of the experimental group underwent ovariectomy, the level of IGF-1 grew significantly (78.2 ng/ml;  $P < 0.001$ ) by the age of 10 months, which was accompanied by a significant rise in the content of TP (by 10.4%) CPK (by 30.1%), AP (by 15.38%), LDH (by 165.3%), as well as TC and TPL (Fig. 3, 4) in comparison with the control group.

It was established that an increase in IGF-1 had a positive effect on meat productivity, chemical and biochemical composition of pork.

According to the results of the measurements of the average daily weight gain, anthropometric parameters of the control and experimental animals, it was found that the changes occurred in the body of the sterilized pigs,

## Результаты и обсуждение.

Проведенными исследованиями (рисунок 1) установлено, что при овариоэктомии свинок происходит повышение уровня инсулиноподобного фактора роста (ИФР-1). При этом происходит повышение уровня общего белка в сыворотке крови в 1,11 раза, альбумина в 1,17 раза, а глобулинов в 1,06 раза в сравнении с показателями контрольной группы свинок, что свидетельствует о системных катаболических и анаболических реакциях у свинок после овариоэктомии (рисунок 2).

В результате выполненных исследований установлено, что у свинок опытной группы, подвергшихся овариоэктомии, к 10 месяцам значительно нарастал уровень ИФР-1 – 78,2, нг/мл ( $p < 0,001$ ), что сопровождалось более существенным подъемом содержания ОБ (на 10,4%), КК (на 30,1%), ЩФ (на 15,38%), ЛДГ (на 165,3%), а также ОХС и ОФЛ (рисунки 3, 4) по сравнению с контрольной группой.

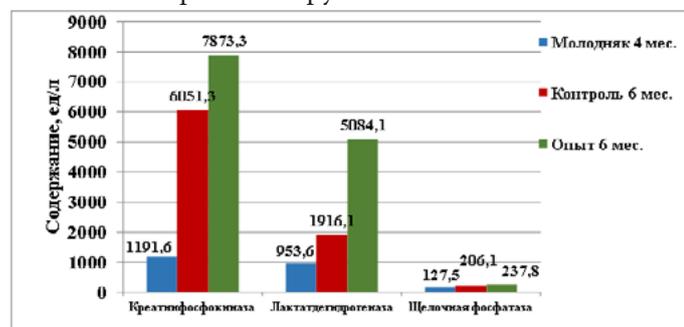


Рис. 3 – Активность ферментов в сыворотке крови свинок породы дюрок контрольной и опытной групп ( $n=10$ ), ед/л  
Figure 3 - The enzyme activity in blood serum of the Duroc pigs in control and experimental groups ( $n = 10$ ), U/L

Установлено, что увеличение значения ИФР-1 оказывало положительное влияние на показатели мясной продуктивности, химический и биохимический состав свинины. По результатам измерений среднесуточных приростов живой массы, антропометрических параметров контрольных и опытных животных, установлено, что в организме стерилизованных свинок наступают изменения, благоприятно влияющие на их индивидуальное развитие (рисунок 5, 6).

Повышение среднесуточных приростов живой массы у свинок опытной группы увеличилось на 33,43% ( $p < 0,05$ ), длины туловища на 11,0% ( $p < 0,05$ ), обхвата груди на 35,6% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с показателями контрольной группы свинок.

Убой животных показал, что свинки подопытной группы имели явные преимущества по сравнению с контрольной группой свинок (таблица 1).

Table 1 - Indices of meat productivity of the Duroc pigs at the age of 180 days ( $M \pm m$ ;  $n = 10$  in each group)

Таблица 1 – Показатели мясной продуктивности свинок породы дюрок в возрасте 180 дней ( $M \pm m$ ; в каждой группе  $n=10$ )

Indicator   Показатель	Control group   Контрольная группа	Experimental group   Опытная группа
Pre-slaughter live weight, kg   Предубойная живая масса, кг	82,05±0,34	89,55±0,37*
Hot carcass weight, kg   Масса парной туши, кг	54,00±0,54	60,71±0,57*
Carcass yield, %   Выход туши, %	58,82±0,29	67,79±0,27*
Chilled carcass weight, kg   Масса охлажденной туши, кг	50,36±0,19	59,66±0,16**

Note: \* $p < 0,05$ ; %

\*\*  $p < 0,01$  (from this point onward)

Примечание: \* $p < 0,05$ ; %

\*\* $p < 0,01$ , здесь и далее

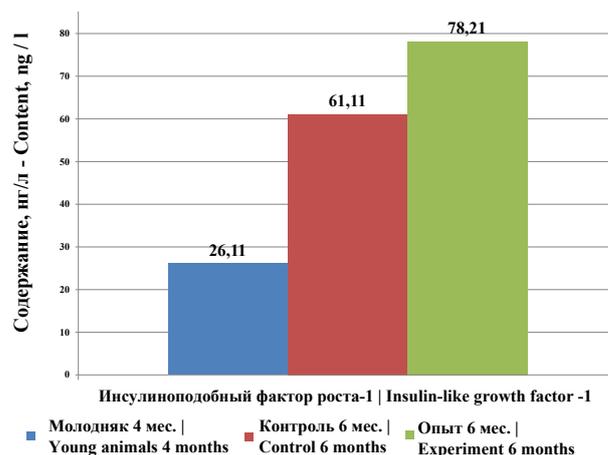


Рис. 1 – Содержание ИФР-1 в сыворотке крови свинок породы дюрок контрольной и опытной групп ( $n=10$ ), нг/л  
Figure 1 - The content of IGF-1 in blood serum of the Duroc pigs in control and experimental groups ( $n = 10$ ), ng/l

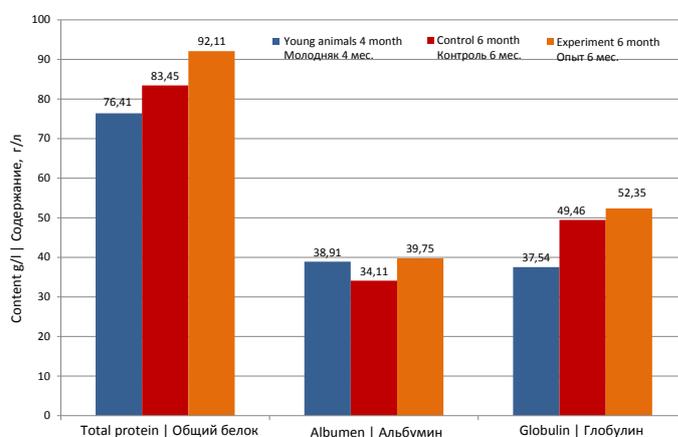


Рис. 2 – Белковый состав в сыворотке крови свинок породы дюрок контрольной и опытной групп ( $n=10$ ), г/л  
Figure 2 - The protein composition in blood serum of the Duroc pigs in control and experimental groups ( $n = 10$ ), g/l

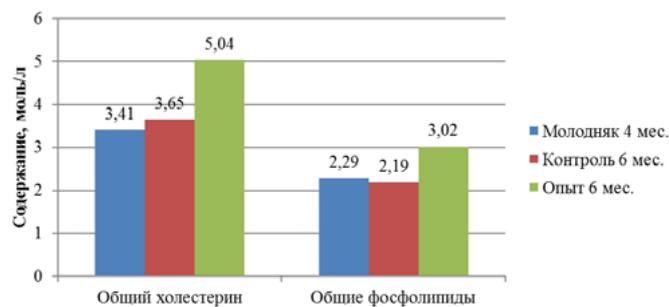


Рис. 4 – Липидный профиль сыворотки крови свинок породы дюрок контрольной и опытной групп ( $n=10$ ), моль/л  
Figure 4 - The lipid profile of blood serum of the Duroc pigs in control and experimental groups ( $n = 10$ ), mole/l



Рис. 5 – Динамика среднесуточных привесов живой массы свинок в контрольной группе  
 Figure 5 - The dynamics of the average daily weight gain of the gilts in the control group

При этом установлено, что свинки опытной группы превосходили аналогов контрольной группы по предубойной массе на 9,14% ( $p < 0,05$ ), массе парной туши – на 12,43% ( $p < 0,05$ ), выходу туши – на 1,97%, по охлажденной массе – на 11,87% ( $p < 0,05$ ) соответственно.

Для изучения состава мясного сырья провели анализ морфологического состава мышечной ткани свинок, участвующих в экспериментальной работе, из обеих групп (таблица 2).

Table 2 - Morphological composition of carcasses of the experimental Duroc pigs ( $M \pm m$ ;  $n = 10$ )  
 Таблица 2 – Морфологический состав туш подопытных свинок породы дурок ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Indicator   Показатель	Control group   Контрольная группа	Experimental group   Опытная группа
Muscle tissue content, kg   Содержание мышечной ткани, кг	32.82±0.16	36.58±0.24*
Muscle tissue yield,%   Выход мышечной ткани, %	60.94±0.33	61.32±0.29
Bone tissue content, kg   Содержание костной ткани, кг	6.51±0.06	7.23±0.07**
Bone tissue yield, %   Выход костной ткани, %	12.19±0.03	11.09±0.04
Fat tissue content, kg   Содержание жировой ткани, кг	14.53±0.14	16.15±0.22*
Fat tissue yield, %   Выход жировой ткани, %	26.97±0.04	26.89±0.05
Meatness coefficient   Коэффициент мясности	5.04	5.20
Lean content coefficient   Коэффициент постности	2.26	2.28
Muscle eye area, cm <sup>2</sup>   Площадь мышечного глазка, см <sup>2</sup>	1.93±0.02	2.19±0.01*

Note: \* $p < 0,05$ ; % \*\*  $p < 0,01$  (from this point onward)

Рис. 6 – Динамика среднесуточных привесов живой массы свинок в опытной группе  
 Figure 6 - Dynamics of the average daily weight gain of the gilts in the experimental group which favorably influenced their individual development (Figure 5, 6).

An increase in the average daily weight gain in the gilts of the experimental group was higher by 33.43% ( $P > 0,95$ ), body length by 11% ( $P > 0,95$ ), chest circumference by 35.6% ( $P > 0,95$ ) compared to the control group.

Slaughter of the animals showed that the gilts of the experimental group had clear advantages compared to the control group (Table 1).

Примечание: \* $p < 0,05$ ; % \*\* $p < 0,01$ , здесь и далее

При оценке морфологического состава мяса установлено, что свинки опытной группы превосходили аналогов контрольной группы по содержанию мышечной ткани на 11,46% ( $p < 0,05$ ); выходу мышечной ткани – на 0,38%; содержанию жировой ткани – на 10,46% ( $p < 0,05$ ); коэффициентам мясности – на 0,16, а постности – на 0,02; площади мышечного глазка – на 11,3% ( $p < 0,05$ ), соответственно.

Таким образом, результаты контрольного убоя доказали целесообразность проведения овариоэктомии, так как это способствует значительному увеличению мясной продуктивности животных.

Установлено, что в длиннейшем мускуле спины животных подопытной группы сухого вещества содержалось больше на 0,33%; белка – на 0,27%; жира – на 0,05%;

It was found that the gilts of the experimental group were superior to their counterparts from the control group in pre-slaughter weight by 9.14% ( $P < 0,05$ ), hot carcass weight by 12.43% ( $P < 0,05$ ), carcass yield by 1.97%, chilled carcass weight by 11.87% ( $P < 0,05$ ), respectively.

For the study of the composition of raw meat, an analysis of the morphological structure of muscle tissue from the gilts included in the experiment was carried in both groups (Table 2).

In assessing the morphological structure of the pork, it was found that the gilts from the experimental group were superior to the control group counterparts in muscle tissue content by 11.46% ( $p < 0,05$ ); muscle tissue yield by 0.38%; fat content by 10.46% ( $p < 0,05$ ); coefficient of meatness by 0.16, lean meat content - 0.02; muscle eye area - 1.01%, respectively.

зола – на 0,01% по сравнению с контрольной группой. Однако по содержанию влаги в *m. Longissimus dorsi* животные контрольной группы превосходили аналогов опытной группы на 0,49% (таблица 3).

Table 3 - Chemical composition and nutritional value of the *m. L. dorsi* samples of the Duroc pigs at the age of 10 months (n = 10)

Таблица 3 – Химический состав и пищевая ценность исследуемых образцов *m. Longissimus dorsi* свиней породы дюрок в возрасте 10 месяцев (n=10)

Indicator   Показатель	Control group   Контрольная группа	Experimental group   Опытная группа
Moisture, %   Влага, %	74.93±0.06	73.54±0.08
Dry substance%   Сухое вещество, %	25.07±0.02	26.46±0.09*
Protein, %   Белок, %	21.07±0.07	22.94±0.06*
Fat, %   Жир, %	3.07±0.03	3.12±0.04
Ash, %   Зола, %	1.03±0.01	1.04±0.02
Energy value, kcal / 100g   Энергетическая ценность, кал/100г	118.63	120.20

Note: \*p<0.05; % \*\* p<0.01% (from this point onward)

Расчёт энергетической ценности опытных образцов *m. Longissimus dorsi* выявил, что калорийность мяса свиней после стерилизации выше на 1,57 ккал/100 г, или 1,32% в сравнении с контрольной группой, разница оказалась статистически недостоверной.

Определение pH мяса через 1 и 24 часа после убоя показало, что мясо животных всех групп соответствовало норме, не было обнаружено ни одной туши с показателем ниже 5,60 и выше 6,20 ед., то есть с признаками DFD и PSE.

Влагосвязывающая способность свинины подопытной группы была выше (60,10%), чем (56,00%) образцов мяса контрольной группы, что свидетельствует о хороших технологических свойствах (не ниже 52,0%). Но опытные образцы мяса были сочнее, так как имели более низкие потери при термообработке (таблица 4).

Table 4 - Functional and technological characteristics of *m. L. dorsi* samples of the Duroc pigs at the age of 10 months (M ± m; n = 10 in each group)

Таблица 4 – Функционально-технологические характеристики исследуемых образцов *m. longissimus dorsi* свиней породы дюрок в возрасте 10 месяцев (M±m; в каждой группе n =10)

Group   Группа	pH <sub>1</sub>	pH <sub>24</sub>	MBC, in % to   BCC, %		Carcasses weight loss under cooling   Потери массы туши при охлаждении	
			muscle tissue   мышечной ткани	total moisture   общей влаги	kg   кг	% of the carcass weight   % от массы туши
Control   Контрольная	5.86	5.78	43.00±0.40	56.00±0.30	1.15	2.34
Experimental   Опытная	6.02	5.65	44.50±0.40	60.10±0.30*	1.50	2.20

Note: \*p<0.05; % \*\* p<0.01% (from this point onward)

Содержание триптофана в мясе стерилизованных свинок было выше на – 18,36 мг %, а количество оксипролина ниже – на 4,28 мг %. В результате происходит увеличение КБП с 3,88 в контрольной группе, до 4,58 – в подопытной группе животных (рисунок 7).

Соотношение гистидин: аргинин: лизин является характеристикой, позволяющей косвенно судить о доле мышечной ткани в туше. Оптимальное соотношение составляет 2:3:6. У опытных образцов свинины это соотношение приближено к оптимальному и составляет 2:2:3 (таблица 5).

Результаты исследований показали, что в образцах свинины подопытной и контрольной групп общее

Thus, the results of the control slaughter demonstrated the feasibility of ovariectomy as it contributed to a significant increase in meat productivity of animals.

Примечание: \*p<0,05; % \*\*p<0,01, здесь и далее

It was found that in *m. Longissimus dorsi* of the animals from the experimental group, the dry matter content was higher by 0.33%; protein by 0.27%; fat by 0.05%; and ash by 0.01% compared to the control group. However, in terms of the moisture content in *m. Longissimus dorsi*, the animals from the control group were superior to their counterparts from the experimental group by 0.49% (Table 3).

The calculation of the energy value of the test samples of *m. L. dorsi* revealed that meat calorificity of pigs after sterilization was higher by 1.57 kcal / 100g, or 1.32% in comparison with the control group; the difference was statistically insignificant.

Determination of meat pH value after one hour and 24 hours after slaughter showed that meat of the animals from all groups corresponded to the norm; there was no carcasses with the value below 5.60 and higher than 6.20

Примечание: \*p<0,05; % \*\*p<0,01, здесь и далее

units, i.e. with the signs of DFD and PSE.

The moisture binding capacity of pork from the experimental group was higher (60.10%) than that of the meat samples from the control group (56.00%), which indicates the good technological properties (not less than 52.0%). However, the experimental meat samples were juicier, since they had lower cook losses (Table 4).

The content of tryptophan in meat of the sterilized pigs was higher by 18.36 mg% and the amount of hydroxyproline was lower by 4.28 mg%. As a result, there was an increase in the protein quality indicator (PQI) from 3.88 in the control group to 4.58 in the experimental group (Figure 7).

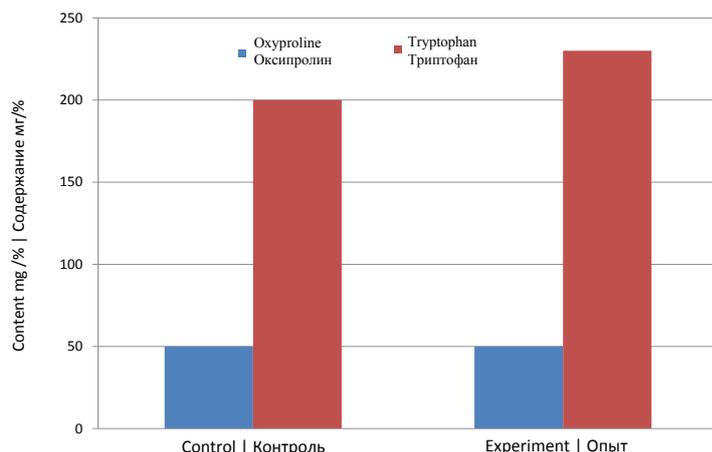


Рис. 7 – Содержание оксипролина и триптофана в исследуемых образцах *m. longissimus dorsi* свиней, мг/%

Figure 7 - The content of hydroxyproline and tryptophan in *m. L. dorsi* samples from pigs, mg/%

Table 5 - The ratio of histidine: arginine: lysine in *m. L. dorsi* pork, obtained from the Duroc animals at the age of 10 months (n = 10) mg / 100g  
Таблица 5 – Соотношение гистидин: аргинин: лизин в свинине *m. longissimus dorsi*, полученной от животных породы дюрок в возрасте 10 месяцев (n=10), мг/100 г

Group   Группа	Histidine (His)   Гистидин (His)	Arginine (Arg)   Аргинин (Arg)	Lysine (Lys)   Лизин (Lys)	Ratio His: Arg:Lys   Соотношение His: Arg: Lys
Control   Контрольная	1281.811	1301.407	1502.343	2:2:2,3
Experimental   Опытная	1236.293	1265.128	1846.153	2:2:3

содержание аминокислот колебалось от 19160,405 до 19712,385 мг/100 г (таблица 6). В опытных образцах мяса содержание НАК было выше на 29,2 мг/100 г съедобной части продукта, лизина на – 343,81 мг/100 г съедобной части продукта.

The ratio of histidine: arginine: lysine is the characteristic that indirectly allows judging about the share of muscle tissue in the carcass. The optimal ratio is 2: 3: 6. In the experimental samples, this ratio approximated to the optimal ratio and was 2: 2: 3 (Table 5).

Table 6 - The ratio of amino acids in pork from the control and experimental groups (*m. Longissimus dorsi*), mg / 100 g  
Таблица 6 – Соотношение аминокислот в свинине контрольной и опытной групп (*m. longissimus dorsi*), мг/100 г

Amino acid   Аминокислота	Control group   Контрольная группа	Experimental group   Контрольная группа
Protein, mg / 100 g of edible part of the product   Белок, мг/100 г съедобной части продукта	20.6±0.3	20.2±0.2
Essential amino acids (EAA) mg / 100 g of edible part of the product   Незаменимые аминокислоты (НАК), мг/100 г съедобной части продукта		
Isoleucine   Изолейцин	629.898	671.329
Leucine   Лейцин	1792.127	1609.912
Lysine   Лизин	1502.343	1846.153
Methionine   Метионин	375.275	423.113
Phenylalanine   Фенилаланин	605.179	640.354
Threonine   Треонин	1389.604	1058.022
Valine + cystine   Валин+цистин	818.912	895.066
The sum of EAA   Сумма НАК	7113.338	7143.949
Non-essential amino acids (NEAA) mg / 100 g of edible part of the product   Заменяемые аминокислоты (ЗАК), мг/100 г съедобной части продукта		
Aspartic acid   Аспаргиновая кислота	2402.235	2326.428
Serine   Серин	1196.457	951.849
Glutamic acid   Глутаминовая кислота	3852.399	3664.659
Glycine   Глицин	928.458	925.196
Alanine   Аланин	927.500	915.886
Histidine   Гистидин	1281.811	1236.293
Arginine   Аргинин	1301.407	1265.128
Proline   Пролин	708.780	731.017
The sum of NEAA   Сумма ЗАК	12599.047	12016.456
The sum of amino acids   Сумма аминокислот	19712.385	19160.405
Amino acid index EAA / NEAA   Аминокислотный индекс НАК/ЗАК	0.58	0.59
Amino acid index EAA / total amino acids   Аминокислотный индекс НАК/общие аминокислоты	0.37	0.37

В исследованных образцах свинины аминокислотный индекс НАК/ЗАК (НАК - незаменимые аминокислоты, ЗАК – заменимые аминокислоты), показатель в среднем составил 0,58 - 0,59, а в образцах свинины контрольной и подопытной групп он был равен 0,37.

Сумма аминокислот в мясе животных контрольной группе составила 19712,385 мг/100 г, а в мясе животных подопытной группы - 19160,405 мг/100 г, белок содержит все незаменимые аминокислоты в обоих образцах мяса.

Мясо свинок после овариоэктомии характеризуется лучшей биологической ценностью, так как в нем содержится больше незаменимых аминокислот (на 6,6 - 18,63%) по сравнению с мясом контрольных животных. Исследование показало: в образцах мяса контрольной группы содержание НЖК (миристиновой, пальмитиновой, маргаритиновой, стеариновой, арахидиновой) выше подопытной – повышенное содержание ННЖК (олеиновой, линолевой, эйкозодиеновой, арахидиновой кислот).

В свинине от животных контрольной группы содержалось значительно больше НЖК (рисунок 8).

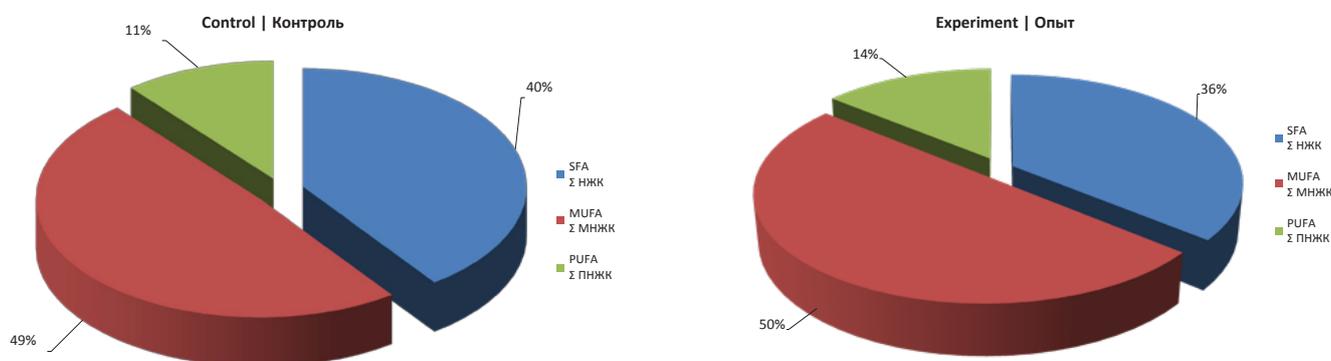


Рис. 8 – Суммарное содержание жирных кислот в свинине, % от суммы жирных кислот  
Figure 8 - The total content of fatty acids in pork, % of total fatty acids

Данные гистограмм свидетельствуют о том, что в образцах подопытной группы содержится значительное количество ПНЖК (линолевая и линоленовая кислоты), по соотношению  $\omega 6/\omega 3$  наиболее сбалансировано мясо животных опытной группы – 8,7, % от суммы жирных кислот (таблица 7).

group, the content of SFA (myristic, palmitic, margaric, stearic, arachidic acids) was higher; while an increased content of MUFA (oleic, linoleic, eicosadienoic, arachidonic acids) was observed in the experimental group.

Pork from the animals of the control group contained much more SFA (Figure 8).

Table 7 - The content of fatty acids in the test fat samples, % of the total fatty acids

Таблица 7 – Содержание жирных кислот в исследуемых образцах жира, % от суммы жирных кислот

Index   Показатель	Control group   Контрольная группа	Experimental group   Опытная группа
MUFA/SFA   ННЖК/НЖК	1.50	1.80
Arachidonic acid   Арахидиновая кислота	0.10	0.14
$\omega 3$	1.27	1.57
$\omega 6$	9.66	13.66
$\omega 6/\omega 3$	7.60	8.70

Микроструктурные исследования свинины подтвердили, что овариоэктомия положительно влияет на образование мышечных волокон, увеличивается их плотность и количество (рисунок 9, 10).

Степень развития соединительной ткани в мышцах стерилизованных животных заметно ниже, чем у свиной контрольной группы (рисунок 9, 10).

В свинине подопытной группы животных увеличивается содержание межмышечной жировой ткани, представленной разветвленной системой слоев

The data of the histograms show that the samples of the experimental group contain a significant amount of PUFA (linoleic and linolenic acid); by the ratio of  $\omega 6/\omega 3$  meat of the animals in the experimental group is the most balanced: 8.7% of the total fatty acids (Table 7).

The microstructural studies of pork confirmed that ovariectomy had a positive effect on the formation of muscle fibers, their density and quantity increased. The degree of the connective tissue development in the muscles of the sterilized animals is markedly lower than that of the

липоцитов, представляющей как совсем тонкие пласты, так и достаточно массивные группы жировых клеток (рисунок 9, 10).

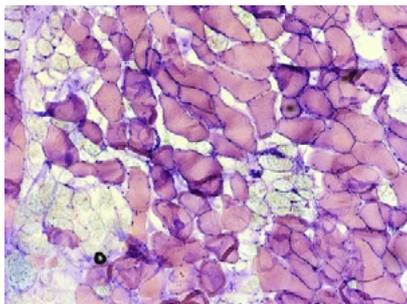


Рисунок 9 – Поперечный срез (*m. longissimus dorsi*) контрольных свиней. Об. 10х  
Figure 9 - A cross section of meat from the control pigs

Это способствует увеличению доли внутримышечного жира, который лучше усваивается организмом.

### Выводы

Исследованиями биохимических показателей в периферической крови свинок контрольной и подопытной групп подтверждает данные (8), что активация локальных ростовых процессов в мышечной ткани в посткастрационный период связана с нарастанием содержания ИФР-1. Установлено, что ведущими факторами изменения мясных и откормочных свойств свинок явился подъем метаболической активности мышечной ткани и липидного обмена. Эксперименты показали, что кастрация свинок приводит к значительному улучшению среднесуточного прироста, конверсии корма и всех параметров мышечной массы. Данные, полученные авторами в этом эксперименте, позволяют предполагать, что липолитическая активность не является существенным фактором для ростовой активности ферментов (9).

Усиление выработки ИФР-1, обладающего инсулиноподобным действием, косвенно по нашему мнению, способствует активации у свинок после овариоэктомии процессов пролиферации и дифференцировки клеток.

Овариоэктомия, как показали наши эксперименты, способствует интенсификации метаболической активности мышечной ткани и липидного обмена и таким образом повышает пищевую ценность свинины. Достижение результата осуществляется без применения, антибиотиков и анаболических препаратов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицын, А.Б. Внедрение наукоемких технологий гарантирует стабильное качество / А.Б. Лисицын // *Fleischwirtschaft international* № 1, 2010. - С.10-12.
2. Меркурьева, Е.К. Генетика. / Е.К. Меркурьева, З.В. Абрамова, А.В. Бакай // Новосибирск: СемГПИ, 2007. - 628 с.
3. Brooks, R.I. Steroid Hormone Pathways in the Pig, with Special Emphasis on Boar Odor: / R.I. Brooks, A.M. Pearson, A. Review // *American Society of Animal Science*. Copyright 1986. - Том 62. - № 3, p. 632-645.
4. Bonneau, M.R. The effects of immunization against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. / M.R. Bonneau, C. Dufour, C. Chouvet, W. Roulet, E.J. Squires // . 1994. - Том. - 72. - № 1, p. 14-20.
5. Медведев, И.Ф. Влияние кастрации и подкормки сухим тканевым препаратом на организм свиней и их мясную продуктивность / И.Ф. Медведев // *Хирургия мочеполовых органов и кастрация: сб. науч. труд. Всесоюзной межвузовской конференции по вопросам ветеринарной хирургии.* - Харьков, 1970. - С. 145.
6. Warnier, A. Effects of confinement upon behavioural, hormonal responses and production indices in fattening pigs./

pigs from the control group (Figure 9, 10).

In pork of the experimental group, the intramuscular fat tissue content increases being an extensive system of lipocyte layers, represented as very thin layers, and quite massive groups of fat cells (Figure 9, 10).

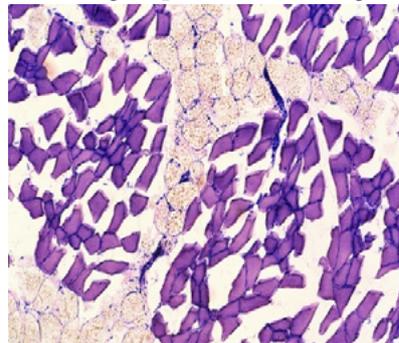


Рисунок 10 – Поперечный срез (*m. longissimus dorsi*) опытных свиней. Об. 10х  
Figure 10 - A cross section of meat from the experimental pigs

Figure 10 - A cross section of meat from the experimental pigs

This contributes to an increase in the intramuscular fat share, which is better absorbed by the organism.

### Conclusion

The analysis of the biochemical parameters of the peripheral blood of the gilts confirm that activation of the local growth processes in muscle tissue in the post-castration period is associated with an increase in the content of IGF-1 (8). It was found that the leading factors of change in the meat and fattening properties of gilts were the rise in the metabolic activity of muscle tissue and lipid metabolism. The experiments showed that castration of gilts led to a significant improvement of the average daily weight gain, feed conversion and all parameters of muscle tissue. The data obtained by the authors in this experiment suggest that lipolytic activity was not a significant factor for growth activity of enzymes (9).

In our opinion, an increase in production of IGF-1, which has insulin-like effect, indirectly facilitates activation of the cell proliferation and differentiation processes in gilts after ovariectomy.

As our experiments have shown, ovariectomy contributes to intensification of the metabolic activity of muscle tissue and lipid metabolism and enhances the nutritional value of pork. The result is achieved without the use of antibiotics and anabolic agents.

## REFERENCES

1. Lisitsyn A.B. The introduction of high technologies guarantees stable quality / *Fleischwirtschaft International*, 1, 2010, pp.10-12.
2. Merkurieva E.K., Abramova Z.V, Bakai A.V. Genetics / *Novosibirsk: SemGPI*, 2007 – 628 pages.
3. Brooks, R.I. Steroid Hormone Pathways in the Pig, with Special Emphasis on Boar Odor: / R.I. Brooks, A.M. Pearson, A. Review // *American Society of Animal Science*. Copyright 1986. - Vol 62, 3, pp. 632-645.
4. Bonneau, M.R. The effects of immunization against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. / M.R. Bonneau, C. Dufour, C. Chouvet, W. Roulet, E.J. Squires // . 1994. - Vol. 72, 1, pp. 14-20.
5. Medvedev I.F. Influence of castration and additional feeding with dried tissue preparation on an organism of pigs and their meat productivity // *Surgery of urogenital organs and castration. Proceedings of the International interacademic conference on the issues of veterinary surgery – Kharkov*, 1970, 145 pages.
6. Warnier, A. Effects of confinement upon behavioural, hormonal responses and production indices in fattening pigs./ A. Warnier, R. Zayan // *Current topics in veterinary medicine and*

A. Warnier, R. Zayan // Current topics in veterinary medicine and animal science (Journal). Vol. 35, pp. 128-150.

7. Baumgartner, J. The behaviour of male fattening pigs following either surgical castration or vaccination with a GnRF vaccine Applied. / J. Baumgartner, S. Laister, M. Koller, A. Pfützner, M. Grodzycski, S. Andrews, F. Schmoll // Animal Behaviour Science. April 2010, Vol. 124, Issues 1-2, pp. 28-34

8. Machlin, L.J. Effect of Porcine Growth Hormone on Growth and Carcass Composition of the Pig. / L.J. Machlin // Copyright © 1972. American Society of Animal Science. - Vol. 35, 4, pp. 794-800

9. Гиро Т.М., Егорова Ж.Г., Ворников Д.В., Захарова Н.Б. Показатели электролитного баланса, белкового состава и активности ферментов сыворотки крови у свиней породы дюрок и крупная белая в возрасте четырех месяцев. 15-я Междунар. научная конф. «Мясная промышленность – приоритеты развития и функционирования». ВНИИМП, М.: 2012. С.112-117.

10. Zeng, X.Y. Performance and hormone levels of immunocastrated, surgically castrated and intact male pigs fed ad libitum high- and low-energy diets. Livestock Production Science. / X.Y Zeng, J.A Turkstra, A.W Jongbloed, J.Th.M van Diepen, R.H Melen // Volume 77, Issue 1, October 2002, Pages 1-11. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622602000246> - COR1.

11. Miura, Y. Effect of dietary proteins on insulin-like growth factor-1 (IGF-1) messenger ribonucleic acid content in rat liver / Y. Miura, H. Kato, T. Noguchi // British Journal of Nutrition. (2007). - 67 (2): pp. 257-289. doi:10.1079/BJN19920029.

animal science (Journal). Vol. 35, pp. 128-150.

7. Baumgartner, J. The behaviour of male fattening pigs following either surgical castration or vaccination with a GnRF vaccine Applied. / J. Baumgartner, S. Laister, M. Koller, A. Pfützner, M. Grodzycski, S. Andrews, F. Schmoll // Animal Behaviour Science. April 2010, Vol. 124, Issues 1-2, pp. 28-34

8. Machlin, L.J. Effect of Porcine Growth Hormone on Growth and Carcass Composition of the Pig. / L.J. Machlin // Copyright © 1972. American Society of Animal Science. - Vol. 35, 4, pp. 794-800

9. Giro T.M., Egorova Zh.G., Vornikov D.V., Zakharova N.B. Indicators of electrolyte balance, protein composition and activity of blood serum enzymes in pigs of the Duroc breed and Large White breed at the age of four months. 15th Intern.Scient.Conf. "Meat industry - priorities for development and functioning." ARRIMI, M.: 2012, pp. 112-117.

10. Zeng, X.Y. Performance and hormone levels of immunocastrated, surgically castrated and intact male pigs fed ad libitum high- and low-energy diets. Livestock Production Science. / X.Y Zeng, J.A Turkstra, A.W Jongbloed, J.Th.M van Diepen, R.H Melen // Volume 77, Issue 1, October 2002, Pages 1-11. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622602000246> - COR1.

11. Miura, Y. Effect of dietary proteins on insulin-like growth factor-1 (IGF-1) messenger ribonucleic acid content in rat liver / Y. Miura, H. Kato, T. Noguchi // British Journal of Nutrition. (2007). - 67 (2): pp. 257-289. doi:10.1079/BJN19920029.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

### Принадлежность к организации

**Гиро Татьяна Михайловна**, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 410005, г. Саратов, ул. Соколова, 335. Тел.: 8(960) 342-30-16 e-mail:girotm@sgau.ru;

**Егорова Жанна Геннадьевна**, кандидат биологических наук, докторант кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 410005, г. Саратов, ул. Соколова, 335. Тел. 8(917) 311-39-16; e-mail:476632@mail.ru

**Авдеенко Владимир Семенович**, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Болезни животных и ВСЭ» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 410005, г. Саратов, ул. Соколова, 335. Тел.: 8(927) 116-09-66; e-mail: avdeenko8686@mail.ru

**Молчанов Алексей Вячеславович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор/зав. кафедрой «Технология производства и переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 410005, г. Саратов, ул. Соколова, 335. Тел.: 8(927)134-58-02; e-mail: molchanov\_av@mail.ru

### Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы. Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 20.01.2016

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Affiliation

**Giro Tatiana Mikhaylovna**, doctor of technical sciences, professor of "Technology of production and processing of livestock products" department FSBEE HO Saratov SAU named after N.I. Vavilov, 410005, Saratov, Sokolovaya Street, 335. Ph.: 8 (960) 342-30-16 e-mail: girotm@sgau.ru;

**Egorova Zhanna Gennadievna**, Ph.D.in biology, doctoral student in "Technology of production and processing of livestock products" department FSBEE HO Saratov SAU named after N.I. Vavilov, 410005, Saratov, Sokolovaya Street, 335. Ph.: 8 (917) 311-39-16; e-mail: 476632@mail.ru

**Avdeenko Vladimir Semenovich**, doctor of veterinary sciences, professor of «Animal diseases and veterinary sanitary expertise» department FSBEE HO Saratov SAU named after N.I. Vavilov, 410005, Saratov, Sokolovaya Street, 335. Ph.: 8 (927) 116-09-66; e-mail: avdeenko8686@mail.ru

**Molchanov Alexey Vyacheslavovich**, doctor of agricultural sciences, professor / head of «Technology of production and processing of livestock products» department FSBEE HO Saratov SAU named after N.I. Vavilov, 410005, Saratov, Sokolovaya Street, 335. Ph.: 8 (927) 134-58-02; e-mail: molchanov\_av@mail.ru

### Contribution

All authors are responsible for the work and given information. All authors were equally involved in this work.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 20.01.2016

# STATISTICAL ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION DURING THE CUTTING OF FROZEN MEAT BLOCKS USING MULTIPLE EDGE TOOL

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ БЛОЧНОГО ЗАМОРОЖЕННОГО МЯСА МНОГОЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Lisitsyn A.B., Ivashov V.I., Kapovsky B.R., Kozhevnikova O.E.

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

**Ключевые слова:** измельчение замороженного мяса, фрезерование, энергозатраты

**Keywords:** frozen meat grinding, milling, energy consumption

### Аннотация

В настоящее время замороженное блочное мясо широко используется в мясоперерабатывающем производстве для выработки колбасных изделий и другой мясной продукции. Эффективное измельчение замороженного мясного сырья является актуальной задачей для специалистов мясной промышленности. В ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова» разработан энерго- и ресурсосберегающий процесс измельчения блоков замороженного мяса методом фрезерования. Определение энергозатрат на измельчение сырья многолезвийным инструментом (фрезами) является важнейшим этапом создания измельчителя нового типа.

### Abstract

Currently, frozen meat blocks are widely used in meat processing for production of sausages and other meat products. Efficient grinding of frozen raw meat is an urgent task for meat industry professionals. The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute has developed energy- and resource-saving process for grinding of frozen meat blocks by milling. Determination of energy consumption for grinding of raw materials by multiple edge tools (milling tools) is the most important step in the creating of new type mincing machine.

### Введение

Процесс измельчения сырья является одним из самых энергоемких технологических процессов в мясной промышленности. В ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова» были проведены исследования по созданию инновационного процесса измельчения замороженного блочного мяса методом фрезерования, характеризующегося энерго- и ресурсосбережением [1, 2, 3].

Основным направлением исследований выбрано изучение применения фрез разной конструкции в качестве рабочего органа измельчителя замороженных мясных блоков. Обосновать такой выбор можно следующими обстоятельствами: 1) при измельчении сырья фрезами площадь контакта режущих кромок с мясом минимальна в сравнении с площадью боковых поверхностей ножей куттера, следовательно, можно обеспечить снижение энергозатрат на трение и адгезию; 2) изменяя параметры процесса измельчения сырья методом фрезерования и применяя сменные фрезы разной конструкции и геометрии, можно влиять на формирование размеров частиц измельченного мяса, обеспечивая заданную степень измельчения сырья при повышении качества готовых мясopодуkтов; 3) перерабатывая блоки замороженного мяса промышленных типоразмеров методом фрезерования в одну стадию, можно сократить традиционную технологическую цепочку переработки блочного мяса (блокореzка – волчок – куттер), что обеспечит ресурсосбережение и снижение затрат электроэнергии в расчете на тонну вырабатываемой продукции.

Обработка фрезами различных материалов (металлов, древесины, пластика и др.) имеет давние

### Introduction

The process of raw material grinding is one of the most energy intensive processes in meat industry. The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute has conducted the studies to establish the innovation process for grinding of frozen meat blocks by milling, which is characterized by energy and resource-saving [1, 2, 3].

The main area of research was the study of different design milling tools as a working element of mincing machine for frozen meat blocks. To justify such choice, the following factors may be used: 1) when grinding the raw material by milling tools the contact area of cutting edges with meat is minimal compared to the area of side surfaces of cutter knives, hence reduced power consumption may be achieved by friction and adhesion reduction; 2) when changing the parameters of raw material grinding process by milling and applying removable milling tools of different design and geometry, we can influence the formation of particle sizes of ground meat providing predetermined degree of raw materials grinding and increasing the quality of finished meat products; 3) when processing the frozen meat blocks of industrial sizes by one-stage milling, it is possible to shorten the traditional workflow of meat blocks processing (block cutting machine - mincing machine - cutter), which will ensure resource-saving and reduction of energy consumption per one ton of product.

Processing of different materials (metal, wood, plastic, etc.) by milling tools has a long tradition. Methods of calculation and designing of metal cutting tools, drive mechanisms and other equipment are developed and tested in practice [4, 5]. However, grinding of frozen meat by multiple edge tools has its own features and has not been studied in full [1, 2, 3]. In particular, it is necessary to determine the energy consumption for the process of frozen meat grinding by milling tools. The results may be used to calculate

традиции. Разработаны и апробированы на практике методики расчета и проектирования как режущего инструмента, так и приводов механизмов металлорежущих станков и другого оборудования [4, 5]. Однако измельчение замороженного мяса многолезвийным инструментом имеет свои особенности и в полном объеме ещё не изучено [1, 2, 3]. В частности, необходимо определить энергозатраты на процесс измельчения замороженного мясного сырья фрезами. Полученные результаты могут быть использованы для расчета удельных энергозатрат, приходящихся на единицу площади слоя мяса, снимаемого одновременно режущими зубьями фрезы. Данные этого расчета позволят оценить потребную мощность привода режущего механизма фрезерной машины, предназначенной для измельчения блоков замороженного мяса промышленных типоразмеров.

Замороженные блоки мяса характеризуются существенной неоднородностью по структурному и текстурному признакам. Кроме того, температура сырья перед измельчением неодинакова в глубине блока мяса и на его поверхности. Эти факторы, влияющие на момент сопротивления измельчению как функции времени, и, следовательно, на потребляемую мощность, имеют стохастический характер. В этой связи, целесообразно провести статистический анализ измеренных значений мощности, потребленной приводом механизма резания фрезерного измельчителя [6].

### Материалы и методы исследования

Для исследования одностадийного процесса резания блочного замороженного мяса многолезвийным инструментом была создана экспериментальная установка ИБФ-1 (измельчитель блоков фрезерный модификации 1). Установка комплектовалась фрезами разной конструкции и геометрии. Параметры режима резания (частоту вращения фрезы и скорость подачи сырья в зону измельчения) устанавливали соответствующими настройками преобразователей частоты питающего напряжения, работающих на электродвигатели приводов механизмов резания и подачи установки ИБФ-1. Активную мощность, потребляемую электроприводом механизма резания установки в рабочем режиме, измеряли и фиксировали промышленным анализатором-регистратором АСМ-3192. Токоизмерительные клещи прибора подключали к силовым выводам шкафа управления, комплектующего установку ИБФ-1 (рисунок 1):

Потенциальные провода прибора подсоединяли к фазным выводам статорной обмотки электродвигателя привода механизма резания установки ИБФ-1. Измерения проводили по схеме «три фазы – нейтраль» (рисунок 2):

the specific energy consumption per area unit of meat layer removed at the same time by milling tool edges. Data from this calculation will allow to assess the required power for drive of milling machine designed to grind the frozen meat blocks of industrial sizes.

Frozen meat blocks are characterized by significant heterogeneity regarding their structural and textural parameters. Furthermore, the temperature of raw material before grinding is not uniform in the depth and on the surface of the meat block. These factors affecting the resistive torque as functions of time, and therefore affecting the power consumption, have a stochastic character. In this regard, it is appropriate to conduct a statistical analysis of the measured values of power consumed by the drive of milling machine [6].

### Materials and methods

The experimental setup IBF-1 (block milling machine, modification 1) has been developed to study the one-stage process of frozen meat blocks cutting by multiple edge tool. The setup was equipped with milling tools of different design and geometry. Cutting mode settings (milling tool speed and raw material feed rate to the grinding zone) were set by the appropriate adjustment of supply voltage frequency converters accompanying the electric motor drives of IBF-1 cutting and feeding mechanisms. The active power consumed by the electric motor of cutting mechanism in operation mode was measured and recorded by industrial ACM-3192 analyzer-recorder. The instrument clamp devices were connected to the power terminals of IBF-1 control cabinet (Figure 1):



Figure 1 - IBF-1 control cabinet

Рисунок 1 – Шкаф управления установкой ИБФ-1

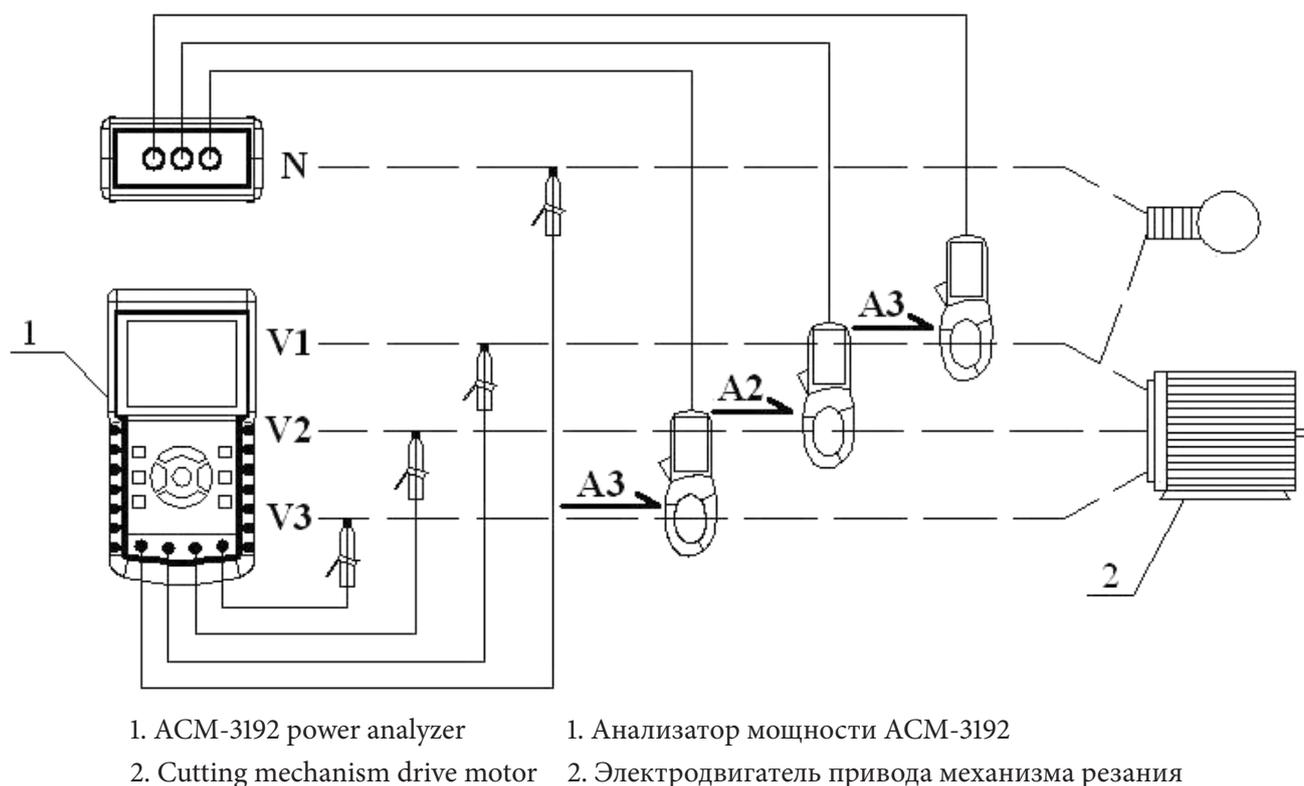


Figure 2 - Measurement scheme of active power consumed by IBF-1 cutting mechanism drive motor in operation mode  
Рисунок 2 – Схема измерения активной мощности, потребляемой электродвигателем привода механизма резания установки ИБФ-1 в рабочем режиме

На установке измельчали экспериментальные блоки замороженного мяса, нарезанные из блоков промышленного типоразмера (говядины жилованной второго сорта и свинины жилованной полужирной). В соответствии с ГОСТ Р 54704-2011 «Блоки из жилованного мяса замороженные» массовая доля соединительной и жировой ткани в говядине составила не более 20%, в свинине массовая доля жировой ткани составила от 30% до 50%. Температура мяса в центре экспериментального блока перед измельчением составляла минус 12 °С ... минус 14 °С.

Статистический анализ энергозатрат процесса измельчения замороженного мяса фрезой проводили методом расчета оценок числовых характеристик (математического ожидания и дисперсии) экспериментального распределения активной мощности, потребляемой электродвигателем привода механизма резания установки ИБФ-1 в процессе измельчения сырья. Проверку соответствия закона экспериментального распределения мощности как случайной величины выдвинутому гипотетическому закону распределения осуществляли по критерию согласия Пирсона.

### Результаты и обсуждение

Данные измерений были получены при измельчении разных экспериментальных блоков замороженного мяса двух видов (говядины и свинины). Общее число замеров мощности (объём выборки) составило 36 значений. Далее данные замеров мощности будем рассматривать как единую статистическую выборку данных. Это обусловлено тем обстоятельством, что статистический анализ потребляемой мощности следует провести для всех случаев экспериментального измельчения фрезой одного типа, комплектующей измельчитель ИБФ-1.

The instrument potential wires were connected to phase terminals of stator winding of IBF-1 cutting mechanism drive motor. The measurements were carried out using «three phases - neutral» model (Figure 2):

The setup grinded the experimental frozen meat blocks derived from industrial size blocks by cutting them (second grade trimmed beef and semi-fat trimmed pork). In accordance with GOST R 54704-2011 «Blocks of frozen trimmed meat», the mass fraction of connective and fat tissue in beef was not more than 20% and fat tissue mass fraction in pork ranged from 30% to 50%. The temperature of meat at the center of the experimental block before grinding was minus 12 °С to minus 14 °С.

Statistical analysis of the energy consumption for frozen meat grinding by milling tool was carried out by calculating estimates of numerical characteristics (mean and variance) of experimental distribution for the active power consumed by IBF-1 cutting mechanism drive motor in the process of raw material grinding. Validation of correspondence of active power experimental distribution as the random variable with the hypothetical distribution law was carried out by the Pearson's fitting criterion.

### Results and discussion

The measurements were obtained in the process of grinding of different experimental frozen meat blocks of two species (beef and pork). The total number of power measurement (sample size) was 36 values. Further details of power measurements will be regarded as a single statistical data sampling. This is due to the fact that the statistical analysis of power consumption should be performed for all cases of experimental grinding using the milling tool of the same type.

Из данных замеров сформируем группированный статистический ряд (таблица 1).

From these measurements, we will form the grouped statistical series (Table 1).

**Table 1. Grouped statistical data series of power consumption measuring for IBF-1 cutting mechanism drive motor (beef, pork)**  
Таблица 1. Группированный статистический ряд данных замеров потребляемой мощности электродвигателем привода механизма резания ИБФ-1 (говядина; свинина)

Range and its limits in kW Диапазон и его границы в кВт	The number of power values in the range   Число значений мощности в диапазоне	The frequency of entering the range $p_i^*$   Частота попадания в диапазон $p_i^*$	The average power value in the range $N_{icp}$ , kW   Среднее значение мощности в диапазоне $N_{icp}$ кВт
Range 1; 1.00 - 2.00 Диапазон 1; 1,00 - 2,00	5	0.139	1.69
Range 2; 2.00 - 2.60 Диапазон 2; 2,00 - 2,60	5	0.139	2.36
Range 3; 2.60 - 3.20 Диапазон 3; 2,60 - 3,20	8	0.222	2.84
Range 4; 3.20 - 3.60 Диапазон 4; 3,20 - 3,60	8	0.222	3.42
Range 5; 3.60 - 4.40 Диапазон 5; 3,60 - 4,40	10	0.278	4.02

По приведенным в таблице 1 данным построим гистограмму численного распределения попаданий величины мощности, потребляемой электродвигателем привода механизма резания установки ИБФ-1, в выбранные диапазоны её значений (рисунок 3).

Рассчитаем плотности частоты по диапазонам значений потребляемой мощности (таблица 2).

According to Table 1, we will plot a histogram of numerical distribution for entering of power consumed by IBF-1 cutting mechanism drive motor into the selected range of its values (Figure 3).

We will calculate the frequency density at ranges of power consumption values (Table 2).

**Table 2. Frequency density at ranges of power consumption values.**

Таблица 2. Плотности частоты по диапазонам значений потребляемой мощности.

Limits of power values range, kW Границы диапазона значений мощности, кВт	1.00 - 2.00	2.00 - 2.60	2.60 - 3.20	3.20 - 3.60	3.60 - 4.40
Frequency density $\times 10^{-2}$ , kW-1 Плотность частоты $\times 10^{-2}$ , кВт-1	13.9	23.20	37.00	55.50	34.80

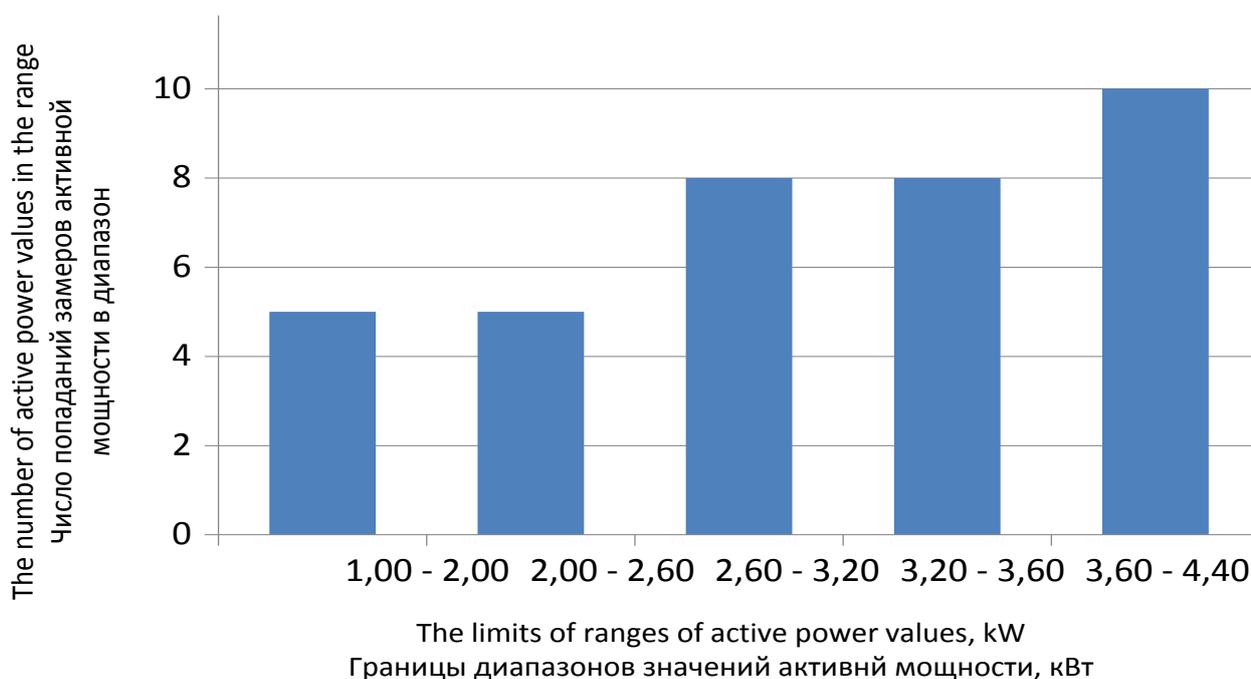


Figure 3 - Histogram of numerical distribution for entering of power consumed by IBF-1 cutting mechanism drive motor into the selected range of its values

Рисунок 3 - Гистограмма численного распределения попаданий величины потребляемой мощности электродвигателем привода механизма резания ИБФ-1 в выбранные диапазоны её значений

По данным таблицы 2 построим гистограмму плотности частоты распределения мощности, потребляемой в процессе измельчения, в выбранные диапазоны её значений (рисунок 4). В отличие от гистограммы численного распределения попаданий величины мощности в выбранные диапазоны её значений (рисунок 3), здесь мы получаем объективную картину экспериментального распределения мощности как случайной величины, устраняя фактор субъективного выбора границ диапазонов [7]. По виду гистограммы приведенной на рисунке 4 можно предположить, что закон распределения мощности близок к закону Гаусса.

Оценим правдоподобие этой гипотезы расчетным путем. Вычислим оценки числовых характеристик опытного распределения мощности, потребляемой в процессе измельчения:

$$m_N^* = \sum_{i=1}^k N_{i\text{ср}} \cdot p_i^* = 3,07(\text{кВт}), \quad (1)$$

$$\sigma_N^* = \sqrt{D_N^*} = \sqrt{\alpha_2 - (m_N^*)^2} = 0,789 (\text{кВт}), \quad (2)$$

где  $m_N^*$  - оценка математического ожидания опытного распределения;  $\sigma_N^*$  - оценка среднего квадратического отклонения опытного распределения;  $D_N^*$  - оценка дисперсии опытного распределения;  $k$  число диапазонов;  $p_i^*$  - частота попадания в  $i$ -тый диапазон;  $N_{i\text{ср}}$  - среднее значение мощности в  $i$ -том диапазоне;  $\alpha_2$  - начальный момент второго порядка опытного распределения потребляемой мощности в процессе измельчения.

Выдвинем гипотезу, что опытное статистическое распределение потребляемой мощности электродвигателем привода механизма резания измельчителя ИБФ-1 подчиняется нормальному закону с вычисленными выше параметрами:

$$f(a) = \left[ \frac{1}{(\sigma \sqrt{2\pi})} \right] \cdot \exp \left[ -\frac{(a - m)^2}{(2 \cdot \sigma^2)} \right] = \left[ \frac{1}{(0,789 \cdot \sqrt{2\pi})} \right] \times \exp[-(a - 3,07)^2 / (2 \cdot 0,622)]. \quad (3)$$

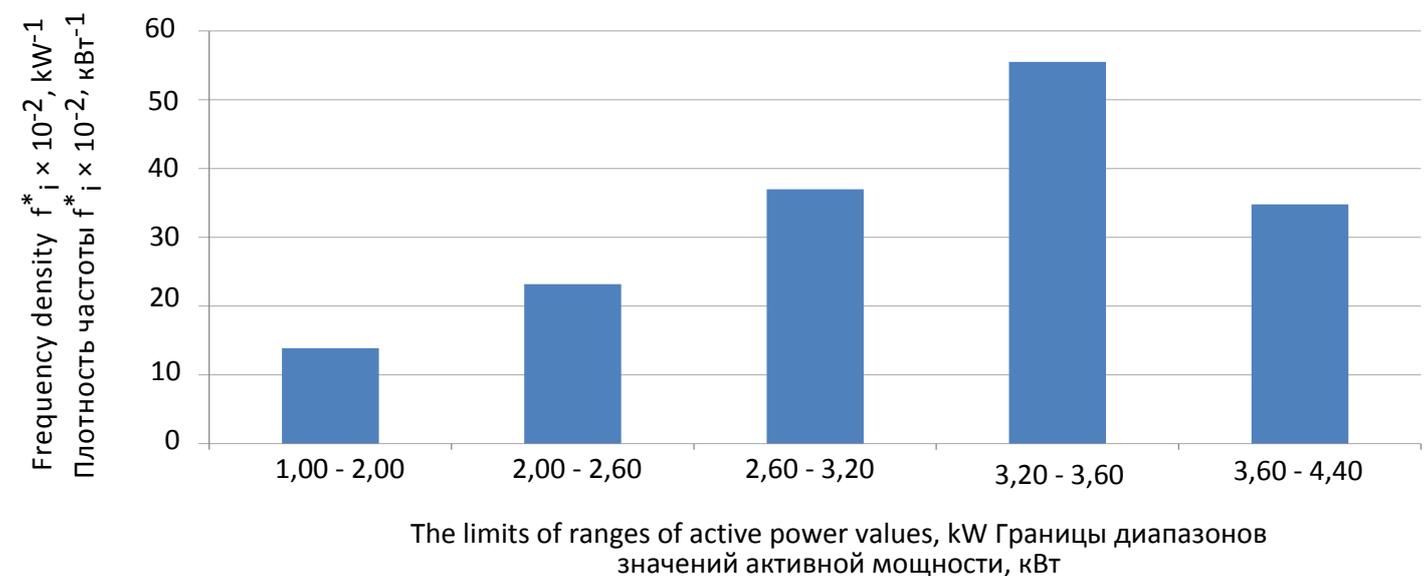


Figure 4 - Histogram of the frequency density for distribution of the power consumed by IBF-1 cutting mechanism drive motor in operation mode - by the ranges of its measured values

Рисунок 4 - Гистограмма плотности частоты распределения мощности, потребляемой электродвигателем привода механизма резания установки ИБФ-1 в рабочем режиме по диапазонам её измеренных значений

According to Table 2, we will plot a histogram of the frequency density for distribution of power consumed during the grinding process, in its chosen range of values (Figure 4). In contrast to the histogram of the numerical distribution of power values entering the chosen ranges of its values (Figure 3), here we can see an objective picture of the experimental power distribution as a random variable eliminating the factor of subjective choice for ranges limits [7]. By referring to the histogram shown in Figure 4 it may be assumed that the power distribution law is close to the Gaussian one.

We will estimate the plausibility of this hypothesis by calculation. Let us calculate estimates of numerical characteristics for experimental distribution of power consumed in the process of grinding:

where  $m_N^*$  estimate of the mean of experimental distribution;  $\sigma_N^*$  - estimate of standard deviation of experimental distribution;  $D_N^*$  - estimate of the variance of experimental distribution;  $p_i^*$  the number of ranges; the frequency of entering the  $i$ <sup>th</sup> range;  $N_{i\text{ср}}$  - mean power value in  $i$ <sup>th</sup> range;  $\alpha_2$  initial second moment for experimental distribution of power consumption in the process of grinding.

We will put forward a hypothesis that the experimental statistical distribution of the power consumed by IBF-1 cutting mechanism drive motor corresponds to the normal law with parameters calculated above:

**Table 3. The probability of entering the power into the ranges of its values calculated for the hypothetical distribution**  
 Таблица 3. Вероятности попадания значений мощности по гипотетическому распределению в выбранные диапазоны

Limits of power values range, kW   Границы диапазона значений мощности, кВт	1.00 - 2.00	2.00 - 2.60	2.60 - 3.20	3.20 - 3.60	3.60 - 4.40
Probability   Вероятность	0.0824	0.1873	0.2933	0.1811	0.2059

Проверку правдоподобия выдвинутой гипотезы осуществим, используя критерий согласия Пирсона.

В таблице 3 приведены вероятности попадания мощности в диапазоны её значений, вычисленные по гипотетическому распределению.

Вычислим значение критерия Пирсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n \cdot p_i)^2}{(n \cdot p_i)} \cong 3.70, \quad (4)$$

где  $i$  - номер диапазона значений мощности;  $k$  - число диапазонов; число значений мощности в  $i$ -том диапазоне;  $n$  - число измерений  $n=36$ ,  $\sum_{i=1}^k n_i = n$ ;  $p_i$  - вероятность попадания значения мощности по гипотетическому распределению в  $i$ -тый диапазон.

Табличное значение критерия Пирсона для уровня значимости 0,1 при трех независимых условиях и числе степеней свободы равно  $r = k - 3 = 5 - 3 = 2$  [8]:  $\chi_{табл}^2 = 4,60$ . Таким образом, при принятых условиях рассчитанное значение критерия Пирсона меньше табличного значения ( $3,70 < 4,60$ ). Следовательно, гипотезу о нормальном распределении активной мощности, потребляемой электродвигателем привода механизма резания измельчителя ИБФ-1 в процессе измельчения как случайной величины можно считать не противоречащей опытным данным.

Результаты вычислений позволяют предположить на основании центральной предельной теоремы [7, 8], что стохастические факторы (неоднородность сырья по текстурному и структурному признакам, изменение температуры сырья в объёме блока мяса) имеют равнозначное влияние на энергозатраты процесса измельчения блочного замороженного мяса по методу фрезерования.

### Выводы

Как видно из результатов статистического анализа опытного распределения активной мощности, потребляемой электродвигателем привода механизма резания установки ИБФ-1 в процессе измельчения, существует значительная дисперсия значений мощности возле оценки математического ожидания мощности. Отметим, что оценка среднего квадратического отклонения мощности составляет примерно 26% от значения оценки математического ожидания. В этой связи можно сказать, что момент сопротивления измельчению, то есть нагрузка на фрезу в рабочем режиме, существенно изменяется по величине. Это объясняется значительной неоднородностью исходного сырья. При изменении нагрузки на фрезу измельчителя в рабочем режиме изменяется частота её вращения, что приводит к дополнительной дисперсии линейных размеров мясной стружки в связи с изменением параметров режима резания (подачи

We will estimate the plausibility of this hypothesis by using the Pearson's fitting criterion.

Table 3 shows the probability of entering the power into the ranges of its values calculated for the hypothetical distribution.

Let us calculate the Pearson's fitting criterion:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n \cdot p_i)^2}{(n \cdot p_i)} \cong 3.70, \quad (4)$$

where  $i$  - number of power values range;  $k$  - number of ranges; number of power values in  $i^{\text{th}}$  range;  $n$  - number of measurements,  $n=36$ ,  $\sum_{i=1}^k n_i = n$ ;  $p_i$  the probability of power value entering into  $i^{\text{th}}$  range for a hypothetical distribution.

Tabulated value of Pearson's criterion for significance level 0.1 at three independent conditions and at the number of degrees of freedom is  $r = k - 3 = 5 - 3 = 2$  [8]:  $\chi_{tab}^2 = 4.60$ . Thus, under the assumed conditions, the calculated value is less than the Pearson's criterion tabulated value ( $3.70 < 4.60$ ). Therefore, the hypothesis about normal distribution of active power consumed by IBF-1 cutting mechanism drive motor in the process of grinding as a random variable may be regarded as consistent with the experimental data.

On the basis of the central limit theorem [7, 8], the calculation results suggest that stochastic factors (raw material heterogeneity regarding texture and structural characteristics, temperature variability in raw meat blocks) have equal influence on the energy consumption in the process of frozen meat blocks grinding by milling.

### Conclusion

As it can be seen from the results of statistical analysis of the experimental distribution of active power consumed by IBF-1 cutting mechanism drive motor in the process of grinding, there is a significant variance of values near the mean estimates for power. It must be noted that the estimate of standard deviation for power is about 26% of the mean estimate. In this regard, it can be assumed that the resistive torque, i.e. the load on the milling tool in operation mode, varies considerably. This is due to significant raw material heterogeneity. When the load on the milling tool in operation mode changes the frequency of its rotation changes too, which leads to further dispersion of the linear dimensions of chipped meat due to changes in cutting mode parameters (feed onto the milling tool edge and cutting speed). Taking this into account, it is necessary to ensure the stabilization of the cutting mode parameters by the means of automatic control system (ACS) during the grinding in operation mode [9, 10, 11]. The ACS structure for frozen raw meat grinding process by milling tool using a control computer is proposed in [12].

на зуб фрезы и скорости резания сырья). Учитывая это, следует обеспечить стабилизацию параметров режима резания средствами системы автоматического управления (САУ) процессом измельчения в рабочем режиме измельчителя [9, 10, 11]. Структура САУ процессом измельчения замороженного мясного сырья фрезой с использованием управляющей вычислительной машины предложена в работе [12].

Установленный статистическим анализом факт нормального распределения значений энергозатрат процесса измельчения сырья методом фрезерования, полученных экспериментальным путем, позволяет использовать вычисленную оценку математического ожидания потребленной активной мощности 3,07 кВт для расчета установленной мощности привода механизма резания фрезерной машины, предназначенной для измельчения блоков замороженного мяса промышленных типоразмеров.

Statistical analysis established the fact of normal distribution for energy consumption values during raw material grinding process by milling obtained experimentally. This allows to use the calculated estimate of mean consumed active power of 3.07 kW to calculate rated power for cutting mechanism drive of milling machine designed for grinding of frozen meat blocks of industrial sizes.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ивашов, В.И. Современная практика переработки замороженного мясного сырья. [Текст] // В.И. Ивашов, А.Н. Захаров, А.Б. Лисицын, Б.Р. Каповский, О.Е. Кожевникова // Все о мясе. - 2014, - № 2. - с.24-29
2. Лисицын, А.Б. Измельчение замороженного блочного мяса методом фрезерования [Текст] / А.Б. Лисицын, В.И. Ивашов, А.Н. Захаров, Б.Р. Каповский, Д.А. Максимов // Все о мясе. - 2013. - № 4. - с.42 - 48.
3. Лисицын, А.Б. Интеллектуальная система управления качеством мясных фаршей [Текст] / А.Б. Лисицын, В.И. Ивашов, А.Н. Захаров, Б.Р. Каповский, О.Е. Кожевникова // Все о мясе. - 2013. - № 6. - с.32 - 38.
4. Иноземцев, Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов / Г.Г. Иноземцев. - М.: «Машиностроение», 1984. - 272 с.
5. Кряжев, Н.А. Фрезерование древесины / Н.А. Кряжев. - М.: Лесная промышленность, 1979. - 200 с.
6. Белов, М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 576 с.
7. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. - М.: ФИЗМАЛИТ, 2006. - 816 с.
8. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и её инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - М.: «Наука», 1988. - 480 с.
9. Пупков, К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления. Том 2. Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления / К.А. Пупков, Н.Д. Егупов, Е.М. Воронов и др.; под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 640 с.
10. Aktuelles aus der Fleischforschung Kurzfassungen der Fachvortzge von der 49 Kulmbacher Wochevom 6. bis. 8 // Fleischwirtschaft. - 2014. - № 6. - s.84.
11. Computer technology improves the efficiency of processing // Meat International. - 2004. - № 2. - p.22.
12. Максимов, Д.А. Автоматическое управление процессом тонкого измельчения мясного сырья [Текст] / Д.А. Максимов, Б.Р. Каповский, А.Н. Захаров // Мясная индустрия. - 2013. - № 1. - с.42 - 46.

## REFERENCES

1. Ivashov, V.I. The current practice of frozen raw meat processing. [Text] // V.I. Ivashov, A.N. Zakharov, A.B. Lisitsyn, B.R. Kapovsky, O.E. Kozhevnikova // All about meat. - 2014, - No. 2. - p. 24 - 29.
2. Lisitsyn A.B. Grinding of frozen meat blocks by milling [Text] / A.B. Lisitsyn, V.I. Ivashov, A.N. Zakharov, B.R. Kapovsky, D.A. Maksimov // All about meat. - 2013. - No. 4. - p. 42 - 48.
3. Lisitsyn A.B. Intelligent quality control system for minced meat [Text] / A.B. Lisitsyn, V.I. Ivashov, A.N. Zakharov, B.R. Kapovsky, O.E. Kozhevnikova // All about meat. - 2013. - No. 6. - p. 32 - 38.
4. Inozemtsev, G.G. Design of metal cutting tools / G.G. Inozemtsev. - M. "Mashinostroenie", 1984. - 272 p.
5. Kryazhev, N.A. Milling of wood / N.A. Kryazhev. - M.: The forest industry, 1979. - 200 p.
6. Belov, M.P. Automatic electric motor drive for typical industrial machinery and technological systems / M.P. Belov, V.A. Novikov, L.N. Rassudov. - M.: Publishing Center "Akademija", 2004. - 576p.
7. Kobzar, A.I. Applied mathematical statistics. For engineers and scientists / A.I. Kobzar. - M.: FIZMALIT, 2006. - 816 p.
8. Wentzel, E.S. Probability theory and its engineering applications / E.S. Wentzel, L.A. Ovcharov. - M.: "Nauka", 1988. - 480 p.
9. Pupkov K.A. Methods of classical and modern automatic control theory. Volume 2. Statistical dynamics and identification of automatic control systems / K.A. Pupkov, N.D. Egupov, E.M. Voronov, etc.; edited by K.A. Pupkov, N.D. Egupov. - M.: Publishing Center of Bauman Moscow State Technical University, 2004. - 640 p.
10. Aktuelles aus der Fleischforschung Kurzfassungen der Fachvortzge von der 49 Kulmbacher Wochevom 6. bis. 8 // Fleischwirtschaft. - 2014. - No. 6. - p. 84.
11. Computer technology improves the efficiency of processing // Meat International. - 2004. - No. 2. - p. 22.
12. Maksimov, D.A. Automatic control of the process of raw meat fine grinding [Text] / D.A. Maksimov, B.R. Kapovsky, A.N. Zakharov // Meat Industry. - 2013. - No. 1. - p. 42 - 46.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

## Принадлежность к организации

**Лисицын Андрей Борисович** - доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26  
Тел.: 8(495)676-95-11 e-mail: info@vniimp.ru

**Ивашов Валентин Иванович** – доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26  
Тел.: 8(495)676-67-51 e-mail: info@vniimp.ru

**Каповский Борис Романович** – старший научный сотрудник лаборатории «Систем машин, развития новой техники и опытного конструирования» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26  
Тел.: 8(495)676-67-51 e-mail: system@vniimp.ru

**Кожевникова Ольга Евгеньевна** – младший научный сотрудник лаборатории «Систем машин, развития новой техники и опытного конструирования» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26  
Тел.: 8(495)676-67-51 e-mail: system@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 21.12.2015

## AUTHOR INFORMATION

## Affiliation

**Lisitsyn Andrey Borisovich** - doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Director of The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: 8 (495) 676-95-11 e-mail: info@vniimp.ru

**Ivashov Valentin Ivanovich** - doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, chief research scientist of The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: 8 (495) 676-67-51 e-mail: info@vniimp.ru

**Kapovsky Boris Romanovich** - senior research scientist, Laboratory of systems of cars, development of new technics and skilled designing, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: 8 (495) 676-67-51 e-mail: system@vniimp.ru

**Kozhevnikova Olga Evgenievna** - junior research scientist, Laboratory of systems of cars, development of new technics and skilled designing, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: 8 (495) 676-67-51 e-mail: system@vniimp.ru

## Contribution

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

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 21.12.2015

# EFFECT OF DISINFECTANTS BASED ON POTASSIUM PERSULFATE, HYDROGEN PEROXIDE, GLUTARALDEHYDE AND QUATERNARY AMMONIUM COMPOUNDS ON THE GENETIC MATERIAL OF THE PATHOGEN BACTERIA SPECIFIC TO MEAT PROCESSING INDUSTRY

## ВЛИЯНИЕ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ПЕРСУЛЬФАТА КАЛИЯ, ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА, ГЛУТАРАЛЬДЕГИДА И ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЙНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПАТОГЕНОВ, СПЕЦИФИЧНЫХ ДЛЯ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Afonyushkin V.N.,<sup>1,2</sup> Tabanyukhov K.A.,<sup>1,4</sup> Cherepushkina V.S.,<sup>1</sup> Khomenko Yu.S.,<sup>1</sup> Tatarchuk O.P.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>- The Institute of the Experimental veterinary of the Siberia and the Far East, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

<sup>2</sup>- The Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>- KRKA PHARMA, Moscow, Russia

<sup>4</sup>- Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

**Ключевые слова:** персульфат калия, глутаральдегид, ЧАС, перекись водорода, дезинфекция, мясопереработка, антибиотикорезистентность, ДНК

**Keywords:** potassium persulfate, glutaraldehyde, quaternary ammonium compounds, hydrogen peroxide, disinfection, meat processing, antibiotic resistance

### Аннотация

Изучались изменения в генетическом материале бактерий, возникающие под действием дезинфицирующих средств различных химических классов. Методами молекулярной биологии и геной инженерии установлено, что дезинфицирующее средство Экоцид разрушает как изолированный генетический материал, так и находящиеся в составе бактериальных клеток хромосомную и плазмидную ДНК. Разрушение генетического материала бактерий при дезинфекции оборудования мясоперерабатывающих предприятий необходимо для предотвращения горизонтального переноса нежелательной генетической информации, например генов антибиотикоустойчивости или токсинообразования.

### Abstract

The changes in bacterial genetic material under the action of different biocidal products have been investigated. It was confirmed by PCR and genetic engineering that biocidal product Ecocid was able to remove both chromosomal and plasmid DNA, either isolated or contained within the bacterial cells. Using a disinfectant that destroys DNA on the surfaces of meat production equipment is a promising measure to prevent horizontal transfer of unwanted genetic material, such as bacterial genes associated with the resistance to antibiotics, or genes of toxin production.

### Введение

Общепринято, что биологическая безопасность пищевой продукции зависит в том числе от степени удаления загрязнений и бактериальных контаминантов с поверхностей технологического оборудования предприятий мясной отрасли. Тем не менее, с развитием знаний о механизмах обмена генетической информацией у бактерий стало очевидно, что биологическая безопасность продукции пищевой промышленности может быть нарушена в случае горизонтальной передачи нежелательной генетической информации — генов антибиотикоустойчивости, эндо- и экзотоксинообразования и т.д. (Verraes с соавт., 2013). Это особенно актуально для мясной промышленности: сложный состав биологической матрицы способен защитить ДНК от разрушения, а специфические для мясопереработки условия окружающей среды — низкая температура, гипертоническая среда, высокие концентрации солей, стрессовые воздействия и т.д., — могут привести к возникновению компетентных клеток бактерий, способных к поглощению и использованию экзогенной ДНК (Straub с соавт., 1999; Bauer с соавт., 2004). Учитывая этот факт, на предприятиях мясной промышленности целесообразно использовать

### Introduction

It is generally accepted that the biological safety of food products depends, among other things, on the degree of elimination of impurities and bacterial contaminants from surfaces of the technological equipment of meat sector enterprises. Nevertheless, with increasing knowledge of the mechanisms of the genetic information exchange in bacteria, it became obvious that the biological safety of food industry products can worsen in case of the horizontal transfer of the undesirable genetic information — antimicrobial resistance genes, genes for endo- and exotoxin production, etc. (Verraes с соавт., 2013). This is especially topical for the meat industry: the complex composition of the biological matrix is able to protect DNA from destruction, and the specific environmental conditions of meat processing (low temperature, hypertonic environment, high concentrations of salts, stress and so on) can lead to emergence of the competent bacterial cells capable of absorbing and using exogenous DNA (Straub et al., 1999; Bauer et al., 2004). Taking into consideration this fact, it is expedient to use in meat industry enterprises those disinfectants that not only reduce microbial contamination of surfaces being treated, but also lower a probability of the horizontal

дезинфицирующие средства, не только уменьшающие микробную обсемененность обрабатываемых поверхностей, но и снижающие вероятность горизонтального переноса нежелательной генетической информации путем разрушения или инактивации ДНК.

На основании изучения данных о физико-химических и биологических свойствах дезинфицирующих средств, наиболее часто используемых на агропромышленных предприятиях и в мясной промышленности, возникло предположение, что подавляющее большинство дезсредств не оказывает существенного воздействия на генетическую информацию, и не препятствует горизонтальному переносу генов. Целью данного исследования явилась экспериментальная проверка этой гипотезы, а также поиск перспективных дезинфицирующих средств, позволяющих предотвратить горизонтальный перенос нежелательной генетической информации при дезинфекции производственного оборудования на предприятиях мясной промышленности.

### Материалы и методы

Исследования проводились в секторе молекулярной биологии ФГБНУ «Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока» и лаборатории фармакогеномики ФГБУН «Институт химической биологии и фундаментальной медицины» (г. Новосибирск).

Для исследований использовались следующие дезинфицирующие средства: Вирошелд на основе глутаральдегид и композиции четвертичных аммонийных соединений (ЧАС), НРПИ на основе перекиси водорода, и Экоцид на основе персульфата калия, производства компании ООО «КРКА ФАРМА».

Использовались следующие референтные штаммы санитарно-показательных микроорганизмов: *Clostridium perfringens* ATCC 13124, *Salmonella enterica var typhimurium* TA100 (коллекция ИХБФМ СО РАН), *E. coli* XL Blue с плазмидой pBluescript, несущей ген устойчивости к ампициллину. Выделение ДНК бактерий проводилось стандартным силико-сорбционным методом; выделение плазмидной ДНК осуществлялось фенол-хлороформным методом (Маниатис и Фрич, 1984).

ПЦР в реальном времени проводилась на реалтайм-амплификаторах «MiniOpticon» (BioRad) и LightCycler (Roche) в конечном объеме 25 мкл, содержащем 67 мМ трис-НCl (pH 8,9), 16 мМ сульфат аммония; 2,4 мМ MgCl<sub>2</sub>; 0,01% Твин 20; 0,2 мМ дНТФ; 0,5 мкМ олигонуклеотидных праймеров и флуоресцентного зонда, Taq-ДНК полимеразы 1-2 ед.

Для оценки влияния исследуемых дезинфицирующих средств на генетическую информацию бактериальных патогенов к образцам ДНК *Cl. perfringens* с концентрацией 4,9x10<sup>6</sup> GE/мл добавлялись исследуемые дезинфицирующие средства до концентрации 0,5% — в/об (Экоцид) или об/об (Вирошелд и НРПИ). К интактному контролю добавляли физиологический раствор в том же объеме. После инкубации в течение 10 минут реакционная смесь разбавлялась ТЕ-буфером в 10 раз, после чего использовалась для постановки ПЦР. Праймеры и флуоресцентный зонд для детектирования генетического материала (хромосомной ДНК)

transfer of the undesirable genetic information by destroying or inactivating DNA.

Based on the study of the data on physico-chemical and biological properties of the disinfectants that are more often used in the agro-industrial enterprises and in the meat industry, it was suggested that the overwhelming majority of disinfectants did not significantly affect the genetic information nor prevent the horizontal gene transfer. The aim of this work was an experimental verification of this hypothesis and search for prospective disinfectants that allow prevention of the horizontal transfer of undesirable genetic information upon disinfection of the industrial equipment in enterprises of the meat industry.

### Materials and methods

The research work was conducted in the Sector of Molecular Biology of FGBNU “The Institute of the Experimental Veterinary of the Siberia and the Far East” and the Laboratory of Pharmacogenomics of FGBNU “The Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine” of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ICBFM SB RAS) (Novosibirsk).

The following disinfectants were used for the study: Viroshield on the basis of glutaraldehyde and quaternary ammonium compounds (QAC), HPPI on the basis of hydrogen peroxide and Ecocid on the basis of potassium persulfate, which is produced by the LLC KRKA PHARMA.

The following reference strains of the sanitary indicator microorganisms were used: *Clostridium perfringens* ATCC 13124, *Salmonella enterica var typhimurium* TA100 (collection of ICBFM SB RAS), *E. coli* XL Blue with the pBluescript plasmid carrying the ampicillin resistance gene. Isolation of the bacterial DNA was carried out by the standard silica adsorption method; isolation of the plasmid DNA by phenol-chloroform method (Maniatis and Fritch, 1984).

Real-time PCR was carried out on the Real-Time Thermal Cyclers «MiniOpticon» (BioRad) and LightCycler (Roche) in the final volume of 25 µl, containing 67 mM tris-HCl (pH 8.9), 16 mM ammonium sulfate; 2.4 mM MgCl<sub>2</sub>; 0.01% Twin 20; 0.2 mM dNTP; 0.5 µM oligonucleotide primers (pH 8.9) and fluorescent probe, Taq-DNA polymerase 1-2 units.

To assess the influence of the disinfectants under investigation on the genetic information of the bacterial pathogens, the disinfectants were added in the concentration up to 0.5% (w/vol. for Ecocid; vol./vol. for Viroshield and HPPI) to the samples of *Cl. perfringens* DNA (4.9x10<sup>6</sup> GE/ml). The physiological solution was added to the intact control in the same volume. After incubation for 10 min., the reaction mixture was diluted with TE buffer ten times, and then used for performing PCR. The primers and fluorescent probe for detecting the genetic material (chromosomal DNA) of *Clostridium perfringens* had the following structure:

- CPF1 5'-ACATGTTTCAGCTGACCGATACT-3';
- CPF2 5'-CACGTGCTCTACCGACTGA-3';
- Taqman probe FAM-CATCGGCTTCTAAAGGCTTAACCGTC-BHQ

To detect the concentration of the genetic material (chromosomal DNA) of *Salmonella enterica*, real-time

*Clostridium perfringens* имели следующую структуру:

- CPF1 5'-ACATGTTTCAGTGCACCGATACT-3',

- CPF2 5'-CACGTGCTCTACCGACTGA-3',

- зонд Taqman FAM-CATCGGCTTCTAAAGGCTTAACCGTC-BHQ

Для определения концентрации генетического материала (хромосомной ДНК) *Salmonella enterica* использовалась количественная ПЦР в реальном времени с зондом Taqman собственной разработки (Афонюшкин с соав., 2008):

- Sm1 5'-GAGCATATTCGTGGAGCAATG-3',

- Sm2 5'-AATAACATCCTCAACTTCAGCAG-3',

- зонд Taqman Sm3 FAM-TGCTCGTAATTCGCCGCCATTGG-BHQ

Для оценки действия исследуемых дезсредств на интенсивность разрушения плазмидной ДНК образцы ДНК плазмиды pBluescript 100 мкг/мл обрабатывали дезсредствами с длительностью экспозиции 1 час в следующих концентрациях: Вироселд и Экоцид 0,5%, HPPI 2%. Очистка реакционных смесей от остатков дезинфицирующих средств проводилась с помощью гель-фильтрации на микроколонках с BioGel P-6 (BioRad). Компетентные клетки *E.coli* трансформировали плазмидой по методике теплового шока: к 100 мкл бактериальной культуры добавляли по 10 мкл раствора плазмидной ДНК (положительный контроль) или реакционной смеси после обработки дезсредствами, инкубировали 40 мин при 0 °С, после чего распределяли на агаризованной среде с ампициллином (агар Лурия-Бертани), подогретой до 37 °С (Маниатис и Фрич, 1984).

Все эксперименты проводили в четырех повторностях.

### Результаты исследований

Оценка степени разрушения изолированной ДНК *Cl. perfringens* под действием исследуемых дезсредств осуществлялась по сдвигу порогового цикла C(t), который наступает позже при снижении количества ДНК, пригодной для амплификации (Рис. 1-2, Табл. 1).

В результате эксперимента установлено, что все дезинфектанты в той или иной степени сдвигают наступление порогового цикла, то есть способны снижать концентрацию ДНК, пригодной для ПЦР, в 28-49 раз. Наибольшей активностью в этом отношении обладал Экоцид, вызывавший сдвиг порогового цикла C(t) в среднем на 2,7, что является наилучшим результатом среди исследованных дезсредств. Следует отметить, что

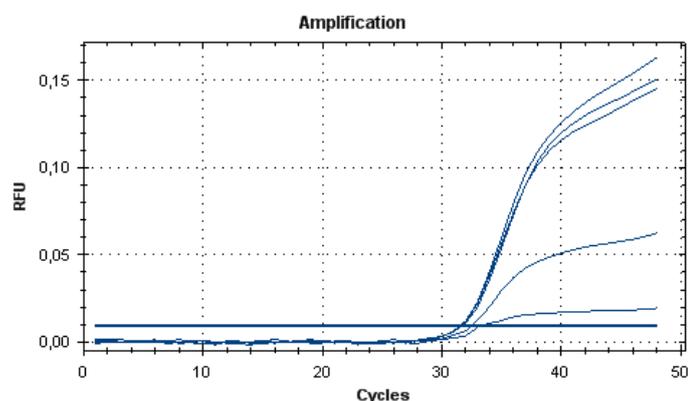


Рис. 1. Изменение порогового цикла C(t) после обработки генетического материала дезсредством Экоцид

Fig. 1. Change in the threshold cycle C(t) after treatment of the genetic material with Ecocid

quantitative PCR with in-house Taqman probe was used (Афонюшкин V.N. et al., 2008):

- Sm1 5'-GAGCATATTCGTGGAGCAATG-3',

- Sm2 5'-AATAACATCCTCAACTTCAGCAG-3',

- Taqman probe Sm3 FAM-TGCTCGTAATTCGCCGCCATTGG-BHQ

To assess the action of the disinfectants under investigation on the intensity of plasmid DNA destruction, the samples of the pBluescript plasmid DNA (100 µg/ml) were treated with the disinfectants for one hour in the following concentrations: 0.5% for Virosshield and Ecocid, 2% for HPPI.

Purification of the reaction mixtures from the residues of the disinfectants was carried out using gel-filtration on the micro columns with Bio-Gel P-6 (BioRad). The competent cells of *E.coli* were transformed with the plasmid using the method of heat shock: 10 µl of the solution of the plasmid DNA (positive control) or the reaction mixture after treatment with the disinfectants were added to 100 µl of the bacterial culture, incubated at 0 °C for 40 min., then spread on the agar medium with ampicillin (agar Luria-Bertani) heated to 37 °C (Maniatis and Fritch, 1984).

All experiments were carried out in four replications.

### Results of the experiments

The degree of destruction of the isolated of *Cl. perfringens* DNA under the influence of the tested disinfectants was assessed according to the change in the threshold cycle C(t), which occurred later upon decreasing a quantity of DNA suitable for amplification (Fig. 1-2, Table 1).

As result of the experiment, it was found that all disinfectants, to one extent or another, change the beginning of the threshold cycle; that is, are able to significantly (28-49 times) reduce the concentration of DNA suitable for PCR. In this regard, the highest activity had Ecocid, which induced the change in the threshold cycle C(t) on average by 2.7, which was the best result among the studied disinfectants. It is necessary to note that in this experiment, it was impossible to achieve the full destruction of DNA as the experimental conditions envisage detection of a comparatively short DNA region with a length of only 200 b.p. On the other hand, the real amount of chromosomal DNA destruction after treatment with Ecocid would be proportional to the genome size; that is, 2000-4000 times more.

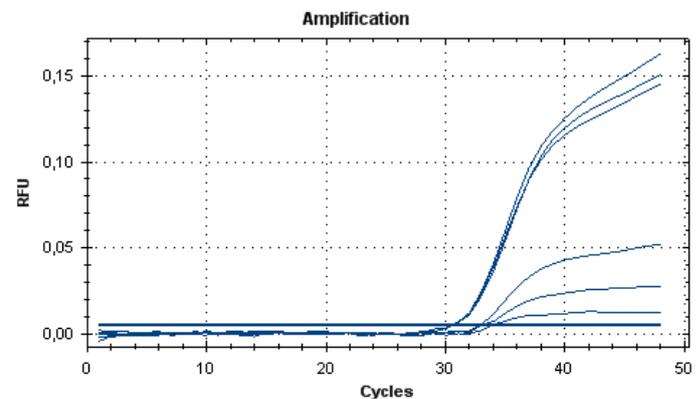


Рис. 2. Изменение порогового цикла C(t) после обработки генетического материала дезсредством HPPI

Fig. 2. Change in the threshold cycle C(t) after treatment of the genetic material with HPPI

**Table 1. Concentrations of the genomic DNA of *Cl. perfringens* and threshold cycles C(t)**  
 Табл. 1. Концентрации геномной ДНК *Cl. perfringens* и пороговые циклы C(t)

Sample   Наименование образца	DNA concentration, GE in 5 µl   Концентрация ДНК, ГЕ в 5 мкл	C(t)
DNA after treatment with Ecocid   ДНК после обработки дезинфектантом Экоцид	83.6	33.24
DNA after treatment with Virosshield   ДНК после обработки дезинфектантом Вироселд	72.8	32.86
DNA after treatment with HPPI   ДНК после обработки дезинфектантом HPPI	52.4	33.19
Native DNA of <i>Cl. perfringens</i>   Нативная ДНК <i>Cl. perfringens</i>	2460.0	30.49
Reference <i>Cl. perfringens</i> No. 1   Стандарт <i>Cl. perfringens</i> № 1	1000.0	28.61
Reference <i>Cl. perfringens</i> No. 2   Стандарт <i>Cl. perfringens</i> № 2	100.0	31.01
Reference <i>Cl. perfringens</i> No. 3   Стандарт <i>Cl. perfringens</i> № 3	10.0	36.46
Negative control (without DNA)   Отрицательный контроль (без ДНК)	0	0

полного разрушения ДНК в этом эксперименте достигнуть не возможно, так как условиями опыта предусмотрена детекция сравнительно короткого участка ДНК длиной всего 200 п.н. С другой стороны, реальное количество повреждений в хромосомной ДНК после обработки дезсредством Экоцид будет пропорционально размеру генома — то есть в 2000-4000 раз больше.

Для уточнения способности дезсредства Экоцид к повреждению молекул ДНК, находящихся в составе клеток *Salmonella enterica*, дезинфицирующим средством с экспозицией 30 минут были обработаны как образцы изолированной ДНК *Salmonella enterica*, так суспензия жизнеспособных бактериальных клеток, взятых в той же концентрации, которую использовали для выделения ДНК. После очистки гель-фильтрацией реакционная смесь использовалась для постановки ПЦР в реальном времени (Рис. 3).

Количественная ПЦР в реальном времени является достаточно удобной системой для оценки эффективности дезсредств в отношении генетического материала, позволяющая изучить механизм такого действия. Как свидетельствуют результаты ПЦР, после обработки дезсредством Экоцид образцы изолированной ДНК *Salmonella enterica* оказались полностью инактивированы. Степень инактивации генетического материала, находившегося в составе клеток сальмонелл при обработке Экоцидом, оценивали по сдвигу порогового цикла C(t) (Табл. 2).

Полученные данные о концентрациях ДНК *Salmonella enterica* после обработки живых бактерий дезсредством Экоцид свидетельствуют о статистически достоверном ( $P=0,0096$ ) уменьшении количества

To clarify the capacity of Ecocid to damage DNA molecules located in the cells of *Salmonella enterica*, the samples of the isolated DNA of *Salmonella enterica* and the suspension of viable bacterial cells, which were taken in the same concentration as for DNA isolation, were treated with the disinfectant for 30 min. After purification by gel filtration, the reaction mixture was used for real-time PCR (Fig. 3).

Real-time quantitative PCR is quite a convenient system for assessing effectiveness of disinfectants in regard to a genetic material allowing investigation of a mechanism of this action. As can be seen from the results of the PCR, the samples of the isolated *Salmonella enterica* DNA were completely inactivated after treatment with Ecocid. The degree of inactivation of the genetic material within the *Salmonella* cells upon treatment with Ecocid, was assessed by the change in the threshold cycle C(t) (Table 2).

The obtained data on the concentration of the *Salmonella enterica* DNA after treatment of live bacteria with disinfectant Ecocid suggest the statistically significant ( $P=0.0096$ ) decrease in the quantity of DNA suitable for amplification (more than 280 times, that is by 98.53%). Thus, the Ecocid action on the *Salmonella* culture was accompanied not only by death of bacteria but also by DNA destruction.

As the system of DNA reparation in live *Salmonella* was active, the degree of the destruction of the genetic material within the bacterial cells was less than that upon the action of Ecocid on the isolated DNA. Nevertheless, use of DNA as a matrix for PCR is possible only in the absence of two-stranded disruptions inside a target. In this experiment the amplicon size was 150 b.p.; thus, to

**Fig. 3. Amplification curves of the intact (1) and treated with Ecocid genetic material of *Salmonella enterica* within the bacterial cells (2) and isolated genetic material of *Salmonella enterica* (3).**

Рис. 3. Кривые амплификации интактного (1) и обработанного Экоцидом генетического материала *Salmonella enterica*, находившегося в составе бактериальных клеток (2), и изолированного генетического материала *Salmonella enterica* (3).

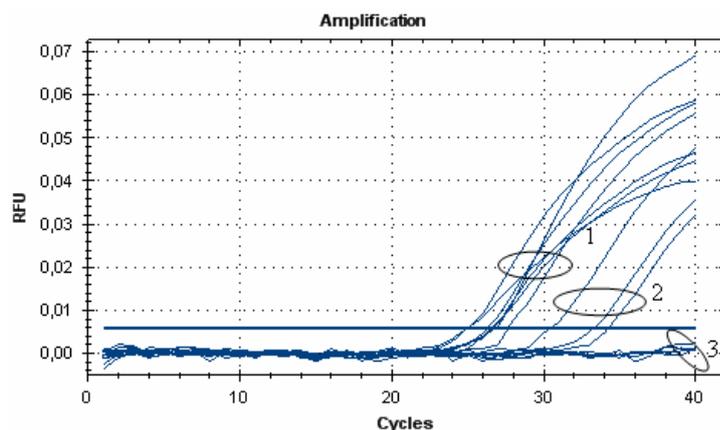


Table 2. Concentrations of the genetic material of *Salmonella enterica* after treatment with EcocidТаблица 2. Концентрация генетического материала *Salmonella enterica* после обработки дезсредством Экоцид

Sample   Наименование образца	C(t)	DNA concentration, GE in 5 µl   Концентрация ДНК, ГЕ в 5 мкл	
		Absolute   Абсолютная	Logarithmic   Логарифмическая
Isolated <i>Salmonella</i> DNA treated with Ecocid   Изолированная ДНК сальмонелл, обработанная Экоцидом	> 40	0	0
DNA from <i>Salmonella</i> cells treated with Ecocid   ДНК из клеток сальмонелл, обработанных Экоцидом	32.61±0.81	68.03±45.23	1.27±0.84
Intact <i>Salmonella</i> DNA   Интактная ДНК сальмонелл	26.97±0.42	3667.25±1730.06	3.35±0.21
DNA from the intact culture of <i>Salmonella</i>   ДНК из интактной культуры сальмонелл	26.14±0.36	4628.75±1346.85	3.42±3.60
References ( <i>Salmonella</i> DNA in different concentrations)   Стандарты (ДНК сальмонелл в разных концентрациях)	17.80±0.26	1 000 000.00	6.00
	21.94±0.12	100 000.00	5.00
	24.44±0.06	10 000.00	4.00
	28.27±0.35	1 000.00	3.00
	31.80±0.02	100.00	2.00
	34.75±0.07	10.00	1.00
Negative control   Отрицательный контроль	> 40	0	0

пригодной к амплификации ДНК в более чем 280 раз, то есть на 98,53%. Таким образом, действие дезсредства Экоцид на культуру сальмонелл сопровождалось не только гибелью бактерий, но и разрушением ДНК.

Так как система репарации ДНК в живых сальмонеллах оставалась активной, степень разрушения генетического материала, находившегося в составе бактериальных клеток, была меньше, чем при воздействии дезсредства Экоцид на изолированную ДНК. Тем не менее, использование ДНК в качестве матрицы для ПЦР возможно только при отсутствии двухцепочечных разрывов внутри мишени, а данном эксперименте размер ампликона составлял 150 п.н., поэтому для снижения концентрации ДНК сальмонелл, детектируемым ПЦР, необходимо в среднем одно повреждение молекулы ДНК на каждые 150 нуклеотидов. Учитывая, что размер генома сальмонелл составляет ок. 4,8 млн. п.н., совершенно очевидно, что после обработки дезсредством Экоцид живых клеток бактерий вероятность сохранения неповрежденной хромосомной ДНК стремится к нулю.

Помимо хромосомной ДНК, у бактерий имеются внехромосомные носители генетической информации — плазмиды. Они представляют собой короткие двухцепочечные, чаще кольцевые, молекулы ДНК, и обычно содержат гены, повышающие устойчивость бактерий к неблагоприятным внешним факторам — например, к антибиотикам, к УФ-излучению, к некоторым дезинфицирующим средствам, гены токсинобразования и других детерминант вирулентности. Плазмиды являются мобильными генетическими элементами, они реплицируются автономно и независимо от хромосомной ДНК, и бактериальная клетка может содержать до нескольких сотен копий плазмиды. Бактерии могут обмениваться плазмидами при конъюгации, либо, приобретая так называемую компетентность, способны поглощать плазмиды непосредственно из окружающей среды. Будучи кольцевой молекулой ДНК, плазмиды отличаются высокой устойчивостью во внешней среде, поэтому именно с

reduce the concentration of *Salmonella* DNA detectable by PCR, on average one damage of DNA molecule per each 150 nucleotides is necessary. Taking into account that the *Salmonella* genome size is about 4.8 mln b.p, it is perfectly evident that after treatment of live bacterial cells with disinfectant Ecocid, the probability of preserving intact chromosomal DNA tends to zero.

Besides the chromosomal DNA, bacteria have non-chromosomal carriers of the genetic information – plasmids. They present two-stranded, more frequently circular DNA molecules and usually contain genes that increase resistance of bacteria to unfavorable external factors, for example, antibiotics, UV radiation and several disinfectants, as well as genes of toxin production and other determinants of virulence. Plasmids are mobile genetic elements, they are replicated autonomously and independently of the chromosomal DNA and a bacterial cell can contain up to several hundreds of plasmid copies. Bacteria can exchange plasmids in conjugation, or acquiring so called competence can absorb plasmids from an environment. Being a circular DNA molecule, plasmids are distinguished by their high resistance in an environment; thus, the highest risk of transfer of undesirable genetic information is associated precisely with plasmids.

To assess the impact of disinfectants on the plasmid DNA, the methods of the genetic engineering were used; namely, transformation of the competent *E. coli* cells by the pBluescript plasmid. The pBluescript plasmid contains the ampicillin resistance gene and the gene of β-galactosidase in the Lac-operon; therefore, the transformed bacteria on the medium with ampicillin in presence of the chromogenic substrate form blue color colonies (Fig 4).

The intensity of plasmid DNA destruction by the tested disinfectants was determined by the number of the stained *E.coli* XL Blue colonies after transformation of bacteria both by the isolated plasmids treated with the disinfectants, and by the plasmids within the bacterial cells during the disinfectant exposure. The results of the bacteria transformation by the pBluescript plasmid are presented in Fig. 5 and in Table 3.

плазмидами связан наибольший риск передачи нежелательной генетической информации.

Для оценки воздействия дезсредств на плазмидную ДНК использовались методы генетической инженерии, а именно трансформация плазмидой pBluescript компетентных клеток *E.coli*. Плазмида pBluescript содержит ген устойчивости к ампициллину и ген β-галактозидазы, входящей в состав Lac-оперона, поэтому колонии трансформированных бактерий на среде с ампициллином в присутствии хромогенного субстрата приобретают синюю окраску (Рис. 4).

Интенсивность разрушения плазмидной ДНК исследуемыми дезсредствами определялась по количеству окрашенных колоний *E.coli* XL Blue после трансформации бактерий как обработанными дезсредствами изолированными плазмидами, так и плазмидами, находившимися в составе бактериальных клеток во время воздействия дезсредств. Результаты трансформации бактерий плазмидой pBluescript представлены на рис. 5. и в табл. 3.

Как видно из таблицы, исследованные дезсредства в различной степени разрушают плазмиду pBluescript

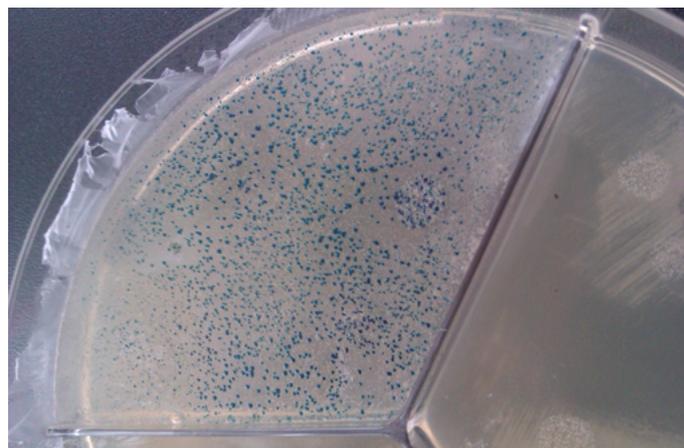


Fig. 4. Positive control: *E.coli* XL Blue colonies after transformation with pBluescript without treatment with disinfectants.

Рис. 4. Положительный контроль: колонии *E.coli* XL Blue после трансформации плазмидой pBluescript без обработки дезсредствами.

**Table 3. Influence of the disinfectants on the suitability of the pBluescript plasmid for transformation of the competent cells of the bacterium *E.coli* XL Blue**

Таблица 3. Влияние дезсредств на пригодность ДНК плазмиды pBluescript к трансформации компетентных клеток бактерий *E.coli* XL Blue

Indicators   Показатели	Tested disinfectants   Исследуемые дезсредства			
	Ecocid   Экоцид	HPPI	Viroshield   Вирошелд	Without disinfectants (control)   Без дезсредств (контроль)
Number of the transformed bacteria colonies after treatment of the plasmid DNA located within the bacterial cells with the disinfectants   Количество колоний трансформированных бактерий после обработки дезсредствами плазмидной ДНК, находившейся в составе бактериальных клеток	3	—	28	112
Number of the transformed bacteria colonies after treatment of the isolated plasmid DNA with the disinfectants   Количество колоний трансформированных бактерий после обработки дезсредствами изолированной плазмидной ДНК	0	2	165	387
The degree of a decrease in the number of the transformed bacteria, %   Степень уменьшения количества трансформированных бактерий, %	100	99,994	57,39	0

с геном устойчивости к ампициллину, тем самым в различной степени препятствуя росту трансформированных бактерий на среде с этим антибиотиком. Дезсредство Вирошелд на основе глутарового альдегида и ЧАС проявило крайне малую эффективность в отношении плазмидной ДНК: в образце было отмечено большое количество колоний трансформированных бактерий. Дезсредство HPPI на основе перекиси водорода в ходе эксперимента инактивировало плазмиды в большей степени, поэтому наблюдались единичные колонии трансформированных бактерий. Вероятней всего, недостаточная эффективность этого дезсредства связана со спецификой действия каталаз

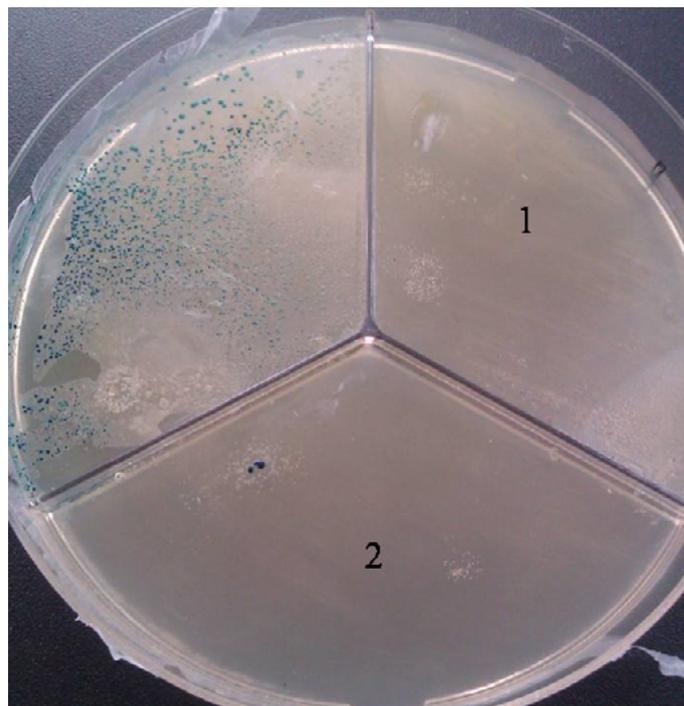


Fig. 5. The results of *E.coli* XL Blue transformation by the pBluescript plasmid, submitted to the exposure of Ecocid (sector 1), HPPI (sector 2) and Viroshield (sector without number).

Рис. 5. Результаты трансформации *E.coli* XL Blue плазмидой pBluescript, подвергнутой воздействию дезсредств Экоцид (сектор 1), HPPI (сектор 2) и Вирошелд (сектор без номера).

— ферментов, защищающих бактериальные клетки от перекиси водорода. Каталазы менее приспособлены к инактивации неорганических перекисей, таких как персульфат калия, входящий в состав дезсредства Экоцид. В образцах, обработанных дезсредством Экоцид, не было выявлено ни одной колонии трансформированных бактерий, и таким образом, дезсредство Экоцид продемонстрировало 100%-ную эффективность в уничтожении плазмидной ДНК бактерий.

К сожалению, критерии воздействия дезсредств на генетический материал бактериальных или вирусных патогенов, специфичных для мясной промышленности, до настоящего времени законодательно не регламентируются. Тем не менее, для обеспечения высокого уровня биологической безопасности продукции мясопереработки при дезинфекции производственного оборудования на предприятиях мясной промышленности целесообразно использование дезинфицирующих средств, позволяющих предотвратить горизонтальный перенос нежелательной генетической информации.

### Выводы

Исследованные дезсредства на основе персульфата калия, перекиси водорода, глутаральдегида и ЧАС способны снижать концентрацию хромосомной ДНК *Cl. perfringens* в 28-49 раз.

Дезсредство Экоцид разрушает изолированный генетический материал *Salmonella enterica* и, с меньшей интенсивностью, хромосомную ДНК, находящуюся при обработке внутри бактериальной клетки.

Дезсредство Экоцид эффективно уничтожает плазмидную ДНК — как изолированную, так и находящуюся во время обработки внутри бактериальной клетки.

Применение дезсредства Экоцид для санитарной обработки оборудования на предприятиях мясной промышленности снижает риск горизонтального переноса генов, тем самым уменьшая распространение нежелательной генетической информации, такой как гены антибиотикоустойчивости, и токсинообразования бактерий.

As can be seen from the table, the tested disinfectants destroy to a variable degree the pBluscript plasmid with the ampicillin resistance gene; thereby, preventing to a variable degree the growth of the transformed bacteria on the medium with this antibiotic. Disinfectant Veroshield on the basis of glutaraldehyde and quaternary ammonium compounds (QAC) showed extremely low effectiveness regarding the plasmid DNA: high numbers of colonies of the transformed bacteria were recorded in the sample. Disinfectant HPPI on the basis of hydrogen peroxide inactivated the plasmids to a greater degree in this experiment; thus, the individual colonies of the transformed bacteria were found. Most probably, insufficient effectiveness of this disinfectant is associated with the special characteristics of action of catalases – the enzymes, which protect bacterial cells from hydrogen peroxide. Catalases are less fitted to inactivation of inorganic peroxides, such as potassium persulfate, which is a constituent of the disinfectant Ecocid. In the samples processed with the disinfectant Ecocid, no colonies of the transformed bacteria were found; therefore, the disinfectant Ecocid demonstrated 100% effectiveness in destruction of the bacterial plasmid DNA.

Unfortunately, the criteria of an impact of disinfectants on the genetic material of the bacterial and viral pathogens specific for the meat industry have not been regulated by law up to the present day. Nevertheless, it is expedient to use disinfectants that allow prevention of the horizontal transfer of undesired genetic information to ensure high level of biological safety of meat products upon disinfection of industrial equipment in enterprises of the meat industry.

### Conclusion

The tested disinfectants on the basis of potassium persulfate, hydrogen peroxide, glutaraldehyde and quaternary ammonium compounds (QAC) can reduce the concentration of the chromosomal DNA of *Cl. perfringens* 28-49 times.

The disinfectant Ecocid destroys the isolated genetic material of *Salmonella enterica* and with less intensity the chromosomal DNA located within a bacterial cell during treatment.

The disinfectant Ecocid effectively destroys plasmid DNA, both isolated and located within a bacterial cell during treatment.

Use of the disinfectant Ecocid for sanitary treatment of equipment on enterprises of the meat industry reduces the risk of the horizontal gene transfer, thereby, reducing the distribution of the undesirable genetic information such as bacterial antimicrobial resistance genes.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афонюшкин В.Н., Дударева Е.В., Малахеева Л.И., Фролова О.В., Шкред О.В., Филиппенко М.Л. Современные методы контроля сальмонеллеза. // Птицеводство №9, сентябрь 2008, - С. 43-44
2. Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. Молекулярное клонирование. М.: Мир, 1984. - 479 с.
3. Bauer, T.; Hammes, W.P.; Haase, N.U.; Hertel, C. Effect of food components and processing parameters on DNA degradation in food. *Environ. Biosaf. Res.* 2004, 3, 215–223.
4. Straub, J.A.; Hertel, C.; Hammes, W.P. A 23S rDNA-targeted polymerase chain reaction-based system for detection of *Staphylococcus aureus* in meat starter cultures and dairy products. *J. Food Protect.* 1999, 62, 1150–1156.
5. Verraes, C.; Van Boxtael, S.; Van Meervenne, E.; Van Coillie, E.; Butaye, P.; Catry, B.; de Schaetzen, M.-A.; Van Huffel, X.; Imberechts, H.; Dierick, K.; Daube, G.; Saegerman, C.; De Block, J.; Dewulf, J.; Herman, L. Antimicrobial Resistance in the Food Chain: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2013, 10, 2643-2669.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

## Принадлежность к организации

**Афонюшкин Василий Николаевич**, кандидат биологических наук, заведующий сектором молекулярной биологии, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока, 630501, Новосибирская область, пос. Краснообск, Тел.: 89231176461. e-mail: lisocim@mail.ru

**Табанюхов Кирилл Александрович**, Новосибирский государственный аграрный университет, 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, Тел.: 89139560236

**Черепушкина Виктория Сергеевна**, лаборант-исследователь, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока, 630501, Новосибирская область, пос. Краснообск, Тел.: 89529042922, e-mail: lisocim@mail.ru

**Хоменко Юлия Сергеевна**, аспирант, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока, 630501, Новосибирская область, пос. Краснообск, Тел.: 89529042922 e-mail: lisocim@mail.ru

**Татарчук Олег Петрович**, руководитель отдела ветеринарных препаратов ООО «КРКА ФАРМА», 125212, г. Москва, Головинское шоссе, дом 5, корпус 1, Тел.: +7 495 981-10-95; e-mail: info.ru@krka.biz

## Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.

Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 17.12.2015

## REFERENCES

1. Afonyushkin V.N., Dudareva E.V., Malakheeva L.I., Frolova O.V., Shkred O.V., Filippenko M.L. Modern methods of *Salmonella* control. // *Ptitsevodstvo*, No 9, September 2008, - pp. 43-44
2. Maniatis, T., Fritch, E., Sambrook, J. *Molecular cloning*. M.: Mir, 1984, 479 pages.
3. Bauer, T.; Hammes, W.P.; Haase, N.U.; Hertel, C. Effect of food components and processing parameters on DNA degradation in food. *Environ. Biosaf. Res.* 2004, 3, 215–223.
4. Straub, J.A.; Hertel, C.; Hammes, W.P. A 23S rDNA-targeted polymerase chain reaction-based system for detection of *Staphylococcus aureus* in meat starter cultures and dairy products. *J. Food Protect.* 1999, 62, 1150–1156.
5. Verraes, C.; Van Boxtael, S.; Van Meervenne, E.; Van Coillie, E.; Butaye, P.; Catry, B.; de Schaetzen, M.-A.; Van Huffel, X.; Imberechts, H.; Dierick, K.; Daube, G.; Saegerman, C.; De Block, J.; Dewulf, J.; Herman, L. Antimicrobial Resistance in the Food Chain: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2013, 10, 2643-2669.

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

## Affiliation

**Afonyushkin Vasily Nikolaevich**, candidat of Biology sciences, Head of the department of molecular biology, The Institute of the Experimental veterinary of the Siberia and the Far East, 630501, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Ph.: 89231176461. e-mail: lisocim@mail.ru

**Tabanyukhov Kirill Alexandrovich**, Novosibirsk State Agrarian University, 630039, Novosibirsk, Dobrolubova str.160, Ph.: 89139560236

**Cherepushkina Viktoriya Sergeevna**, assistant researcher, The Institute of the Experimental veterinary of the Siberia and the Far East, 630501, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Ph.: 89529042922, e-mail: lisocim@mail.ru

**Khomenko Yulia Sergeevna**, graduate student, The Institute of the Experimental veterinary of the Siberia and the Far East, 630501, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Ph.: 89529042922; e-mail: lisocim@mail.ru

**Tatarchuk Oleg Petrovich**, Head of veterinary drugs, LLC KRKA PHARMA, 125212, Moscow, Golovinskaya, 5/1, Ph.: +7 495 981-10-95, e-mail: info.ru@krka.biz

## Contribution

All authors are responsible for the work and given information. All authors were equally involved in this work.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 17.12.2015

# INFLUENCE OF THERMAL HEATING ON THE FATTY ACID COMPOSITION OF TURKEY MEAT ENRICHED WITH LINSEED OIL

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО НАГРЕВА НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЯСА ИНДЕЙКИ, ОБОГАЩЕННОГО ЛЬНЯНЫМ МАСЛОМ

Gushchin V.V., Stefanova I.L., Krasnyukov Yu.N., Shakhnazarova L.V.

All-Russian Scientific Research Institute for Poultry Processing Industry – a branch of FGBNU “The All-Russian Poultry Research and Technological Institute” of the Russian Academy of Agricultural Sciences (VNIIPP), settlement Rzhavki, Solnechnogorsky District, Moscow Region, Russian Federation

**Ключевые слова:** жирнокислотный состав, жирнокислотная сбалансированность, омега-3, омега-6 жирные кислоты, тепловой нагрев, фарш из индейки, растительные масла

**Keywords:** fatty acid composition, fatty acid balance, omega-3 and omega-6 fatty acids, thermal heating, minced turkey meat, vegetable oils

### Аннотация

В статье рассматривается проблема оптимизации жирнокислотного состава липидов мяса птицы, широко используемого в питании. В составе липидов мяса птицы содержание омега-6 значительно превышает омега-3, что не оптимально для усвоения и нуждается в коррекции. Исследована возможность обогащения мяса индейки льняным маслом, что позволило обеспечить в фаршевых композициях с растительными маслами соотношение омега-6:омега-3, обеспечивающих их нутриентно-адекватный баланс, не превышающий 10 единиц. Представлены результаты исследования жирнокислотного состава и жирнокислотной сбалансированности липидной части фаршей из мяса, а также их изменения в результате теплового нагрева мясных композиций в водной среде с температурой  $95 \pm 2$  °C до температуры в продукте  $70 \pm 1$  °C. По данным исследований омега-6:омега-3 в фаршевых композициях до тепловой обработки это отношение составило от 6,5 до 7,7 единиц, по сравнению с контролем (42 единицы); после тепловой обработки - от 6,5 до 8,0 единиц для композиций фаршей, включающих растительные масла в сочетании с льняным маслом.

Данные по жирнокислотному составу композиций согласуются со значениями показателей жирнокислотной сбалансированности, составляющими  $RL1...3 = 0,47 - 0,57$  и  $RL1...6 = 0,32 - 0,37$  единиц для обогащенных фаршей до тепловой обработки и  $0,48 - 0,57$  и  $0,31 - 0,38$  единиц после тепловой обработки соответственно, и подтверждают возможность обогащения льняным маслом рецептур фаршей при производстве фрикаделек и могут быть распространены на другие виды продуктов.

### Введение

Насыщенные жирные кислоты (НЖК), мононенасыщенные (МНЖК) и полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) являются основными структурными и функциональными компонентами клеточных мембран. ПНЖК очень важны для оптимального развития и функционирования органа зрения и нервной системы [1].

Особенное внимание в рационе людей следует уделять незаменимым ПНЖК, которые не синтезируются организмом животных и человека и получают только с пищей. К ним относятся линолевая кислота (омега-6) и альфа-линоленовая кислота (омега-3). Линолевая (ЛК, С 18:2 омега-6) и альфа-линоленовая (АЛК, С 18:3 омега-3) кислоты дают начало большой серии разнообразных эйкозаноидов – гормоноподобных веществ,

### Abstract

The paper examines the problem of optimization of the fatty acid composition of lipids in poultry meat, which is widely used in nutrition. The omega-6 content is significantly higher than the omega-3 content in the composition of poultry meat lipids, which is not optimal for assimilation and needs a correction. The possibility of turkey meat enrichment with linseed oil was investigated with the aim of ensuring the omega-6 to omega-3 ratio in the minced meat formulations, which provides for the nutritionally adequate balance not higher than 10 units. The paper also presents the results of the investigation of the fatty acids composition and fatty acid balance of the lipid fraction of minced meat as well as the changes due to thermal heating of meat formulations in the water medium with a temperature of  $95 \pm 2$  °C to a product core temperature of  $70 \pm 1$  °C. According to the data of the investigations, the omega-6:omega-3 ratio in the minced meat formulations before thermal treatment was 6.5 to 7.7 units compared to the control (42 units); after thermal treatment, it was 6.5 to 8.0 units for the minced meat formulations, which included vegetable oils with linseed oil. The data on the fatty acid composition of the formulations correspond to the indicators of the fatty acid balance which was  $RL1...3 = 0.47 - 0.57$  and  $RL1...6 = 0.32 - 0.37$  units for enriched minced meat before thermal treatment and  $0.48 - 0.57$  and  $0.31 - 0.38$  units after thermal treatment, respectively. The results confirm the possibility to enrich minced meat formulations with linseed oil when producing meat balls, which can be extended to other types of products.

### Introduction

Saturated fatty acids (SFAs), monounsaturated fatty acids (MUFAs) and polyunsaturated fatty acids (PUFAs) are the main structural and functional components of cellular membranes. PUFAs are very important for the optimal development and function of the organs of vision and the nerve system [1].

Special attention should be paid to the essential polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which are not synthesized by an organism of animals and humans, and are supplied by the diet. They include linoleic acid (omega-6) and alpha-linolenic acid (omega-3). Linoleic acid (LA, C 18:2 omega-6) and alpha-linolenic acid (ALA, C 18:3 omega-3) are the precursors of a wide range of different eicosanoids – hormone-like substances that facilitate preservation and maintenance of the structural and functional integrity

способствующих сохранению и поддержанию структурной и функциональной целостности клеток и клеточных компонентов [2, 3]. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) семейств омега-3 и омега-6 являются необходимыми компонентами пищи для всех позвоночных организмов. Их наличие и, главным образом, соотношение, определяют состояние липидного обмена, степень предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям, нарушениям нервной и зрительной функций, аллергическим заболеваниям, развитию воспалительных процессов [2, 4, 5, 6, 7]. На генном уровне ПНЖК семейства омега-3 и омега-6 контролируют генную экспрессию в различных органах [8, 9] и тканях [10, 11, 12]. Большая часть этих омега-6 и омега-3 кислот, поступивших с пищей (50-70%), расходуется на энергетические нужды человека [13, 14]. Лишь небольшая часть поступающих с пищей незаменимых ПНЖК превращается в докозагексаеновую и эйкозагексаеновую кислоты [1, 15], являющиеся основными кислотами в клеточных мембранах сетчатки глаза и предшественниками локальных гормонов клеточной регуляции, оказывающих влияние на процессы воспаления, регуляцию кровотока, доношение беременности и т.д. [16].

В соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.1.2432-08 норма потребления омега-6 жирных кислот должна составлять 5-8% от калорийности суточного рациона, омега-3 – 1-2%, т.е. рекомендуемое соотношение омега-6 : омега-3 должно быть 5:1, а у людей, страдающих сердечно – сосудистыми заболеваниями, оптимальное соотношение омега-6 : омега-3 2:1 – 3:1 [15].

Рекомендуемое суточное потребление ПНЖК для снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний должно составлять 500-1000 мг [17, 18, 19, 20].

В рационе современного человека широко используется мясо птицы. Жирнокислотный состав липидов мяса цыплят и индейки представлен в табл. 1. Липиды мяса птицы богаты ПНЖК, однако они содержат преимущественно омега-6 жирные кислоты, отношение омега-6 : омега-3 велико (12 единиц – для липидов мяса цыплят и 25 – для липидов мяса индейки), по сравнению с рекомендуемым (не более 10).

Кроме того, при промышленном производстве полуфабрикатов, колбасно-кулинарных изделий и консервов в их рецептурах часто используются дополнительно сливочное и растительные масла, которые богаты омега-6 жирными кислотами. В результате поступление омега-6 значительно превышает омега-3, и не соблюдаются их рекомендуемые соотношения.

В связи с этим становится очевидным целесообразность обогащения продуктов источниками омега-3 жирных кислот.

Цель работы: Изучить влияние тепловой обработки (бланширования) на изменение жирнокислотного состава липидной части фаршей из мяса индейки, включающих растительные масла и обогащенных льняным маслом.

#### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования служили модельные композиции фаршей из мяса индейки с включением растительных масел (подсолнечного или кукурузного,

of cells and cellular components [2, 3]. Polyunsaturated fatty acids (PUFAs) of the omega-3 and omega-6 families are the necessary components of food for all vertebrates. Their presence and, mainly, the ratio, determine the lipid metabolism status, the degree of predisposition to cardiovascular disease, disorders of the visual and nervous function, allergic diseases, development of inflammatory processes [2, 4, 5, 6, 7]. At the genetic level, polyunsaturated fatty acids (PUFAs) of the omega-3 and omega-6 families control gene expression in different organs [8, 9] and tissues [10, 11, 12]. The majority of these omega-6 and omega-3 fatty acids supplied by the diet (50-70%) are spent on the energy needs of humans [13, 14]. Only a small part of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) supplied by the diet is transformed into docosahexaenoic acid and eicosahexaenoic acid [1, 15], which are the main acids in the cellular membranes of the retina of the eye and the precursors of the local hormones of the cellular regulation that influence the processes of inflammation, regulation of the blood circulation, full-term pregnancy, etc. [16].

According to the methodical recommendations MR 2.3.1.2432-08, the norm of consumption for omega-6 fatty acids should be 5-8% of the calorificity of a daily diet, for omega-3 1-2%; that is, the recommended omega-6 : omega-3 ratio should be 5:1, and for people suffered from cardiovascular disease, the optimal omega-6 : omega-3 ratio is to be 2:1 – 3:1 [15].

The recommended daily intake of PUFAs for reducing the risk of development of cardiovascular disease should be 500-1000 mg [17, 18, 19, 20].

Poultry meat is widely used in the diet of modern humans. The fatty acid composition of lipids in turkey meat is presented in Table 1.

Lipids of poultry meat are rich in PUFAs; however, they contain mainly omega-6 fatty acids. The omega-6 : omega-3 ratio is high (12 units for lipids in chicken and 25 for lipids in turkey) compared to the recommended ratio (not more than 10). Moreover, vegetable oils and butter, which are rich in omega-6 fatty acids, are used additionally in the industrial production of semi-prepared products, sausages, culinary products and canned food. As a result, the intake of omega-6 is significantly higher than that of omega-3, and the recommended ratios are not adhered to.

In this connection, the expediency of product enrichment with the sources of omega-3 fatty acids becomes obvious.

The aim of the work: To study the influence of thermal treatment (blanching) on changes in the fatty acid composition of the lipid fraction of minced turkey meat with inclusion of vegetable oils and enriched with linseed oil.

#### **Materials and methods:**

The subjects of the research were the model formulations of minced turkey meat with inclusion of vegetable oils (sunflower, corn, olive or soya) or butter and enriched with linseed oil ensuring the omega-3 : omega-6 ratio of  $7.1 \pm 0.6$  units.

Minced meat formulations included the basic (control) ratio of the components (81.6% of turkey meat; 3.0% of starch; 0.2% of table salt; water) and differed in the content of vegetable oils and butter: sunflower and linseed (for-

или оливкового, или соевого) или сливочного масла, обогащенных льняным маслом, обеспечивающие соотношения омега-6:омега-3  $7,1 \pm 0,6$  единиц.

Композиции фаршей включали базовое соотношение компонентов (контроль) %: мясо индейки 81,6; крахмал 3,0; соль поваренная 0,2; вода и отличались содержанием растительных и сливочного масел: подсолнечного и льняного (композиции 2); оливкового и льняного (композиция 3); соевого и льняного (композиция 4); кукурузного и льняного (композиция 5); сливочного и льняного (композиция 6) (табл. 1).

При составлении композиций использовали растительные масла первого отжима, выработанные на отечественных предприятиях (кроме оливкового – импортного производства), которые вводились в фарш индейки на стадии его перемешивания с другими компонентами рецептуры до получения однородной структуры.

Для изучения жирнокислотного состава использовали мясо самок индеек в возрасте 6 месяцев и мясо самок цыплят-бройлеров в возрасте 42 сут. Условия содержания и кормления птицы в соответствии с Методическими рекомендациями по откорму птицы (ВНИТИП).

Для исследования влияния тепловой обработки фарши формовали в виде фрикаделек и бланшировали в воде с температурой  $95 \pm 2$  °C до достижения температуры внутри продукта  $70 \pm 1$  °C.

Определение жирнокислотного состава проводили в обогащенных сырых и бланшированных композициях, контролем служил фарш из кускового мяса индейки.

Метод определения жирнокислотного состава

Экстракцию липидов из средней пробы, смешанной с безводным сернокислым натрием, проводили хлороформом. Получение метиловых эфиров жирных кислот: 40-50 мг экстрагированных липидов и 1-2 мг антиокислителя ВНТ помещали в пробирку с завинчивающейся крышкой, растворяли в  $1 \text{ см}^3$  гексана, добавляли  $5 \text{ см}^3$  раствора HCl в метаноле концентрацией 3 моль/дм<sup>3</sup>, плотно закрывали тefлоновой крышкой и выдерживали в термостате 80 мин при температуре 60 °C с периодическим перемешиванием. После охлаждения метанольный раствор смешивали

мульмацией 2); olive and linseed (formulation 3); soya and linseed (formulation 4); corn and linseed (formulation 5); butter and linseed (formulation 6) (Table 2).

When developing formulations, virgin vegetable oils from national manufacturers (except imported olive oil) were used. Vegetable oils were introduced into the minced turkey meat at the stage of its mixing with the other recipe components until obtaining a homogenous structure.

To study the fatty acid composition, meat of female turkeys at the age of 6 months and meat of female broiler chickens at the age of 42 days was used. The conditions of poultry keeping and feeding corresponded to the Methodical Recommendations on Poultry Feeding (VNITIP).

To study an effect of thermal treatment, minced meat was formed in meat balls and blanched in water with a temperature of  $95 \pm 2$  °C until reaching a product core temperature of  $70 \pm 1$  °C.

The fatty acid composition was determined in the enriched raw and blanched formulations; minced meat from turkey meat in pieces served as a control.

Method for determination of fatty acid composition:

Lipids from an average sample mixed with anhydrous sodium sulfate were extracted with chloroform.

Preparation of methyl esters of fatty acids: 40-50 mg of extracted lipids and 1-2 mg of antioxidant BHT were placed in a screw capped tube,  $1 \text{ cm}^3$  of hexane was dissolved,  $5 \text{ cm}^3$  of the HCl solution in methanol with a concentration of 3 mol/dm<sup>3</sup> was added, a tube was closed firmly with a Teflon lid and held in a thermostat at a temperature of 60 °C for 80 min. with repetitive stirring. After cooling, the methanol solution was mixed approximately with  $10 \text{ cm}^3$  of the 10% aqueous solution of sodium chloride, the methyl esters were extracted with hexane (the total volume of hexane was 8-10 cm<sup>3</sup>) and the obtained hexane solution of methyl esters was analyzed by gas-liquid chromatography using the gas chromatograph Crisall-2000M with a flame ionization detector and the capillary column Supelco Omegawax 320 (length: 30 m, internal diameter: 0.32 mm, liquid phase thickness: 0.25 μm). The conditions of chromatography: carrier gas – nitrogen; sample injection ( $1 \text{ mm}^3$ ) with split ratio of 40:1; vaporizer

Table 1. Fatty acid composition of lipids in chicken and turkey meat

Таблица 1. Композиции фаршей из мяса индейки

Raw material   Наименование сырья	Content of components, %   Содержание компонентов, %					
	control   в контроле	in the formulations with oils   в композициях с маслами				
		sunflower   подсолнечным	olive   оливковым	soya   соевым	corn   кукурузным	butter   сливочным
Turkey meat   Мясо индейки	81.60	81.60	81.60	81.60	81.60	81.60
Starch   Крахмал	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.0
Table salt   Соль поваренная	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Water   Вода	15.20	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70
<b>Oil: Масло:</b>						
linseed   льняное	-	1.25	0.98	0.90	1.18	0.92
sunflower   подсолнечное	-	2.25	-	-	-	-
olive   оливковое	-	-	2.52	-	-	-
soya   соевое	-	-	-	2.60	-	-
corn   кукурузное	-	-	-	-	2.32	-
butter   сливочное	-	-	-	-	-	2.58

Table 2. Formulations of minced turkey meat

Таблица 2. Жирнокислотный состав липидов мяса цыплят и индейки

Fatty acid   Наименование жирных кислот	Code of fatty acid   Код кислоты	Mass fraction of fatty acids, % of the sum of fatty acids   Массовая доля жирных кислот, % от суммы жирных кислот	
		Chicken   Цыплята	Turkey   Индейка
Saturated:   Насыщенные:		32,53±0.36	27.34±0.36
Decanoic   Декановая	10:0	Traces   Следы	Traces   Следы
dodecanoic (lauric)   Додекановая (лауриновая)	12:0	32.53±0.36	27.34±0.30
Tridecanoic   Тридекановая	13:0	0.03±0.01	0.03±0.01
Tetradecanoic (myristic)   Тетрадекановая (миристиновая)	14:0	0.05±0.02	-
Pentadecanoic   Пентадекановая	15:0	1.53±0.05	0.47±0.04
Isohexadecanoic   Изогексановая	16:0 iso	0.14±0.01	0.09±0.01
Hexadecanoic (palmitic)   Гексановая (пальмитиновая)	16:0	0.03±0.01	-
Heptadecanoic (margaric)   Гептадекановая (маргариновая)	17:0	24.99±0.27	21.71±0.24
Octadecanoic (stearic)   Октадекановая (стеариновая)	18:0	0.42±0.04	0.12±0.01
Monounsaturated:   Мононенасыщенные:		5.34±0.06	4.92±0.05
Tetradecenoic (myristoleic)   Тетрадеценная (миристолеиновая)	14:1	50.91±0.56	36.27±0.40
Hexadecenoic (palmitoleic)   Гексадеценная (пальмитолеиновая)	16:1	0.39±0.03	0.15±0.01
Heptadecenoic   Гептадеценная	17:1	9.56±0.11	5.55±0.06
Octadecenoic (oleic)   Октадеценная (олеиновая)	18:1	0.33±0.03	0.08±0.01
Eicosenoic (gadoleic)   Эйкозеновая (гадолеиновая)	20:1	40.03±0.44	30.22±0.33
Polyunsaturated:   Полиненасыщенные		0.6±0.05	0.27±0.02
Octadecadienoic (linoleic)   Октадекадиенная (линолевая)	18:2n6 18:2n3	16.56±0.18	35.22±0.39
Octadecatrienoic (alpha-linolenic)   Октадекатриенная (α-линоленовая)	18:3n3	15.94±0.18 0.39±0.03	34.15±0.38 0.08±0.01
Eicosatetraenoic (arachidonic)   Эйкозатетраенная (арахидоновая)	20:4n6	0.16±0.01	0.7±0.06

с примерно 10 см<sup>3</sup> 10%-ного водного раствора хлорида натрия, экстрагировали метиловые эфиры гексаном (общий объем гексана 8-10 см<sup>3</sup>) и полученный гексановый раствор метиловых эфиров анализировали методом газожидкостной хроматографии с использованием газового хроматографа Кристалл-2000М с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Supelco Omegawax 320 (длина 30 м, внутренний диаметр 0,32 мм, толщина жидкой фазы 0,25 мкм). Условия хроматографирования: газ-носитель азот; ввод пробы (1 мм<sup>3</sup>) с делением потока 1:40; температура испарителя 250 °С; температура термостата колонки 200 °С (анализ проб со сливочным маслом проводился в режиме программирования температуры колонки от 120 до 200 °С). Для каждого образца проводился анализ трех идентичных проб. Обработка результатов анализа: идентификация пиков на хроматограммах проводилась с помощью индексов удерживания Ковача, а также сравнением с хроматограммой стандартной смеси метиловых эфиров жирных кислот PUFA-2 (Supelco) и с хроматограммами жиров и масел с хорошо известным жирнокислотным составом. Массовую долю индивидуальных жирных кислот рассчитывали относительно суммарного содержания всех жирных кислот как отношение площади пика метилового эфира жирной кислоты к сумме площадей всех пиков на хроматограмме с учетом поправочных

temperature – 250 °С; column thermostat temperature – 200 °С (an analysis of the samples with butter was carried out in the regime of column temperature programming from 120 to 200 °С). For each sample, an analysis of three identical specimens was carried out.

Processing of the analysis results: identification of the peaks on the chromatograms was carried out using Kováts retention indices and by comparing with the standard mixture of methyl esters of fatty acids PUFA-2 (Supelco) and the chromatograms of fats and oils with well-known fatty acid compositions. The mass fraction of the individual fatty acids was calculated relative to the total content of all fatty acids as the ratio of the peak area of a fatty acid methyl ester to the sum of areas of all peaks on the chromatogram taking into consideration the correction factors for the differences in the molecular masses of methyl esters and fatty acids (when processing the data for the samples with butter, the factors were also used for the detector response for fatty acids with the chain length of less than 12 carbon atoms).

For each sample, an analysis of three identical specimens was carried out and the mean values and confidence limits of random measurement errors (the value of confidence probability 0.95) were calculated according to ISO 2602:1980 'Statistical interpretation of test results – Estimation of the mean – Confidence interval'.

коэффициентов на различие молекулярных масс метиловых эфиров и жирных кислот (при обработке данных по образцам с сливочным маслом использовались также поправки на отклик детектора для жирных кислот с длиной цепи менее 12 атомов углерода).

Для каждого образца проводился анализ трех идентичных проб и вычислялись средние значения и доверительные границы случайной погрешности измерений (уровень доверительной вероятности 0,95) по ISO 2602:1980 'Statistical interpretation of test results – Estimation of the mean – Confidence interval'

Сбалансированность жирнокислотного состава по методу Липатова Н.Н., определяли по формулам:

Коэффициент жирнокислотной сбалансированности,  $RL$ , дол. ед.:

$$R_L = \left( \prod_{i=1}^6 d_{Li} \right)^{\frac{1}{6}}$$

где  $L_i$  – массовая доля  $i$ -ой жирной кислоты в продукте, г/100 г жира;

$L_{zi}$  – массовая доля  $i$ -ой жирной кислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г жира;

$$\text{при } L_i \leq L_{zi}, d_{Li} = \frac{L_i}{L_{zi}}; L_i \geq L_{zi}, d_{Li} = \left( \frac{L_i}{L_{zi}} \right)^{-1}$$

### Результаты и их обсуждение

Жирнокислотный состав и содержание ПНЖК в мясе птицы и используемых растительных и сливочном маслах, а также фаршевых композициях представлены в табл. 2, 3, 4, 5.

Полученные нами данные по содержанию омега-3 и омега-6 жирных кислот в мясе птицы и растительных маслах свидетельствуют о высоком содержании омега-3 в льняном и соевом маслах по сравнению с другими видами сырья (табл. 4).

Установлено, что при использовании в составе мясных композиций с мясом цыплят-бройлеров в качестве жирового компонента 2,6% соевого масла соотношение омега-6/омега-3 сдвигается в сторону оптимального, достигая значения 6 единиц. При использовании других видов растительных масел в сочетании с мясом птицы (цыплят-бройлеров и индейки) необходимо введение льняного масла [21, 22].

Известно, что ПНЖК в процессе тепловой обработки претерпевают изменения [23]. В связи с этим нами изучен жирнокислотный состав разработанных композиций и исследовано влияние тепловой обработки (бланширования) на его изменение. Контролем служил фарш из мяса индейки без введения льняного масла. Результаты исследований представлены в табл. 5, рис. 1.

Анализ жирнокислотной сбалансированности обогащенных фаршей до и после тепловой обработки свидетельствует, что во всех композициях отношение омега-6:омега-3 несколько повышается (рис. 1). В обогащенных фаршах до тепловой обработки это отношение составило от 6,5 до 7,7 единиц, в то время как в контроле оно составляет 42 единицы.

Balance of the fatty acid composition was determined by the equations according to the method of Lipatov N.N:

The coefficient of fatty acid balance,  $RL$ , submultiple units:

$$R_L = \left( \prod_{i=1}^6 d_{Li} \right)^{\frac{1}{6}}$$

where  $L_i$  – mass fraction of  $i^{\text{th}}$  fatty acid in a product, g/100 g of fat;

$L_{zi}$  – mass fraction of  $i^{\text{th}}$  fatty acid corresponding to the physiologically necessary norm (reference), g/100 g of fat;

$$\text{when } L_i \leq L_{zi}, d_{Li} = \frac{L_i}{L_{zi}}; L_i \geq L_{zi}, d_{Li} = \left( \frac{L_i}{L_{zi}} \right)^{-1}$$

### Results and discussion

Fatty acid composition and PUFA content in poultry meat, used vegetable oils and butter, as well as the minced meat formulations are presented in Tables 2, 3, 4, 5.

The data obtained by us on the content of omega-3 and omega-6 fatty acids in poultry meat and vegetable oils indicate the high content of omega-3 in linseed and soya oils compared to other types of raw material (Table 4).

It was established that upon using 2.6% of soya oil as a fat component in the meat formulations containing chicken, the omega-6/omega-3 ratio is shifted towards the optimal value achieving 6 units. When using other types of vegetable oils in combination with poultry meat (broiler chickens and turkey), it is necessary to incorporate linseed oil [21, 22].

It is well known that PUFAs undergo changes during thermal treatment [23]. In this connection, we studied the fatty acid composition of the developed formulations and an effect of thermal treatment (blanching) on its changes. Minced turkey meat without addition of linseed oil served as a control. The results of the investigations are presented in Table 5, Fig. 1.

An analysis of the fatty acid balance of the enriched minced meat before and after thermal treatment suggests that the omega 6:omega 3 ratio slightly increased in all formulations (Fig. 1). In the enriched minced meat before thermal treatment, this ratio was 6.5 to 7.7 units; while in the control it was 42 units. The omega 6:omega 3 ratio after thermal treatment was 6.5 to 8.0 units for minced meat formulations that included vegetable oils in combination with linseed oil. In the formulation with a combination of butter and linseed oil, this ratio increased significantly and was 9.2 units, which suggests significant changes in the fatty acid composition compared to the others. In the control, this ratio in minced turkey meat after thermal treatment was 44 units.

An analysis of the results of the conducted investigations showed that all formulations had the high content of PUFAs (Table 6). This corresponds to the indicators of the fatty acid balance, which were  $RL_{1...3} = 0.47 - 0.57$  and  $RL_{1...6} = 0.32 - 0.37$  units for the enriched minced meat before thermal treatment and 0.48 – 0.57 and 0.31 – 0.38 units after thermal treatment, respectively (Table 7).

Table 3. Fatty acid composition of oils being constituents of the products under investigation  
Таблица 3. Жирнокислотный состав масел, входящих в состав исследуемых продуктов

Fatty acid   Наименование жирных кислот	Code of fatty acid   Код кислоты	Linseed oil   масло льняное	Sunflower oil   масло под- солнечное	Olive oil   масло оливковое	Soya oil   масло соевое	Sunflower oil   масло кукурузное	Butter   масло сливочное
1. Butyric   Масляная	C4:0						3.28±0.10
2. Caproic   Капроновая	C6:0						2.2±0.07
3. Caprylic   Каприловая	C8:0						1.40±0.04
4. Capric   Каприновая	C10:0						2.79±0.09
5. Decenoic   Деценовая	C10:1						0.27±0.023
6. Lauric   Лауриновая	C12:0	0.01±0.001	0	0	0	0	4.83±0.15
7. Lauroleic   Лауролеиновая	C12:1	0	0	0	0	0	0.12±0.01
8. Tridecanoic   Тридекановая	C13:0	0.01±0.001	0	0	0	0	0.08±0.01
9. Myristic   Миристиновая	C14:0	0.05±0.004	0.08±0.007	0.02±0.002	0.08±0.007	0.04±0.003	10.04±0.11
10. Myristoleic   Миристолеиновая	C14:1n5	0	0	0	0	0	0.75±0.065
11. Pentadecanoic   Пентадекановая	C15:0	0.02±0.002	0.02±0.002	0.01±0.001	0.04±0.003	0.01±0.001	0.95±0.030
12. Pentadecenoic   Пентадеценовая	C15:1	0.01±0.001	0.01±0.001	0.01±0.002	0.02±0.001	0.01±0.003	0.21±0.018
13. Palmitic   13. Пальмитиновая	C16:0	5.72±0.06	6.78±0.07	10.37±0.11	9.03±0.10	10.67±0.12	32.13±0.35
14. Palmitoleic   14. Пальмитолеиновая	C16:1	0.09±0.008	0.13±0.011	0.73±0.053	0.11±0.011	0.17±0.015	1.44±0.12
15. Hexadecadienoic   Гексадекадиеновая	C16:2n6	0	0.01±0.001	0	0	0.01±0.002	0.41±0.036
16. Margaric   Маргаритиновая	C17:0	0.05±0.004	0.04±0.003	0.05±0.004	0.07±0.006	0.06±0.005	0.63±0.055
17. Heptadecenoic   Маргаролеиновая	C17:1	0.03±0.003	0.02±0.002	0.08±0.007	0.04±0.003	0.04±0.003	0.3±0.022
18. Stearic   Стеариновая	C18:0	4.08±0.13	3.54±0.11	2.4±0.08	4.14±0.13	1.94±0.06	9.75±0.11
19. Trans-oleic   Транс-олеиновая	C18:1t	0	0	0	0	0	0.04±0.003
20. Oleic   Олеиновая	C18:1	17.32±0.19	20.42±0.22	79.19±0.67	21.28±0.23	33.29±0.37	29.47±0.32
21. Trans-linoleic   Транс-линолевая	C18:2tt	0	0	0.02±0.002	0.07±0.006	0	0.38±0.033
22. Linoleic   Линолевая	C18:2n6	15.07±0.17	67.31±0.74	5.45±0.06	59.34±0.55	51.39±0.57	3.32±0.11
23. Alfa-linoleic   Альфа-линолевая	C18:2n3	0	0	0	0.03±0.004	0	0
24. Gamma-linolenic   Гамма-линоленовая	C18:3n6	0.02±0.002	0.01±0.001	0.01±0.001	0.01±0.001	0.10±0.009	0.43±0.037
25. Alfa-linolenic   Альфа-линоленовая	C18:3n3	56.42±0.52	0.07±0.006	0.56±0.049	3.36±0.29	0.76±0.066	0.62±0.054
26. n-6 Octadecatetraenoic   n6-октадекатетраеновая	C18:4n6	0.03±0.003	0.03±0.003	0.01±0.001	0.07±0.006	0.02±0.002	0.75±0.065
27. Arachidic   Арахидиновая	C20:0	0.14±0.012	0.22±0.019	0.4±0.035	0.29±0.025	0.42±0.037	0.19±0.017
28. Gadoleic   Гадолеиновая	C20:1	0.16±0.014	0.18±0.016	0.31±0.027	0.3±0.026	0.34±0.030	0.06±0.005
29. n6-Eicosadienoic   n6-эйкозодиеновая	C20:2n6	0.02±0.002	0.01±0.001	0	0.02±0.002	0.02±0.002	0.10±0.009
30. n6-Eicosatrienoic   n6-эйкозатриеновая	C20:3n6	0.03±0.003	0.01±0.001	0.02±0.002	0.01±0.001	0.01±0.001	0±0.000
31. Arachidonic   Арахидоновая	C20:4n6	0	0	0	0	0	0.02±0.002
32. n6-Eicosapentaenoic   n6-эйкозапентаеновая	C20:5n3	0	0	0.03±0.003	0	0.01±0.001	0.01±0.001
33. Behenic   Бегеновая	C22:0	0.12±0.010	0.59±0.051	0.13±0.011	0.47±0.041	0.17±0.015	0.06±0.005
34. Erucic   Эруковая	C22:1	0.02±0.002	0.06±0.005	0.01±0.001	0.04±0.003	0.06±0.005	0.07±0.006
35. n6-Docosadienoic   n6-докозодиеновая	C22:2n6	0.04±0.003	0	0	0	0	0
36. n3-Docosapentaenoic   n3-докозапентаеновая	C22:5n3	0	0	0.01±0.002	0	0.02±0.002	0
37. n3-Docosahexaenoic   n3-докозагексаеновая	C22:6n3	0	0	0	0	0	0
38. Lignoceric   Лигноцириновая	C24:0	0.07±0.008	0.20±0.019	0.06±0.007	0.15±0.014	0.16±0.016	0.01±0.001
39. Nervonic   Нервоновая	C24:1	0.02±0.002	0.03±0.004	0.02±0.001	0.02±0.003	0.03±0.004	0
40. Others (not identified)   Остальные (не идентифицированы)		0.45±0.039	0.24±0.021	0.10±0.009	1.01±0.088	0.24±0.021	2.83±0.246
Sum of saturated fatty acids   Сумма насыщенных		10.27±0.10	10.27±0.10	11.47±0.11	13.44±0.12	14.26±0.13	68.34±0.64
Sum of monounsaturated fatty acids   Сумма мононенасыщенных		17.65±0.16	17.65±0.16	20.85±0.19	80.35±0.75	21.80±0.20	32.69±0.30
Sum of polyunsaturated fatty acids, including   Сумма полиненасыщенных, в том числе:		71.64±0.67	67.45±0.63	6.09±0.06	62.86±0.58	52.34±0.49	5.66±0.05
omega-3   омега-3		56.42±0.52	0.07±0.007	0.60±0.057	3.40±0.32	0.79±0.075	0.63±0.06
omega-6   омега-6		15.21±0.43	67.38±0.89	5.49±0.15	59.46±0.66	51.55±0.64	5.03±0.14
Sum of trans-isomers   Сумма транс-изомеров		0	0	0.02±0.003	0.07±0.009	0	0.42±0.05

Отношение омега-6:омега-3 в фаршах после тепловой обработки составило от 6,5 до 8,0 единиц для композиций фаршей, включающих растительные масла в сочетании с льняным маслом. В композиции же, использующей сочетание сливочного с льняным маслом это отношение увеличилось значительно и составило 9,2 единицы, что свидетельствует о больших превращениях жирнокислотного состава этой композиции по сравнению с остальными. В контроле это отношение в фарше из мяса индейки после тепловой обработки составило 44 единицы.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что все композиции имеют высокое содержание ПНЖК (табл. 6). Это согласуется со значениями показателей жирнокислотной сбалансированности, составляющими  $RL1...3=0,47 - 0,57$  и  $RL1...6 = 0,32 - 0,37$  единиц для обогащенных фаршей до тепловой обработки и  $0,48 - 0,57$  и  $0,31 - 0,38$  единиц после тепловой обработки соответственно (табл. 7)

Как видно из данных, приведенных в табл. 7, после варки увеличивается доля НЖК, кроме композиции со сливочным маслом, в которой увеличивается доля МНЖК, и уменьшается во всех композициях доля ПНЖК. Однако эти изменения незначительны и составляют до 5,5% от исходного количества жирных кислот. Изменение же отношения омега-6:омега-3 жирных кислот более существенно. Оно составляет от 0,1 единиц в композиции подсолнечное – льняное масла до 2,3 единицы в композиции сливочное – льняное масла, 1,4 и 33,8% соответственно. При этом степень изменения отношения омега-6: омега-3 жирных кислот не зависит от уровня введения льняного масла в рецептуру. Так, наименьшее изменение указанного отношения происходит в рецептуре с наибольшим введением льняного масла (0,80%), а наибольшее в

Table 4. Content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) in poultry meat and vegetable oil

Таблица 4. Содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в мясе птицы и растительных маслах

Raw material   Наименование сырья	PUFA content, %   Содержание ПНЖК, %		$\omega$ -6/ $\omega$ -3 ratio   Соотношение $\omega$ -6/ $\omega$ -3
	$\omega$ -3	$\omega$ -6	
Chicken   Мясо цыплят	0.17	2.09	12
Turkey   Мясо индейки	0.14	3.57	25
<b>Oil:   Масло:</b>			
Linseed   льняное	53.30	12.70	0.24
Sunflower   подсолнечное	0.20	39.80	199.00
Soya   соевое	10.30	50.90	4.90
Olive   оливковое	3.40	59.46	17.50
Corn   кукурузное	0.79	51.55	65.20

As can be seen from the data presented in Table 7, the SFAs proportion increased after cooking except the formulation with butter, in which the MUFA proportion increased; while the PUFA proportion decreased in all formulations. However, these changes were insignificant (up to 5.5% of the initial amount of fatty acids). The change in the omega-6: omega-3 ratio was more significant. It was in a range from 0.1 units for the formulation with sunflower and linseed oils to 2.3 units in the formulation with butter and linseed oil (1.4 and 33.8%, respectively). With that, the degree of changes in the omega-6: omega-3 ratio did not depend on the level of linseed oil addition to a formulation. For example, the minimal change in the above mentioned

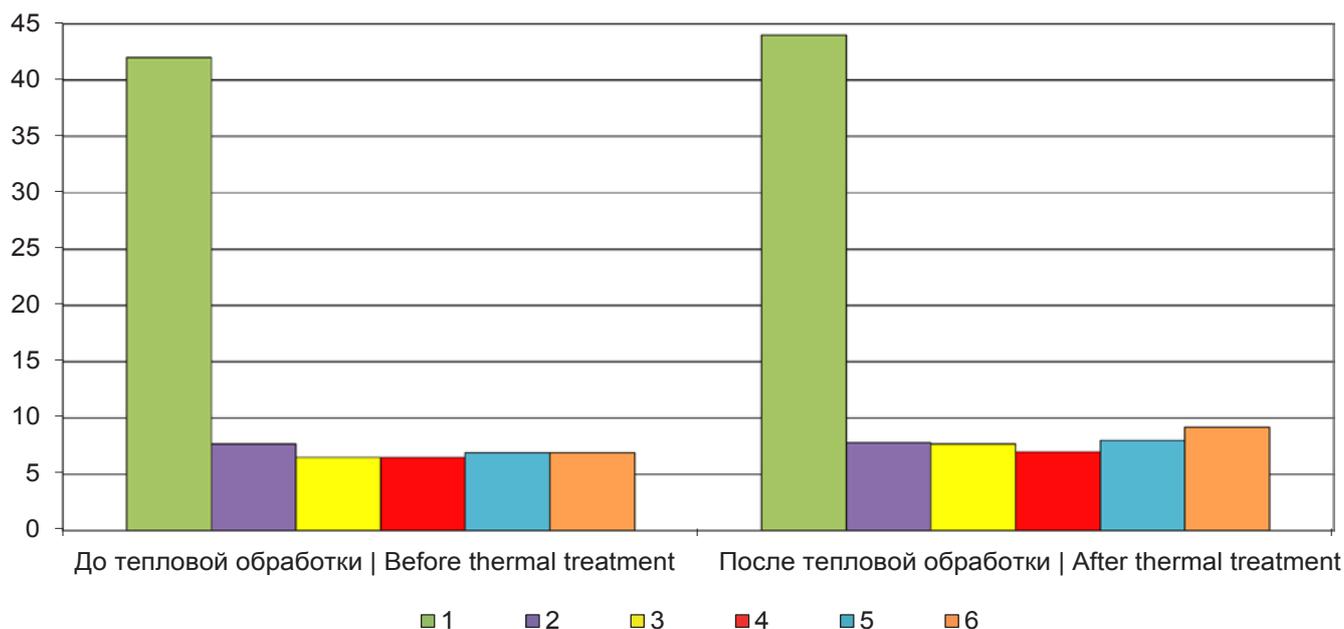


Fig. 1 The omega 6:omega-3 ratio in minced meat before and after thermal treatment.

1 – minced meat without enrichment. Minced meat containing: 2 – sunflower and linseed oils; 3 – olive and linseed oils; 4 – soya and linseed oils; 5 – corn and linseed oils; 6 – butter and linseed oils.

Рис. 1 Отношение омега-6:омега-3 жирных кислот в фаршах до и после тепловой обработки.

1 – фарш необогащенный. Фарши, содержащие: 2 – подсолнечное и льняное масла; 3 – оливковое и льняное масла; 4 – соевое и льняное масла; 5 – кукурузное и льняное масла; 6 – сливочное и льняное масла.

рецептурах со средним уровнем введения (0,40% и 0,46%). По-видимому, эти изменения больше связаны с видовым содержанием жирных кислот.

Уровень изменения содержания НЖК, МНЖК, ПНЖК после бланширования представлено в табл. 7.

### Выводы

Изучен жирнокислотный состав и жирнокислотная сбалансированность липидной части разработанных рецептурных композиций из мяса индейки, включающих растительные масла (подсолнечное или кукурузное, или оливковое, или соевое) или сливочное масло, обогащенных льняным маслом.

Показано превышение в разработанных композициях содержания ПНЖК по сравнению с эталоном

Полученные экспериментальные данные по обогащению жирнокислотного состава фаршей с целью обеспечения сбалансированного соотношения омега-6:омега-3 жирных кислот и уровень изменения этого отношения подтвердили возможность обогащения продуктов из мяса птицы льняным маслом для достижения нутриентно-адекватного соотношения омега-6:омега-3 жирных кислот.

Определено, что разработанные композиции обеспечивают нутриентно-адекватный баланс омега-6:омега-3 жирных кислот, не превышающий 10 единиц.

При использованном способе и режиме тепловой обработки (бланширование в воде с температурой  $95 \pm 2$  °C до достижения температуры внутри продукта  $70 \pm 1$  °C) содержание транс-изомеров жирных кислот в фрикадельках не меняется в пределах погрешности измерений.

Исследованы изменения содержания НЖК, МНЖК, ПНЖК и отношения омега-6:омега-3 жирных кислот в разработанных обогащенных омега-3 композициях при тепловом нагреве. Установлено, что эти изменения не зависят от уровня введения льняного масла, а обусловлены жирнокислотным составом входящих в композицию масел.

Тепловая обработка оказывает незначительное влияние на жирнокислотную сбалансированность продукта, подвергнутого тепловой обработке.

ratio occurred in the formulation with the highest level of linseed oil addition (0.80%), and the maximum change was in the formulations with the average level of addition (0.40% and 0.46%). Apparently, these changes are more related with the species specific content of fatty acids.

The level of changes in SFAs, MUFAs and PUFAs after blanching is presented in Table 7.

### Conclusion

The authors have studied the fatty acid composition and fatty acid balance of the lipid fraction of the developed formulations from turkey meat with vegetable oils (sunflower, corn, olive or soya) or butter enriched with linseed oil.

An increase in the PUFA content in the developed formulations compared to the reference was shown.

The obtained experimental data on the enrichment of the fatty acid composition of minced meat with the aim of ensuring the balanced omega-6:omega-3 ratio and on the level of changes in this ratio confirm the possibility to enrich food products from poultry meat with linseed oil in order to achieve the nutritionally adequate omega-6 : omega-3 ratio.

It was found that the developed formulations ensured the nutritionally adequate balance of omega-6:omega-3 fatty acids, which did not exceed 10 units.

Under the used method and regime of thermal treatment (blanching in water with a temperature of  $95 \pm 2$  °C until achieving a product core temperature of  $70 \pm 1$  °C), the content of the trans-isomers of fatty acids in the meat balls did not change within the range of measurement errors.

The changes in SFAs, MUFAs, PUFAs and the omega 6:omega 3 ratio in the developed formulations enriched with omega 3 upon thermal heating were studied. It was established that these changes did not depend on the level of linseed oil addition, but were conditioned by the fatty acid composition of oils being constituents of the formulations.

Thermal treatment had an insignificant effect on fatty acid balance of a product subjected to thermal treatment.

Table 5. Fatty acid composition of minced turkey meat with addition of vegetable oils or butter in combination with linseed oil before or after thermal treatment (mass fraction of fatty acids to the sum of all fatty acids, %)

Таблица 5. Жирнокислотный состав фаршей из индейки, содержащих растительные или сливочные масла в сочетании с льняным до и после тепловой обработки (массовая доля жирных кислот к сумме всех жирных кислот, %)

Fatty acid   Наименование		Without enrichment   Необогащенные		Enriched with sunflower oil   Обогащенные с подсолнечным маслом	
		before cooking   до варки	after cooking   после варки	before cooking   до варки	after cooking   после варки
1. Lauric   Лауриновая	C12:0	0.03±0.003	0.030±0.003	0.020±0.002	0.020±0.002
2. Myristic   Миристиновая	C14:0	0.47±0.050	0.480±0.051	0.380±0.041	0.380±0.041
3. Myristoleic   Миристолеиновая	C14:1n5	0.15±0.016	0.180±0.019	0.140±0.015	0.130±0.014
4. Pentadecanoic   Пентадекановая	C15:0	0.09±0.010	0.110±0.012	0.080±0.009	0.080±0.009
5. Pentadecenoic   Пентадеценивая	C15:1	0.01±0.001	0.020±0.002	0.010±0.001	0.010±0.001
6. Palmitic   Пальмитиновая	C16:0	21.71±0.24	22.25±0.24	18.26±0.20	18.54±0.20
7. Palmitoleic   Пальмитолеиновая	C16:1	5.55±0.18	5.45±0.17	4.26±0.14	4.23±0.14
8. Hexadecadienoic   Гексадекадиеновая	C16:2n6	0.16±0.017	0.160±0.017	0.120±0.010	0.120±0.012
9. Margaric   Маргариновая	C17:0	0.12±0.013	0.130±0.014	0.100±0.008	0.100±0.015
10. Heptadecenoic   Маргаролевая	C17:1	0.08±0.009	0.080±0.007	0.070±0.008	0.070±0.007
11. Stearic   Стеариновая	C18:0	4.92±0.16	5.13±0.12	4.73±0.15	4.80±0.19
12. Trans-oleic   Транс-олеиновая	C18:1t	0.03±0.003	0.010±0.001	0.020±0.002	0.020±0.002
13. Oleic   Олеиновая	C18:1	30.22±0.29	30.51±0.34	27.57±0.30	27.85±0.31
14. Trans-linoleic   Транс-линолевая	C18:2tt	0.04±0.004	0.030±0.003	0.020±0.002	0.030±0.003
15. Linoleic   Линолевая	C18:2n6	34.15±0.38	33.16±0.36	37.57±0.41	37.30±0.41
16. α-linoleic   α-линолевая	C18:2n3	0.08±0.009	0.040±0.004	0.040±0.004	0.080±0.009
17. γ-linolenic   γ-линоленовая	C18:3n6	0.04±0.004	0.030±0.003	0.030±0.003	0.040±0.004
18. α-linolenic   α-линоленовая	C18:3n3	0.70±0.022	0.650±0.021	4.880±0.156	4.720±0.151
19. n6-Octadecatetraenoic   n6-октадекатетраеновая	C18:4n6	0.06±0.006	0.050±0.005	0.050±0.005	0.060±0.006
20. Arachidic   Арахидиновая	C20:0	0.07±0.007	0.090±0.010	0.100±0.011	0.100±0.011
21. Gadoleic   Гадолеиновая	C20:1	0.27±0.029	0.300±0.032	0.220±0.024	0.240±0.026
22. n6-Eicosadienoic   n6-эйкозодиеновая	C20:2n6	0.13±0.014	0.150±0.016	0.110±0.012	0.100±0.011
23. n6-Eicosatrienoic   n6-эйкозатриеновая	C20:3n6	0.05±0.005	0.040±0.004	0.050±0.005	0.040±0.004
24. Arachidonic   Арахидоновая	C20:4n6	0.29±0.031	0.240±0.026	0.300±0.032	0.220±0.024
25. n6-Eicosapentaenoic   n6-эйкозапентаеновая	C20:5n3	0	0.030±0.003	0.020±0.002	0
26. Behenic   Бегеновая	C22:0	0.03±0.003	0.040±0.004	0.120±0.013	0.110±0.012
27. Erucic   Эруковая	C22:1	0.05±0.005	0.040±0.004	0.040±0.004	0.030±0.003
28. n6-Docosadienoic   n6-докозодиеновая	C22:2n6	0.08±0.009	0.070±0.007	0.080±0.009	0.060±0.006
29. n3-Docosapentaenoic   n3-докозапентаеновая	C22:5n3	0.04±0.004	0.030±0.003	0.030±0.003	0.030±0.003
30. n3-Docosahexaenoic   n3-докозагексаеновая	C22:6n3	0.02±0.002	0.020±0.002	0.020±0.002	0.020±0.002
31. Lignoceric   Лигноцериновая	C24:0	0	0.010±0.001	0.050±0.005	0.050±0.005
32. Nervonic   Нервоновая	C24:1	0.03±0.003	0	0.020±0.002	0.020±0.002

Continuation of the Table 5  
Продолжение таблицы 5

Enriched with olive oil   Обогащенные с оливковым маслом		Enriched with soya oil   Обогащенные с соевым маслом		Enriched with corn oil   Обогащенные с кукурузным маслом		Enriched with butter   Обогащенные со сливочным маслом	
before cooking   до варки	after cooking   после варки	before cooking   до варки	after cooking   после варки	before cooking   до варки	after cooking   после варки	before cooking   до варки	after cooking   после варки
0.02±0.002	0.02±0.002	0.02±0.002	0.02±0.002	0.02±0.002	0.02±0.002	0.63±0.067	0.48±0.051
0.37±0.040	0.38±0.041	0.36±0.039	0.38±0.041	0.36±0.039	0.37±0.040	1.59±0.17	1.30±0.14
0.12±0.014	0.12±0.013	0.11±0.009	0.11±0.012	0.13±0.014	0.11±0.012	0.21±0.022	0.18±0.019
0.07±0.007	0.08±0.009	0.07±0.005	0.08±0.009	0.07±0.007	0.08±0.009	0.20±0.021	0.17±0.018
0.03±0.003	0.01±0.001	0.03±0.003	0.02±0.002	0.03±0.003	0.01±0.001	0.03±0.003	0.02±0.002
18.65±0.25	19.68±0.19	18.18±0.20	19.25±0.21	18.35±0.20	19.08±0.21	21.02±0.23	21.18±0.23
4.35±0.10	4.45±0.14	4.09±0.13	4.15±0.13	4.11±0.13	4.30±0.14	4.63±0.15	4.75±0.15
0.12±0.010	0.12±0.015	0.12±0.009	0.12±0.013	0.12±0.013	0.12±0.012	0.12±0.013	0.12±0.016
0.10±0.010	0.11±0.013	0.11±0.011	0.11±0.012	0.10±0.011	0.11±0.009	0.16±0.017	0.15±0.016
0.08±0.011	0.08±0.009	0.07±0.010	0.07±0.007	0.07±0.009	0.07±0.005	0.09±0.010	0.08±0.009
4.42±0.13	4.66±0.15	4.75±0.14	5.02±0.17	4.36±0.14	4.58±0.15	5.45±0.14	5.41±0.17
0	0.01±0.001	0.01±0.001	0.02±0.002	0.02±0.002	0.02±0.002	0.03±0.003	0.04±0.004
36.73±0.38	35.96±0.42	28.37±0.30	28.45±0.33	29.73±0.30	29.75±0.28	29.22±0.39	30.38±0.25
0	0.03±0.003	0.01±0.001	0.03±0.003	0.01±0.001	0.03±0.003	0.08±0.009	0.08±0.009
29.03±0.35	28.98±0.32	36.47±0.43	35.48±0.39	35.86±0.39	35.29±0.39	29.69±0.33	30.23±0.33
0.06±0.006	0.04±0.004	0.04±0.004	0.04±0.004	0.07±0.007	0.04±0.004	0	0
0.03±0.004	0.04±0.004	0.03±0.003	0.03±0.003	0.04±0.004	0.03±0.003	0.06±0.006	0.07±0.007
4.39±0.14	3.72±0.12	5.64±0.18	5.05±0.16	5.13±0.16	4.39±0.14	4.36±0.14	3.36±0.11
0.05±0.006	0.05±0.005	0.06±0.006	0.06±0.006	0.06±0.006	0.06±0.006	0.15±0.016	0.13±0.014
0.13±0.011	0.13±0.014	0.13±0.014	0.13±0.014	0.14±0.015	0.13±0.014	0.11±0.012	0.12±0.013
0.27±0.026	0.29±0.031	0.27±0.029	0.26±0.028	0.25±0.027	0.26±0.028	0.15±0.016	0.38±0.041
0.12±0.011	0.12±0.013	0.11±0.012	0.11±0.012	0.11±0.012	0.11±0.012	0.05±0.005	0.09±0.010
0.03±0.004	0.04±0.004	0.02±0.002	0.02±0.002	0.05±0.005	0.05±0.005	0.01±0.001	0.12±0.013
0.23±0.024	0.20±0.021	0.24±0.026	0.21±0.022	0.23±0.025	0.25±0.027	0.28±0.030	0.24±0.026
0.05±0.005	0.02±0.002	0.01±0.001	0.01±0.001	0.01±0.001	0.02±0.002	0.01±0.001	0
0.05±0.012	0.05±0.005	0.09±0.010	0.09±0.010	0.06±0.006	0.06±0.006	0.01±0.001	0.02±0.002
0.04±0.003	0.03±0.003	0.04±0.004	0.03±0.003	0.03±0.003	0.04±0.004	0.04±0.004	0.04±0.004
0.07±0.006	0.07±0.007	0.07±0.007	0.06±0.006	0.06±0.006	0.07±0.007	0	0
0.03±0.003	0.04±0.004	0.04±0.004	0	0.03±0.003	0	0	0
0.01±0.002	0.02±0.002	0.02±0.002	0	0.01±0.001	0	0	0
0.02±0.005	0.03±0.003	0.04±0.004	0.05±0.005	0.04±0.004	0	0.05±0.005	0.07±0.007
0.02±0.002	0.03±0.003	0.01±0.001	0.02±0.002	0.02±0.002	0	0	0

Table 6. Fatty acid balance of the tested minced meat before and after thermal treatment

Таблица 6. Жирнокислотная сбалансированность исследуемых фаршей до и после тепловой обработки

Minced meat   Наименования	Sum of fatty acids   Сумма жирных кислот		
	saturated   насыщенных	monounsaturated   мононенасыщенных	polyunsaturated   полиненасыщенных
Without enrichment   Необогащенные			
Minced meat   Фарш			
before thermal treatment   до тепловой обработки	27.44±0.26	36.36±0.34	35.80±0.33
after thermal treatment   после тепловой обработки	28.27±0.26	36.59±0.34	34.68±0.32
Enrichment with linseed oil   Обогащенные льняным маслом			
Minced meat with sunflower oil   Фарш с подсолнечным маслом			
before thermal treatment   до тепловой обработки	23.84±0.22	32.33±0.30	43.30±0.42
after thermal treatment   после тепловой обработки	24.20±0.18	32.58±0.28	42.80±0.29
Minced meat with olive oil   Фарш с оливковым маслом			
before thermal treatment   до тепловой обработки	23.84±0.22	32.33±0.30	43.30±0.42
after thermal treatment   после тепловой обработки	24.20±0.18	32.58±0.28	42.80±0.29
Minced meat with soya oil   Фарш с соевым маслом			
before thermal treatment   до тепловой обработки	23.77±0.15	33.00±0.24	42.85±0.40
after thermal treatment   после тепловой обработки	25.14±0.23	33.13±0.31	41.24±0.31
Minced meat with corn oil   Фарш с кукурузным маслом			
before thermal treatment   до тепловой обработки	23.77±0.15	33.00±0.24	42.85±0.40
after thermal treatment   после тепловой обработки	25.14±0.23	33.13±0.31	41.24±0.31
Minced meat with butter   Фарш со сливочным маслом			
before thermal treatment   до тепловой обработки	31.01±0.21	34.43±0.39	34.73±0.24
after thermal treatment   после тепловой обработки	29.94±0.28	35.89±0.30	34.35±0.32

Table 7. Changes in the content of SFAs, MUFAs, PUFAs, the omega-6:omega-3 ratio in the formulations enriched with linseed oil as a result of blanching

Таблица 7. Изменение содержания НЖК, МНЖК, ПНЖК, соотношения омега-6: омега-3 в композициях, обогащенных льняным маслом, в результате бланширования

Compositions   Наименование композиций	Control   Контроль	Soya + linseed   Соевое+ льняное	Butter + linseed   Сливочное + льняное	Olive + linseed   Оливковое + льняное	Corn + linseed   Кукурузное + льняное	Sunflower + linseed   Подсолнечное + льняное
	1	2	3	4	5	6
Proportion of linseed oil in a formulation   Доля льняного масла в рецептуре	-	0.38	0.40	0.46	0.73	0.80
Changes in SFAs, % of total sum (% to the initial)   Изменение НЖК, % от общей суммы (% к исходному)	+0.83 (3.0)	+1.63 (6.5)	-1.07 (3.4)	+1.31 (5.5)	+0.95 (4.0)	+0.36 (1.5)
Changes in MUFAs, % of total sum (% to the initial)   Изменение МНЖК, % от общей суммы (% к исходному)	+0.23 (0.06)	+0.13 (0.39)	+1.46 (4.2)	-0.66 (1.6)	+0.20 (0.6)	+0.25 (0.5)
Changes in PUFAs, % of total sum (% to the initial)   Изменение ПНЖК, % от общей суммы (% к исходному)	-1.12 (3.1)	-1.61 (3.9)	-0.38 (1.1)	-0.78 (2.3)	-1.33 (3.2)	-0.50 (1.15)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wall R., Ross R.P., Fitzgerald G.F. et al. Fatty acids from fish; the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids // *Nutr. Rev.* – 2010. – Vol. 68. – P. 280-289.
2. Васильев А.В., Шаранова Н.Э., Кулакова С.Н. Нутриметабономика – новый этап развития биохимии питания. Роль нутрелипидомных исследований // *Вопр. Питания.* – 2014. – Т. 83. № 1. – С. 4-11
3. Farooqui A.A. n-3 fatty acid-derived lipid mediators in the brain: new weapons against oxidative stress and inflammation // *Curr. Med. Chem.* – 2012. – Vol. 19, № 4. – P. 532-543.
4. Golberg R.J., Katz J.A meta-analysis of the analgesic effects of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for inflammatory joint pain // *Pain.* – 2007. – Vol. 129, № 1-2. – P. 210-223.
5. Leaf A. Prevention of sudden cardiac death by n-3 polyunsaturated fatty acids // *Fundam. Clin. Pharmacol.* – 2006. – Vol. 20, № 6. – P. 525-538.
6. SanGiovanni J.P., Chew E.Y. The role of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in health and disease of the retina // *Prog. Retin. Eye Res.* – 2005. – Vol. 24, № 1. – P. 87-138.
7. Uauy R., Dangour A.D. Nutrition in brain development and aging: role of essential fatty acids // *Nutr. Rev.* – 2006. – Vol. 64, № 5. – P. 24-33.
8. Barceli-Coblijn G., Hoggies E., Kitajka K. et al. Modification by docosahexaenoic acid of age-induced alterations in gene expression and molecular composition of rat brain phospholipids // *PNAS USA.* – 2003. – Vol. 100. – P. 11321-11326.
9. Puskos L.G., Kitijka K., Nyakas C. et al. Short-term administration of omega-3 fatty acids from fish oil results in increased transthyretin transcription in old rat hippocampus // *PNAS USA.* – 2003. – Vol. 100. – P. 1580-1585.
10. Clarke S.D. Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a molecular mechanism to improve the metabolic syndrome // *J. Nutr.* – 2001. – Vol. 131. – P. 1129-1132.
11. Duplue E., Glorian M. Fatty acid regulation of gene transcription // *J. Biol. Chem.* – 2000. – Vol. 275, № 40. – P. 30749-30752.
12. Wahle K.W.J., Rotondo D. Polyunsaturated fatty acids and gene expression in mammalian systems // *Proc. Nutr. Soc.* – 2003. – Vol. 62, N 2. – P. 349-360.
13. Broadhurst C.L., Wang Y., Crawford M.A., et al. Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: potential impact on early African Homo sapiens. // *Comp. Biochem. Physiol. B.* – 2002. – Vol. 131. – P. 653-673.
14. Umegaki K., Hashimoto M., Yamasaki H. et al. Docosahexaenoic acid supplementation-increased oxidative damage in bone marrow DNA in aged rats and its relation to antioxidant vitamins // *Free Radic. Res.* – 2001. – Vol. 34, N 4. – P. 427-435.
15. Davis B.C., Kris-Etherton P.M. Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians; current knowledge and practical implications // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2003. – Vol. 78 (suppl.). – P. 640S-646S.
16. Коденцова В.М., Кочеткова А.А., Смирнова Е.А. и др. Состав жирового компонента рациона и обеспеченность организма жирорастворимыми витаминами // *Вопр. питания.* – 2014. – Т. 83. №6. – С. 4-17.
17. Harris W.S., Mozaffarian D., Lefevre M. et al. Towards establishing dietary reference intakes for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids // *J. Nutr.* – 2009. – Vol. 139. – P. 804S-819S.
18. Kris-Etherton P.M., Grieger J.A., Etherton t.d. Dietary reference intakes for DHA and EPA. // *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.* – 2009. – Vol. 81. – P. 99-104.
19. Kris-Etherton P.M., Harris W.S., Appel L.J. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease // *Circulation.* – 2002. – Vol. 106. – P. 2747-2757.
20. Reis L.C., Hibbeln J.R. Cultural symbolism of fish and the psychotropic properties of omega-3 fatty acids // *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.* – 2006. Vol. 75. – P. 227-236.
21. Стефанова И.Л., Шахназарова Л.В., Юхина И.А., Тимошенко Н.В. Разработка поликомпонентных продуктов из мяса птицы для детского питания на основе принципов пищевой комбинаторики // в сб. материалов всероссийской научно-практической конференции «Принципы пищевой комбинаторики – основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов» – Углич, – 2010г. – С.253-255.
22. Стефанова И.Л., Шахназарова Л.В., Юхина И.А. Разработка обогащенных продуктов на основе мяса птицы, адаптированных к пищевому статусу детей // в сб. научных трудов ГНУ ВНИИПП Россельхозакадемии «Новое в технике и технологии переработки птицы и яиц», выпуск 37. – Ржавки. – 2010 г. – С.37-42.
23. Dinesh D. Jayasena, Samooel Jung, Hyun Joo Kim, Hae In Yong, Ki Chang Nam, Cheorun Jo Taste-active compound levels in Korean native chicken meat: The effects of bird age and the cooking process // *Poultry Science.* – 2015. – Vol. 94. – P. 1964-1972.

## REFERENCES

1. Wall R., Ross R.P., Fitzgerald G.F. et al. Fatty acids from fish; the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids // *Nutr. Rev.* – 2010. – Vol. 68. – P. 280-289.
2. Vasiliev A.V., Sharanova N.E., Kulakova S.N. Nutrismetabolomics – the new stage of biochemistry of nutrition. The role of nutriliplidomic analysis // *Problems of Nutrition.* – 2014. – Vol. 83, 1, pp. 4-11
3. Farooqui A.A. n-3 fatty acid-derived lipid mediators in the brain: new weapons against oxidative stress and inflammation // *Curr. Med. Chem.* – 2012. – Vol. 19, № 4. – P. 532-543.
4. Golberg R.J., Katz J.A meta-analysis of the analgesic effects of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for inflammatory joint pain // *Pain.* – 2007. – Vol. 129, № 1-2. – P. 210-223.
5. Leaf A. Prevention of sudden cardiac death by n-3 polyunsaturated fatty acids // *Fundam. Clin. Pharmacol.* – 2006. – Vol. 20, № 6. – P. 525-538.
6. SanGiovanni J.P., Chew E.Y. The role of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in health and disease of the retina // *Prog. Retin. Eye Res.* – 2005. – Vol. 24, № 1. – P. 87-138.
7. Uauy R., Dangour A.D. Nutrition in brain development and aging: role of essential fatty acids // *Nutr. Rev.* – 2006. – Vol. 64, N 5. – P. 24-33.
8. Barceli-Coblijn G., Hoggies E., Kitajka K. et al. Modification by docosahexaenoic acid of age-induced alterations in gene expression and molecular composition of rat brain phospholipids // *PNAS USA.* – 2003. – Vol. 100. – P. 11321-11326.
9. Puskos L.G., Kitijka K., Nyakas C. et al. Short-term administration of omega-3 fatty acids from fish oil results in increased transthyretin transcription in old rat hippocampus // *PNAS USA.* – 2003. – Vol. 100. – P. 1580-1585.
10. Clarke S.D. Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a molecular mechanism to improve the metabolic syndrome // *J. Nutr.* – 2001. – Vol. 131. – P. 1129-1132.
11. Duplue E., Glorian M. Fatty acid regulation of gene transcription // *J. Biol. Chem.* – 2000. – Vol. 275, N 40. – P. 30749-30752.
12. Wahle K.W.J., Rotondo D. Polyunsaturated fatty acids and gene expression in mammalian systems // *Proc. Nutr. Soc.* – 2003. – Vol. 62, № 2. – P. 349-360.
13. Broadhurst C.L., Wang Y., Crawford M.A., et al. Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: potential impact on early African Homo sapiens. // *Comp. Biochem. Physiol. B.* – 2002. – Vol. 131. – P. 653-673.
14. Umegaki K., Hashimoto M., Yamasaki H. et al. Docosahexaenoic acid supplementation-increased oxidative damage in bone marrow DNA in aged rats and its relation to antioxidant vitamins // *Free Radic. Res.* – 2001. – Vol. 34, № 4. – P. 427-435.
15. Davis B.C., Kris-Etherton P.M. Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians; current knowledge and practical implications // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2003. – Vol. 78 (suppl.). – P. 640S-646S.
16. Kodentsova V.M., Kochetkova A.A., Smirnova E.A., V.A. Sarkisyan, V.V. Bessonov. Fat component in the diet and providing with fat-soluble vitamins // *Problems of Nutrition.* – 2014. – T. 83. № 6. – С. 4-17.
17. Harris W.S., Mozaffarian D., Lefevre M. et al. Towards establishing dietary reference intakes for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids // *J. Nutr.* – 2009. – Vol. 139. – P. 804S-819S.
18. Kris-Etherton P.M., Grieger J.A., Etherton t.d. Dietary reference intakes for DHA and EPA. // *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.* – 2009. – Vol. 81. – P. 99-104.
19. Kris-Etherton P.M., Harris W.S., Appel L.J. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease // *Circulation.* – 2002. – Vol. 106. – P. 2747-2757.
20. Reis L.C., Hibbeln J.R. Cultural symbolism of fish and the psychotropic properties of omega-3 fatty acids // *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.* – 2006. Vol. 75. – P. 227-236.
21. Stefanova I.L., Shakhnazarova L.V., Ukhina I.A., Timoshenko N.V. Development of the multicomponent products from poultry meat for child nutrition on the basis of the principles of food combinatorics // In the Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference “Principles of food combinatorics – a basis for modeling of multicomponent food products”. Uglich, 2010, pp. 253-255.
22. Stefanova I.L., Shakhnazarova L.V., Ukhina I.A. Development of poultry-based enriched products adapted to the nutritional status of children // In the Proceedings of the GNU VNIIPP of Rosselkhozacademia “New in the technique and technology for poultry and egg processing”, Vol. 37, Rzhavki, 2010, pp. 37-42.
23. Dinesh D. Jayasena, Samooel Jung, Hyun Joo Kim, Hae In Yong, Ki Chang Nam, Cheorun Jo Taste-active compound levels in Korean native chicken meat: The effects of bird age and the cooking process // *Poultry Science.* – 2015. – Vol. 94. – P. 1964-1972

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

## Принадлежность к организации

**Гущин Виктор Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корр. РАН, научный руководитель ВНИИПП, 141552, Московская область, Солнечногорский р-н, рп. Ржавки, строение 1. Тел.: 8(495) 944-69-67; e-mail: info@vniipp.ru

**Стефанова Изабелла Львовна**, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии детских и специальных продуктов ВНИИПП, 141552, Московская область, Солнечногорский р-н, рп. Ржавки, строение 1. Тел.: 8(495) 944-53-30; e-mail: dp.vniipp@mail.ru

**Красюков Юрий Николаевич**, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела физико-химических исследований ВНИИПП, 141552, Московская область, Солнечногорский р-н, рп. Ржавки, строение 1. Тел.: 8(495) 944-56-92; e-mail: labvniipp@rambler.ru

**Шахназарова Людмила Васильевна**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии детских и специальных продуктов ВНИИПП, 141552, Московская область, Солнечногорский р-н, рп. Ржавки, строение 1. Тел.: 8(495) 944-53-30; e-mail: dp.vniipp@mail.ru

## Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.

Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 16.02.2016

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

## Affiliation

**Gustchin Victor Vladimirovich**, Agricultural Sciences Doctor, RAN corresponding member, the ARSRIPPI scientific leader, 141552, Moscow Region, Solnechnogorsk district, rp. Rzhavki, structure 1. Ph.: 8(495)944-69-67; e-mail: info@vniipp.ru

**Stefanova Izabella Lyvovna**, the Technical Sciences Doctor, the chief researcher of the ARSRIPPI laboratory of child's and special products, 141552, Moscow Region, Solnechnogorsk district, rp. Rzhavki, structure 1. Ph.: 8(495) 944-53-30; e-mail: dp.vniipp@mail.ru

**Krasyukov Yury Nikolaevich**, the physical-and-mathematical sciences candidate, the leading researcher of the ARSRIPPI department of physical-and-chemical researchers, 141552, Moscow Region, Solnechnogorsk district, rp. Rzhavki, structure 1. Ph.: 8(495) 944-56-92; e-mail: labvniipp@rambler.ru

**Shakhnazarova Lyudmila Vasiliyevna**, the technical sciences candidate, the leading researcher of the ARSRIPPI laboratory of child's and special products, 141552, Moscow Region, Solnechnogorsk district, rp. Rzhavki, structure 1. Ph.: 8(495) 944-53-30; e-mail: dp.vniipp@mail.ru

## Contribution

All authors are responsible for the work and given information.

All authors were equally involved in this work.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 16.02.2016

# PREDICTION OF MEAT PRODUCT QUALITY BY THE MATHEMATICAL PROGRAMMING METHODS

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Lisitsyn A.B., Nikitina M.A., Zakharov A.N., Sus E.B., Nasonova V.V., Lebedeva L.I.

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

**Ключевые слова:** информационные технологии, прогнозирование, комплексный критерий качества, физико-химические и функционально технологические показатели

**Keywords:** information technologies, prediction, complex quality criterion, physico-chemical and functional technological indicators

### Аннотация

Применение прогнозных технологий является одним из направлений научно-исследовательских работ, проводимых как в России, так и за рубежом. Переработка мяса сопровождается сложными физико-химическими, биохимическими и механическими процессами. Для прогноза поведения мясного сырья в ходе технологической обработки используют комплекс функционально-технологических и структурно-механических показателей, объективно отражающих его качество (величина рН, водосвязывающая и жирудерживающая способности, активность воды, липкость, вязкость, пластичность и т.д.). В статье показано влияние животных белков (говяжьих и свиных) на физико-химические и функциональные свойства мясных фаршей до и после термической обработки, выработанных из мясного сырья с разным содержанием соединительной и жировой тканей. На основе опытных данных с помощью методов регрессионного анализа были получены параметры модели (стохастической зависимости), связывающие количественные результирующие и факторные переменные, и оценена степень согласованности с экспериментальными данными. Методами математического программирования были установлены предельно допустимые уровни замены мясного сырья животными белками (говяжьими и свиными). Применение информационных технологий существенно сократит затраты на экспериментальный поиск и обоснование оптимального уровня замены мясного сырья животными белками (говяжьими, свиными), а также поможет установить взаимосвязь показателей качества продукта с количеством и качеством ингредиентов в мясном фарше.

### Abstract

Use of the prediction technologies is one of the directions of the research work carried out both in Russia and abroad. Meat processing is accompanied by the complex physico-chemical, biochemical and mechanical processes. To predict the behavior of meat raw material during the technological processing, a complex of physico-technological and structural-mechanical indicators, which objectively reflects its quality, is used. Among these indicators are pH value, water binding and fat holding capacities, water activity, adhesiveness, viscosity, plasticity and so on. The paper demonstrates the influence of animal proteins (beef and pork) on the physico-chemical and functional properties before and after thermal treatment of minced meat made from meat raw material with different content of the connective and fat tissues. On the basis of the experimental data, the model (stochastic dependence) parameters linking the quantitative resultant and factor variables were obtained using the regression analysis, and the degree of the correlation with the experimental data was assessed. The maximum allowable levels of meat raw material replacement with animal proteins (beef and pork) were established by the methods of mathematical programming. Use of the information technologies will significantly reduce the costs of the experimental search and substantiation of the optimal level of replacement of meat raw material with animal proteins (beef, pork), and will also allow establishing a relationship of product quality indicators with quantity and quality of minced meat ingredients.

### Введение

Одно из направлений государственной политики в области здорового питания является разработка высококачественных пищевых продуктов с заданным химическим составом и пищевой ценностью, отвечающих всем требованиям технических регламентов и нормативных документов. В связи с этим важнейшей задачей мясоперерабатывающей промышленности является рациональное использование сырья, интенсификация производства на основе использования научно-технического прогресса и внедрения прогрессивных технологий, расширение ассортимента ряда продукции и повышение качества продукции, в том числе за счет создания новых видов продуктов на основе сочетания мясного сырья с белками животного и растительного происхождения.

Концепция моделирования и оптимизации, сформулированная в трудах школы академика Кафарова В.В. [1],

### Introduction

One of the directions of the state policy in the field of health nutrition is the development of high quality food products with the targeted chemical composition and food value that correspond to all requirements of the technical regulations and normative documentations. In this connection, an important task of the meat processing industry is the rational use of raw material, intensification of production on the basis of using the scientific-technical progress and incorporation of the progressive technologies, extension of the product assortment and increase in product quality through, among other things, the development of new types of products based on the combination of meat raw material with animal and plant proteins.

The concept of modeling and optimization, which is stated in the works of the school of academician Kafarov V.V. [1], is associated with predicting quality of

связана с прогнозированием качества продукции переработки биосырья животного происхождения со случайными характеристиками и свойствами.

Начальная неопределенность обусловлена разбросом показателей и свойств сырья биологического происхождения (физико-химических и функционально-технологических показателей) может быть охарактеризована величиной энтропии [2-3]:

$$H(\Delta z_x) = - \sum_{j=1}^{\mu} \sum_{k=1}^{\chi} \sum_{r=1}^R P(\Delta z_x^{jkr}) \log_2 P(\Delta z_x^{jkr})$$

где  $(P \Delta z_x^{jkr})$  - вероятность  $r$ -го уровня отклонения  $k$ -го показателя в  $j$ -м виде биологического сырья;

и определяет сложность принятия решений с целью обеспечения качества продукции по критериям пищевой и биологической ценности.

Основная задача мясоперерабатывающего предприятия - выработка мясных изделий заданного качества. В связи с этим целевая функция управления качеством может быть представлена в виде иерархии некоторых параметров и показателей, отражающих динамику формирования качества производимых мясных продуктов

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^{m_i} b_{ij} \dots \sum_{k=1}^{K_{ij}} d_{ij\dots k} \Delta x_{ij\dots k}^*$$

где  $a_i, b_{ij}, d_{ij\dots k}$  - коэффициенты значимости физико-химических, функционально-технологических, сенсорных показателей и структурно-механических свойств, характеризующих качество мясной продукции, определяемые методом экспертных оценок и регрессионного анализа;

$\Delta x_{ij\dots k}^*$  - нормативная величина отклонения  $k$ -го показателя некоторой группы.

Для сопоставимого анализа влияния различных физико-химических факторов на качество продукции нормированные величины отклонений параметров от заданных значений рассчитывается следующим образом

$$\Delta x_{ij\dots k}^* = \left| \frac{x_{ij\dots k}^0 - x_{ij\dots k}}{\Delta x_{ij\dots k}^0} \right|$$

где  $x_{ij\dots k}^0, x_{ij\dots k}$  - заданное и текущее значение  $k$ -го показателя,  $j$ -й группы факторов  $i$ -го мясного продукта;

$\Delta x_{ij\dots k}^0$  - допустимое отклонение параметров от заданного значения.

Качество мясного продукта наиболее полно характеризует комплексный критерий качества, учитывающий физико-химические, функционально-технологические показатели и структурно-механические свойства. Особое значение имеют реологические характеристики, коррелирующие с физико-химическими показателями биосырья животного происхождения, мясного фарша и готового изделия [4-5].

Целью данной работы являлось изучение влияния животных белков (говяжьих и свиных) на физико-химические и функциональные свойства

products from processing of animal biological material with random characteristics and properties.

The initial uncertainty is conditioned by the dispersion of indicators and properties of biological raw material (the physico-chemical and functional-technological indicators), can be characterized by the entropy value [2-3]:

$$H(\Delta z_x) = - \sum_{j=1}^{\mu} \sum_{k=1}^{\chi} \sum_{r=1}^R P(\Delta z_x^{jkr}) \log_2 P(\Delta z_x^{jkr})$$

where  $(P \Delta z_x^{jkr})$  - probability of the  $r^{\text{th}}$  value of deviation of the  $k^{\text{th}}$  indicator in the  $j^{\text{th}}$  kind of the biological raw material;

and determines the complexity of decision making with the aim of ensuring product quality by the criteria of food and biological value.

The main goal of a meat processing enterprise is to produce meat products with specified quality. In this connection, the target function of quality management can be presented in a form of hierarchy of several parameters and indicators reflecting a dynamics of quality formation in produced meat products:

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^{m_i} b_{ij} \dots \sum_{k=1}^{K_{ij}} d_{ij\dots k} \Delta x_{ij\dots k}^*$$

where  $a_i, b_{ij}, d_{ij\dots k}$  - coefficients of significance of physico-chemical, functional-technological, sensory indicators and structural-mechanical properties characterizing meat product quality, which is determined by the method of expert assessment and regression analysis;

$\Delta x_{ij\dots k}^*$  - normative value of the  $k^{\text{th}}$  indicator of some group.

For comparative analysis of an effect of different physico-chemical factors on product quality, the normative values of parameter deviations from the specified values are calculated as follows

$$\Delta x_{ij\dots k}^* = \left| \frac{x_{ij\dots k}^0 - x_{ij\dots k}}{\Delta x_{ij\dots k}^0} \right|$$

where  $x_{ij\dots k}^0, x_{ij\dots k}$  - specified and current values of the  $k^{\text{th}}$  indicator in the  $j^{\text{th}}$  factor group of the  $i^{\text{th}}$  meat product;

$\Delta x_{ij\dots k}^0$  - allowable variation of parameters of the specified value.

A complex quality criterion, which takes into consideration the physico-chemical, functional-technological indicators and structural-mechanical properties, most fully characterizes meat product quality. The rheological characteristics correlating with the physico-chemical indicators of biological raw material of animal origin, minced meat and finished products are of special importance [4-5].

The aim of this work was to study the influence of animal proteins (beef and pork) on the physico-chemical and functional properties of minced meat and cooked samples produced from meat raw material with different content of the connective and fat tissues and to develop a mathematical model for predicting meat product quality dependent on a percentage of meat raw material substitution.

According to the set goal, the following objectives were achieved:

- to determine the content of total and connective tissue

сырых и вареных мясных фаршей, выработанных из мясного сырья с разным содержанием соединительной и жировой тканей и разработка математической модели прогнозирования качества полученной продукции в зависимости от процента замены мясного сырья.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- определить содержание общего и соединительнотканых белков, в зависимости от содержания жировой и соединительной тканей в образцах;

- изучить влияние животных белков (свиных и говяжьих) на физико-химические и функционально-технологические показатели (рН, массовую долю белка, жира, влаги, оксипролина, цвет, активность воды, вязкость, влагосвязывающую способность) на модельных образцах сырого мясного фарша;

- изучить влияние животных белков (свиных и говяжьих) на физико-химические и функционально-технологические показатели (рН, массовую долю белка, оксипролина, влагоудерживающую способность) на модельных образцах термообработанного мясного фарша;

- разработать математическую модель прогнозирования качества мясного продукта при замене мясного сырья животными белками;

- апробировать разработанную модель.

#### Материалы и методы

За модельные образцы мясного фарша были взяты образцы с различным уровнем замены мясного сырья на гидратированные белки животного происхождения в диапазоне от 10% до 30% с приращением 10%. Гидратацию животных белков проводили в соотношении белок : вода для говяжьего – 1 : 10, для свиного – 1 : 8.

В качестве контроля были изготовлены образцы из мяса говядины и свинины полужирной: контроль 1 – говядина жилованная высшего сорта с массовой долей соединительной и жировой тканей не более 3%, контроль 2 – говядина жилованная 2 сорта с массовой долей соединительной и жировой тканей не более 20%, контроль 3 – свинина жилованная полужирная с массовой долей жировой и соединительной тканей не более 45%. В опытные образцы вносили гидратированный животный белок в количестве 10, 20 и 30% к массе мясного сырья. Поваренную соль во все образцы вносили в количестве 2,2%, также, исходя из функционально-технологических характеристик мясного сырья, во все образцы дополнительно вносили воду, в контрольные образцы в количестве 25%, в опытные образцы исходя из снижения массовой доли мясного сырья. Жилованное мясное сырье с заданным содержанием жировой и соединительной тканей измельчали на волчке с диаметром отверстий решетки 2-6 мм. Затем измельченное мясное сырье перемешивали в мешалке с поваренной солью, водой с температурой не выше 4 °С и предварительно гидратированным животным белком до равномерного распределения всех ингредиентов. Каждый из полученных образцов делили на 2 части: одну часть отправляли на проведение запланированных исследований, вторую формовали

proteins in dependence of the content of fat and connective tissues in the samples;

- to study the effect of animal proteins (pork and beef) on the physico-chemical and functional-technological indicators (pH, mass fraction of protein, fat, moisture, oxyproline; color, water activity, viscosity, moisture binding capacity) on the model samples of raw minced meat;

- to study the effect of animal proteins (pork and beef) on the physico-chemical and functional-technological indicators (pH, mass fraction of protein, oxyproline; moisture holding capacity) on the model samples of cooked minced meat;

- to develop a mathematical model for predicting meat product quality upon meat raw material replacement with animal proteins;

- to test the developed model.

#### Materials and methods

The samples of minced meat with different level of meat raw material replacement with hydrated animal proteins in the range of 10% to 30% with an increment of 10% were used as the model minced meat. Hydration of animal proteins was carried out with the protein: water ratio of 1:10 for beef minced meat and 1:8 for pork minced meat.

The samples of beef and semi-fat pork were used as a control: control 1 – trimmed beef of top grade with mass fraction of connective and fat tissues not more than 3%; control 2 - trimmed beef of the second grade with mass fraction of connective and fat tissues not more than 20%, control 3 – trimmed semi-fat pork with mass fraction of fat and connective tissues not more than 45%. The hydrated animal protein was added to the experimental samples in amounts of 10%, 20% and 30% of the meat raw material mass. Table salt was added to all samples in an amount of 2.2%. Based on the functional-technological characteristics of meat raw material, water was further added to all samples: to the control samples in an amount of 25% and to the experimental samples on the basis of decrease in the mass fraction of meat raw material. Trimmed meat raw material with the specified content of fat and connective tissues was minced in a grinder with 2-6-mm-diameter grinder plates. Then, minced meat raw material was mixed in a mixer with table salt, water with a temperature of not higher than 4 °C and preliminary hydrated animal protein until the homogeneous distribution of all ingredients. Each of the obtained samples was divided into two parts: one part was sent for performing the planned experiments; the second was formed and cooked in a water bath at a heating medium temperature of 75 °C and relative humidity of 100% until reaching a sample core temperature of 70-72 °C. After thermal treatment, the samples were cooled until reaching a sample core temperature of 6 °C. The samples of minced meat subjected to thermal treatment were analyzed after cooling.

The prepared samples (control and experimental) were sent for determination of the following indicators:

- determination of the physico-chemical characteristics;
- pH value was determined with portable pH meter "Zamer" (model 2696) by direct measurement in different points of a sample;

- mass fraction of total moisture was determined by the

и подвергали термической обработке в водяной бане при температуре греющей среды 75 °С и относительной влажности 100% до достижения температуры в центре образца 70-72 °С. После тепловой обработки образцы охлаждали до достижения температуры в центре образца 6 °С. Образцы фаршей, подвергнутые тепловой обработке исследовали после охлаждения.

Изготовленные образцы (контрольные и опытные) направлены на испытание по следующим показателям:

- определение физико-химических характеристик:
- величина рН – определяли портативным рН-метром «Замер» (модель 2696) прямым измерением в различных точках образца;
- массовая доля общей влаги – методом, основанным на высушивании образца до постоянной массы при 105 °С.;
- - массовая доля общего белка – методом, основанным на определении белка методом по Кьельдалю.;
- - массовая доля жира – методом, основанным на определении жира методом по Сокслету;
- оксипролин –методом, основанным на выделении оксипролина при кислотном гидролизе пробы продукта, проведении цветной реакции с продуктами окисления ее с образованием соединения красного и измерении интенсивности окраски;
- коллаген определяли расчетным путем умножением массовой доли оксипролина на коэффициент пересчета 8,07;
- определение динамической вязкости осуществляли методом, основанным на определении силы, действующей на единичную площадь поверхности, которая перемещается с единичной скоростью относительно другой поверхности;
- определение влагосвязывающей способности (ВСС) и влагоудерживающей способности (ВУС) – методом прессования навески под нагрузкой в 1 кг и последующем расчете по разнице масс до и после пресования и площади влажного пятна, определенно-го планиметром, по Р.Грау и Р.Хамму в модификации В.Воловинской и Б.Кельман и выражали в % к общей массе влаги в продукте ;
- определение цветовых характеристик осуществляли на компьютеризированном спектроколориметре (Спектротон, Россия). Принцип работы прибора основан на одновременном измерении коэффициентов отражения образцов на 24 фиксированных длинах волн, расположенных через 13 нм в видимой области спектра от 380 до 720 нм, с последующей математической обработкой результатов измерения микропроцессорным контроллером, встроенным в измерительный блок. Прибор измеряет: координаты цвета МКО (1931 г.) – X, Y, Z; координаты цветности – x, y; координаты цвета CIE Lab (1976 г.) – L (светлота), a\* (краснота), b\* (желтизна) и другие показатели.

### Результаты и обсуждения

Для разработки методологии прогнозирования качества вареных колбасных изделий необходимо провести анализ методов, используемых для решения аналогичных задач различными авторами.

method of specimen drying to the constant mass at 105 °С;

- mass fraction of total protein was determined by the Kjeldahl method;
- mass fraction of fat was determined by the Soxhlet method;
- oxyproline was determined by the method based on oxyproline release at oxidative hydrolysis of a product specimen, color reaction of the products of its oxidation with development of a red compound and measurement of color intensity.
- collagen was determined by the calculative method multiplying the mass fraction of oxyproline by a conversion factor of 8.07;
- dynamic viscosity was determined by the method based on measurement of a force acting on a unit area of a plane, which moves at a unit velocity with respect to another plane;
- moisture binding capacity (MBC) and moisture holding capacity (MHC) were determined by pressing of a specimen under a press of 1 kg and subsequent calculation of the difference in masses before and after pressing and the area of wet spot detected by a planimeter according to the Grau - Hamm filter-paper press method in modification of Volovinskaya-Kelman and were expressed in percents of the total moisture of a product;
- determination of the color characteristics was carried out on the spectrophotometer (Spectroton, Russia). The principle of operation of the apparatus is based on the simultaneous detection of the reflection coefficients of samples on 24 fixed wavelengths located at a distance of 13 nm in the visible spectrum (380-720 nm) with the subsequent mathematical processing of the measurement results with a microprocessor controller, installed into the measurement block. The apparatus measures the CIE XYZ color space (1931); color coordinates – x, y; CIE 1976 (L\*, a\*, b\*) color space (L – lightness; a\* -redness, b\* -yellowness) and other indicators.

### Results and discussions

To develop a methodology for cooked sausage quality prediction, it is necessary to carry out an analysis of the methods used for solving the similar tasks by different authors.

In designing food products with a complex raw material composition, a possibility of modeling the characteristics of a finished product, predicting its quality and functional-technological properties is of high importance.

At present, the methods of linear experimental statistical programming and the object-oriented approach are mainly used for designing recipes of multicomponent food products.

Design of the combined food products is based on the principle of food combinatorics, which is a process of developing recipes of new types of products by substantiated quantitative selection of the main raw material, ingredients, food and biologically active additives, which combination ensures the formation of the required organoleptic and physico-chemical properties of products as well as the specified level of food, biological and energy values [6,7].

The process of optimization of the recipe composition is based on the use of the calculative criteria and concepts proposed by I.A. Rogov, N.N. Lipatov and A.B. Lisitsyn, as

При проектировании пищевых продуктов сложного сырьевого состава большое значение имеет возможность моделирования характеристик готового продукта, прогнозирования его качества и функционально-технологических свойств.

В настоящее время для проектирования рецептур многокомпонентных пищевых продуктов в основном используются методы линейного, экспериментально-статистического программирования и объектно-ориентированного подхода.

Проектирование комбинированных продуктов питания основано на принципе пищевой комбинаторики, т.е. процесс создания рецептур новых видов продуктов путем обоснованного количественного подбора основного сырья, ингредиентов, пищевых и биологически активных добавок, совокупность которых обеспечивает формирование требуемых органолептических, физико-химических свойств продукта, а также заданный уровень пищевой, биологической и энергетической ценности [6, 7].

Процесс оптимизации состава рецептур основан на использовании расчетных критериев и понятий, предложенных И.А. Роговым, Н.Н. Липатовым и А.Б. Лисицыным, а также в работах Ю.А. Ивашкина по структурно-параметрическому моделированию и структурной оптимизации технологических систем.

В последние десятилетия в этом направлении также проводились научные исследования.

При разработке оптимальных рецептур молочных продуктов [8] повышенной биологической ценности применяется методология экспериментально-статистического моделирования. Методология основывается на выделении ключевого нутриента моделирования и оптимизации его качества.

Сатиной О.В. и Юдиной С.Б. [9] предложена методика проектирования рецептур мясных продуктов, включающих в себя три этапа моделирования: моделирование аминокислотного состава проектируемого продукта и выбор значений, в наибольшей степени удовлетворяющих критерию; оценка жирнокислотного состава проектируемого продукта; расчет энергетической ценности проектируемого продукта. В качестве критерия использовалась квалиметрическая мультипликативная модель, позволяющая свести в одну форму относительные комплексные и простые единичные показатели качества различного характера, обеспечивающие независимость свойств каждого из показателей. Процесс моделирования геронтологических продуктов осуществлялся авторами в общем виде циклическим алгоритмом, предложенным Липатовым Н.Н.

В работе Муратовой Е.И. и др. [10] используется объектно-ориентированный подход. Отличительной особенностью данного метода является представление рецептуры в виде иерархической структуры. Каждая из вершин иерархической структуры представляет собой объект (готовый продукт, полуфабрикат, сырье). Каждый уровень иерархии соответствует определенной стадии изготовления пищевого продукта и может иметь свое, индивидуальное число вершин, расположенных ниже по иерархии. Алгоритм расчета многокомпонентного продукта начинается с

well as in the works of Yu.A. Ivashkin on the structural-parametric modeling and structural optimization of technological systems.

The work in this direction has been also carried out over the last decades.

In design of the optimal recipes of dairy products [8] with increased biological value, the methodology of the experimental statistical modeling is used. The methodology is based on the determination of the key nutrient of modeling and optimization of its quality.

Satina O.V. and Yudina S.B. [9] proposed a methodology for designing meat product recipes, which includes three stages of modeling: modeling of the amino acid composition of a product under design and selection of the values that meet a criterion to the fullest extent possible; assessment of the fatty acid composition of a product under design; calculation of the energy value of a product under design. As a criterion, a qualimetric multiplicative model was used, which allows convolving the relative complex and simple single quality indicators with different characters into one form ensuring independence of the properties of each indicator. The authors performed a process of modeling of the gerontological products in a general form with the cyclic algorithm proposed by Lipatov N.N.

Muratova E.I. et al. [10] used the object-oriented approach in their work. The distinctive characteristic of this method is presentation of a recipe in a form of a hierarchical structure. Each peak of a hierarchical structure presents an object (a finished product, semi-prepared product, raw material). Each level of a hierarchy corresponds to a particular stage of food product preparation and can have its individual number of peaks located down through the hierarchy. An algorithm of calculating a multicomponent product begins with calculation of the last level with the longest branch of a hierarchical structure of calculation. The main advantage of this approach is a solution to a task of a multicriteria optimization.

The work [11] on the basis of the mathematical models and recursive cycle shows the algorithm of modeling polycomponent mixtures that ensure obtaining a necessary set of options and their composition according to a criterium of macro- and micronutrient composition.

Bessonova L.I. [12] developed a quality function according to consumer preferences, as well as QFD for food products based on detection of an autocorrelation function that allows building a predictive model for management of prospect indicators of technological processes, ready food products and services.

Therefore, computer design of a recipe composition of food products is methodically well mastered [8-12], supported by the mathematical apparatus and information base, which, as a result, allows obtaining a set of preferable compositions that meet the formalized requirements.

However, "an optimal recipe" obtained by this means does not guarantee a transformation during technological processing into a stable meat system with required organoleptic indicators, structural-mechanical properties, yield and so on. This is conditioned by the fact that individual components of recipes have quite specific individual and often mutually exclusive functional-technological properties.

Thus, to predict quality of future products, it is nec-

расчета последнего уровня с наиболее длинной ветви иерархической структуры расчета. Основным достоинством данного подхода является решение задачи многокритериальной оптимизации.

В работе [11] на базе математических моделей и рекурсивного цикла показан алгоритм моделирования поликомпонентных смесей, обеспечивающих получение необходимого набора вариантов и их состава по критерию макро- и микронутриентного состава.

Бессоновой Л.И. [12] разработана функция качества в соответствии с потребительскими предпочтениями, а также СФК для пищевых продуктов, основанную на определении автокорреляционной функции, позволяющий построить прогнозную модель управления перспективными показателями технологических процессов, готовых пищевых продуктов и услуг.

Таким образом, компьютерное проектирование рецептурного состава пищевых продуктов методически хорошо освоено [8-12], подкреплен математическим аппаратом и информационной базой, что позволяет в результате проектирования получать набор предпочтительных композиций, удовлетворяющих формализованным требованиям.

Однако, полученная таким образом «оптимальная рецептура» не гарантирует превращения в процессе технологической обработки в устойчивую мясную систему с требуемыми органолептическими показателями, структурно-механическими свойствами, выходом и т.д. Это обусловлено тем, что отдельные компоненты рецептур обладают вполне определенными индивидуальными и часто – взаимоисключающими функционально-технологическими свойствами.

Поэтому для прогнозирования качества будущей продукции необходимо располагать информацией не только о химическом составе и биологической ценности отдельных компонентов рецептур, но и данными о фактических значениях функционально-технологических свойств основного сырья, вспомогательных ингредиентов, кинетике протекания биохимических и коллоидных процессов в многокомпонентных пищевых системах, аналитическими и эмпирическими зависимостями, характеризующими основные закономерности поведения гетерогенных дисперсных систем при варьировании физико-химических факторов [7].

В этом направлении определенным интересом представляют работы [13-14], в которых описывается решение задачи оптимизации рецептуры с учетом реологических показателей, таких как ВУС, ЖУС, ВСС, рН. В качестве целевой функции выбран критерий минимальной себестоимости многокомпонентного продукта.

В работах ряда авторов [15-17] рассматривается задача имитационного моделирования взаимодействия популяций микроорганизмов, как средство диагностирования и прогнозирования развития микробиоценозов. Решение этой задачи позволяет реализовать оперативное управление процессами производства и оптимизацию технологических параметров в режиме реального времени, а также открывает возможности к созданию систем автоматизированного проектирования штаммов микроорганизмов с целью получения продуктов с заданными свойствами.

Необходимо иметь информацию не только о химическом составе и биологической ценности отдельных рецептурных компонентов, но также о данных на фактические значения функционально-технологических свойств основного сырья, вспомогательных ингредиентов, кинетике биохимических и коллоидных процессов в многокомпонентных пищевых системах, аналитическими и эмпирическими зависимостями, характеризующими регулярности поведения гетерогенных дисперсных систем при варьировании физико-химических факторов [7].

В этом отношении, работы [13-14], которые описывают решение задачи оптимизации рецептур с учетом реологических показателей, таких как МНС, ФНС, МНС и рН являются предметом интереса. Критерием минимальной стоимости многокомпонентного продукта выбран целевой функцией.

Работы нескольких авторов [15-17] рассматривают задачу моделирования взаимодействия микроорганизмов как средство диагностики и прогнозирования развития микробиоценозов. Решение этой задачи позволяет реализовать оперативное управление процессами производства и оптимизацию технологических параметров в режиме реального времени, а также открывает возможность для разработки систем автоматизированного проектирования штаммов микроорганизмов с целью получения продуктов с заданными свойствами.

Работа [18] рассматривает компьютерную систему безопасности и качества для сырья для изготовления колбас. Разработанная система предназначена для создания банка моделей, позволяющих анализировать и прогнозировать результаты процессов производства колбас и определять оптимальные управленческие воздействия на объект исследования.

Анализ литературы показывает, что проектирование многокомпонентных пищевых продуктов в основном осуществляется по критериям пищевой, биологической и энергетической ценности без учета функционально-технологических и структурно-механических свойств. Вопросы прогнозирования в основном рассматриваются применительно к ферментированным мясным продуктам (сырокопченые и высушенные колбасы).

На основании вышесказанного, интересно получить моделирование процессов производства колбас, создать банк моделей и разработать программное обеспечение. Для этого необходимо получить статистический материал с дальнейшим его обработкой для исследования реальных технологий, используемых в условиях информационной неопределенности, вызванной различными факторами информационной и физической природы (неопределенность характеристик сырья, используемых средств обработки и контроля, критерии управления и т.д.).

Одним из важнейших требований согласно международным стандартам семейства ISO 9000 является активное использование статистических методов для принятия решений на всех этапах жизненного цикла продукта.

Выдающийся специалист в области управления качеством К. Ишикава [19, 20] заявил, что статистические методы являются именно теми средствами, которые необходимы для внедрения контроля качества.

Анализ полученных данных на этом этапе исследования был проведен с помощью методов корреляционно-регрессионного анализа [21] для получения стохастических зависимостей, формирующих банк математических моделей.

В работе [18] рассматривается компьютерная система обеспечения качества и безопасности сыровяленых колбас. Разработанная система предназначена для создания банка имитационных моделей, позволяющих анализировать и прогнозировать результаты процессов производства сыровяленых колбасных изделий и определять оптимальные управленческие воздействия на исследуемый объект.

Анализ литературных источников показал, что в основном проектирование многокомпонентных продуктов питания осуществляется по критериям пищевой, биологической и энергетической ценности без учета функционально-технологических показателей и структурно-механических свойств. Вопросы прогнозирования в основном рассмотрены на ферментированных мясных изделиях (сырокопченых и сыровяленых колбасах).

На основании вышеизложенного представляет интерес получение имитационных моделей прогнозирования результатов процессов производства вареных колбас, создание банка моделей и разработки программного обеспечения. Для этого необходимо получить статистический материал с последующей его обработкой для исследования реальных технологий, действующих в условиях информационной неопределенности, обусловленной различными факторами информационного и физического характера (неопределенность характеристик пищевого сырья, применяемых средств воздействия и контроля, целевых критериев управления и т.д.).

Важнейшим требованием, согласно Международным стандартам серии ИСО 9000 является активное использование статистических методов для принятия решений на всех этапах жизненного цикла продукции.

Крупнейший специалист в области управления качеством К. Исикава [19, 20] говорил: «Методы статистики – именно то средство, которое необходимо изучить, чтобы внедрить управление качеством».

Анализ полученных данных на данном этапе исследований осуществлялся методами корреляционно-регрессионного анализа [21] для получения стохастических зависимостей, формирующих банк математических моделей, позволяющий реализовать любой вариант замены мясного сырья животными белками (свинными и говяжьими) в рамках имитационного эксперимента с учетом реальной технологической ситуации в производстве вареных колбас.

Как видно из гистограмм с группировкой (рис. 1, 2), применяемой для сравнения значений по нескольким категориям, видно отличие опытных образцов от контроля. Анализ полученных результатов показывает, что замена мяса гидратированным говяжьим животным белком в количестве 10 и 20% в образцах, выработанных на основе говядины жилованной высшего сорта приводит к снижению общего белка по сравнению с контрольными образцами на 3-8%. Замена мяса говяжьим животным белком в количестве 30% снижает содержание белка на 13%. Такая же тенденция наблюдается и у

that allow realization of any options for replacement of meat raw material with animal proteins (pork and beef) in the framework of a simulation experiment using a real technological situation in cooked sausage production.

As can be seen from the histograms with grouping (Fig. 1, 2) used for comparison of the values by several categories, a difference of the experimental samples from the control is obvious. An analysis of the obtained results demonstrated that replacement of meat with the hydrated beef protein in amounts of 10% and 20% in the samples produced on the basis of trimmed beef of top grade led to a decrease in total protein by 3-8% compared to the control samples. Replacement of meat with beef protein in an amount of 30% reduced the content of protein by 13%. The same trend was also observed in the samples produced with trimmed beef of the 2nd grade. Replacement of 10 and 20% of meat with beef protein decreased total protein by 3-10%, respectively; and replacement of 30% of meat raw material reduced total protein by 19%.

In the samples produced on the basis of semi-fat trimmed pork, replacement of meat with animal protein in amounts of 10, 20 and 30% led to a decrease in protein by 7, 8 and 12%, respectively.

With an increase in the dose of the hydrated beef protein, the moisture content increased and the content of total protein and fat decreased in the experimental samples compared to the control.

Addition of the hydrated pork protein in amounts of 10, 20 and 30% led to an increase in collagen in all samples and a decrease in total protein compared to the control sample.

In the samples produced from trimmed beef of top grade, a decrease in total protein was 6, 9 and 10%, and in the samples produced from trimmed beef of the 2nd grade, a decrease in total protein was 11, 15 and 19%.

Reduction of protein in the samples produced from semi-fat pork was 7, 13 and 14%, respectively.

In the experimental samples produced with the hydrated animal proteins, a decrease in protein and fat was observed as their dose increased; it was especially noticeable in the samples produced from fattier raw material, such as trimmed beef of the 2nd grade and semi-fat trimmed pork.

Determination of the mass fraction of collagen in the analyzed samples showed that upon increasing a dose of animal protein incorporation, an increase in the collagen content was recorded, which was predictable since it is the main protein of animal proteins. This, undoubtedly, was conditioned by a composition of raw material, from which animal proteins were obtained.

The obtained experimental data showed that the collagen content in the samples produced from semi-fat trimmed pork was noticeably lower than in the beef samples, which can be explained by the difference in the amino acid composition of pork and beef.

As a result of processing of the experimental data by the methods of the correlation and regression analysis, the linear relationship of the type  $y=b+ax$  was established between the percentage of meat raw material replacement with animal protein (beef or pork) and the physico-chemical indicators of minced meat (Table 1).

The quality of finished meat products directly depends on minced meat quality. An analysis of the experimental

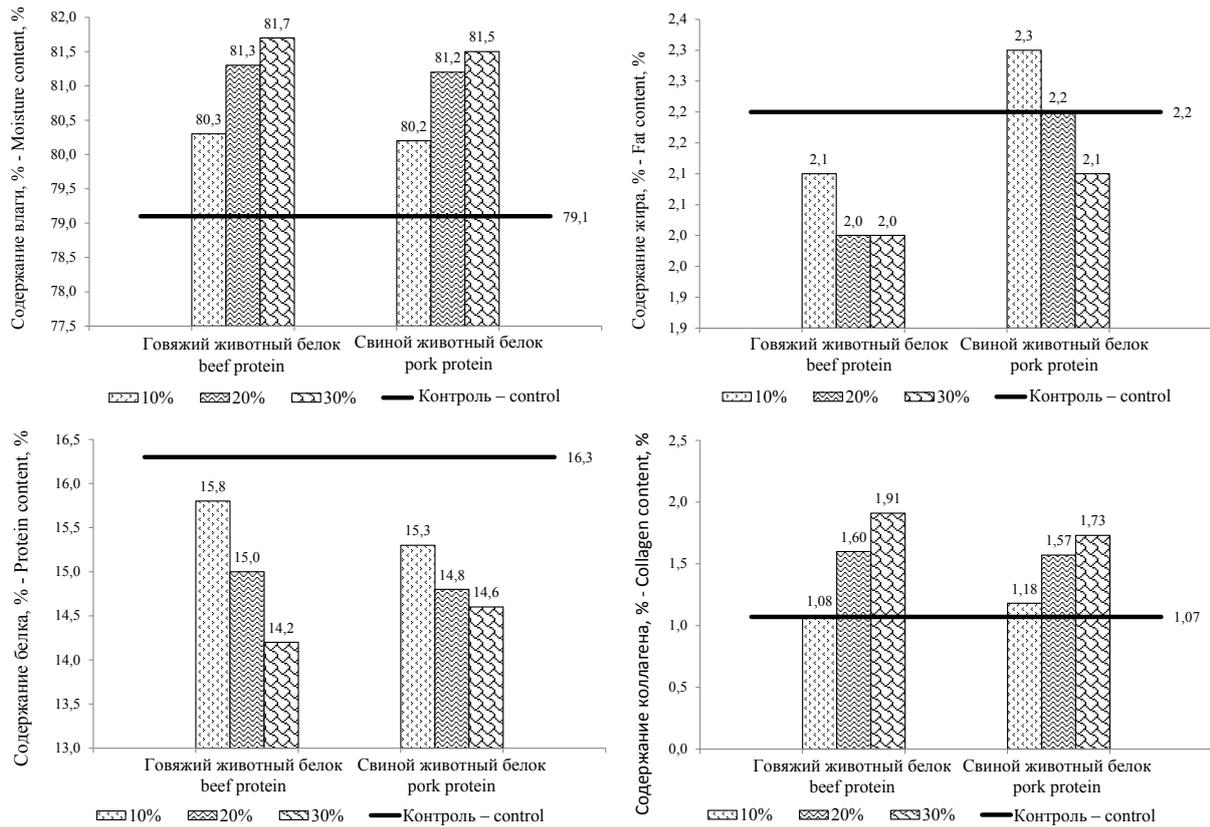


Fig. 1 – Dynamics of the changes in the chemical composition of the experimental model system by the example of trimmed beef of top grade (control sample 1)

Рис. 1 – Динамика изменения химического состава опытных модельных систем на примере говядины жилованной высшего сорта (контрольный образец 1)

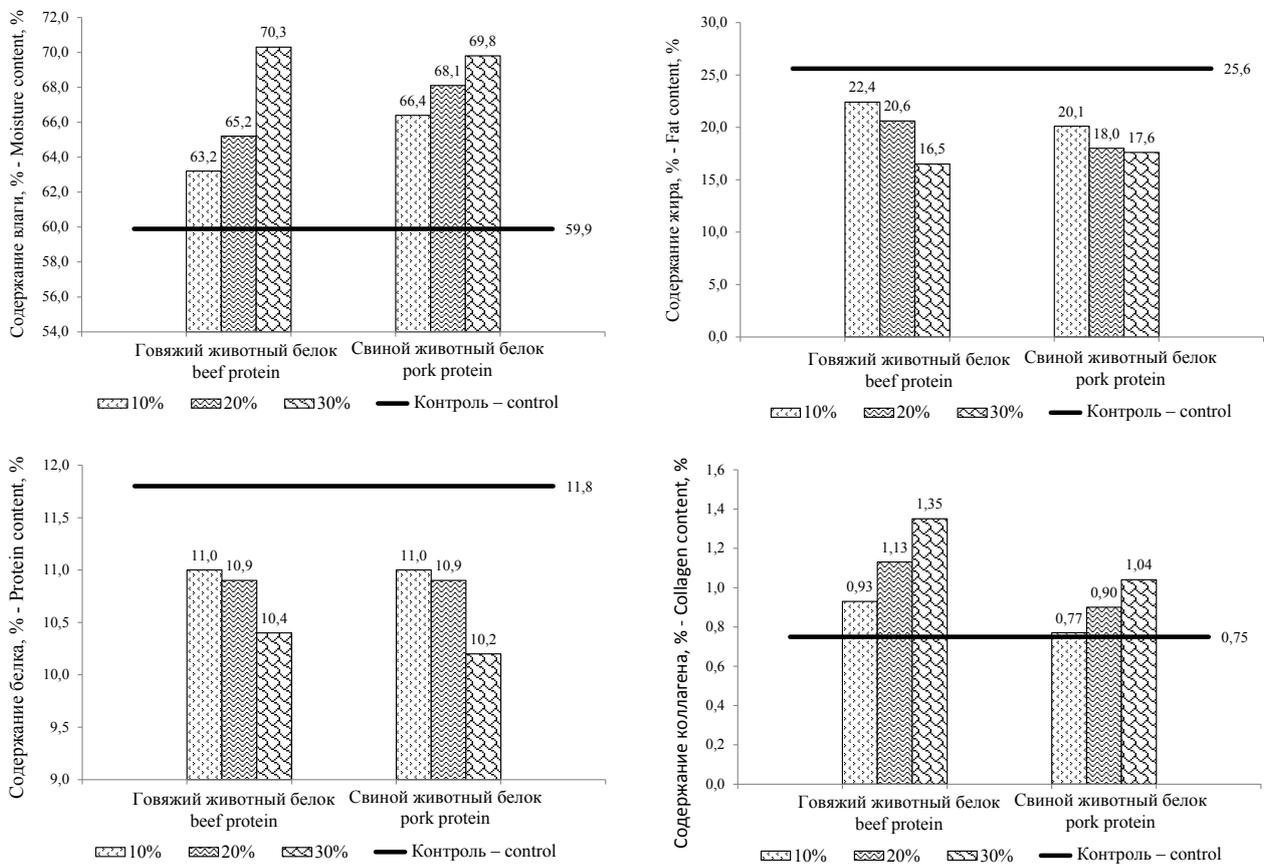


Fig. 2 – Dynamics of the changes in the chemical composition of the experimental model system by the example of trimmed semi-fat pork (control sample 3)

Рис. 2 – Динамика изменения химического состава опытных модельных систем на примере свинины жилованной полужирной (контрольный образец 3)

образцов выработанных с говядиной жилованной 2 сорта. Замена 10 и 20% мяса говяжьим животным белком снижает общий белок соответственно на 3-10%, а замена 30% мясного сырья снижает общий белок на 19%.

В образцах, выработанных на основе полужирной жилованной свинины, замена мяса животным белком в количестве 10, 20, 30% приводит к снижению белка, соответственно, на 7, 8, 12%.

С увеличением дозы гидратированного животного говяжьего белка увеличивается содержание влаги и снижение общего белка и жира в опытных образцах по сравнению с контрольными образцами.

Добавление гидратированного животного свиного белка в количестве 10, 20, 30% ведет к увеличению коллагена во всех образцах и снижению общего белка по сравнению с контрольным образцом.

У образцов, выработанных из говядины жилованной высшего сорта снижение общего белка составляет 6, 9, 10%, а у образцов, выработанных из говядины жилованной 2 сорта снижение общего белка составляет соответственно 11, 15, 19%.

Снижение белка в образцах, выработанных из свинины полужирной, составляет соответственно 7, 13 и 14%.

В опытных образцах, выработанных с гидратированными животными белками, по мере увеличения их дозы наблюдается снижение не только белка, но и жира, особенно это заметно на образцах, выработанных из более жирного сырья, такого как говядина жилованная 2 сорта и свинина жилованная полужирная.

Определение массовой доли коллагена в исследуемых образцах показало, что при увеличении внесения животного белка отмечается увеличение содержания коллагена в образцах, что является прогнозируемым, поскольку именно он является основным белком животных белков. Что, конечно, обусловлено составом сырья, из которого производятся животные белки.

Полученные экспериментальные результаты показали, что содержание коллагена в образцах, выработанных из свинины жилованной полужирной заметно ниже, чем у образцов, выработанных из говядины, что объясняется различием в аминокислотном составе свинины и говядины.

data on the chemical composition and their mathematical processing made it possible to reveal the linear dependence (Table 1), which reflected the closeness and depth of the relationship with the percentage of meat raw material replacement with animal proteins as the paired correlation coefficient, which was close by a module to 1, indicated a strong linear relationship between the resultant and factor variables.

Moisture binding capacity (MBC) of meat raw material is of high practical importance; it significantly influences such quality characteristics of finished meat products as consistency, storage stability and yield of finished products.

Moisture binding capacity is one of the most important indicators of raw sausage meat for cooked sausage products. As a result of the physico-chemical and colloid-chemical changes, which occur during the process of thermal treatment, a part of water and fat bound in raw sausage meat separates in a form of mass loss or broth-fat purge. An amount of moisture and fat held in minced meat characterizes the moisture holding (MHC) and fat holding (FHC) capacities; that is, the higher cooking losses, the lower the moisture holding capacity of minced meat.

Moisture binding capacity (MBC) depends not only on the total protein content, but also on its quality; with that, it is necessary to take into account an amount of fat. With an increase in fat mass, MBC reduces. In this connection, moisture binding capacity of the samples produced from trimmed beef of top grade is higher than in the samples produced from pork.

When animal proteins in the hydrated form were incorporated into minced beef in amounts of 10 and 20%, MBC of these samples was at the same level as in the control (75-78%); however, when the mass fraction of the incorporated proteins increased up to 30%, MBC reduced by 2% in contrast to the control sample.

When animal proteins in the hydrated form were incorporated into minced pork, MBC in the experimental samples was 57-58% when comparing them between each other and the control.

Moisture holding capacity (MHC) of minced meat has lower values compared to moisture binding capacity (MBC) as proteins denature during thermal treatment, which leads to loss of part of moisture. The MHC values of

**Table 1 Values of the paired correlation coefficients and regression equation**

Таблица 3. Жирнокислотный состав масел, входящих в состав исследуемых продуктов

Physico-chemical indicators   Физико-химические показатели	Trimmed beef of top grade   Говядина жилованная высшего сорта	
	Beef protein   Говяжий белок	Pork protein   Свиной белок
Moisture   Влага	$r=0.971; y=79.7+0.07x$	$r=0.955; y=79.67+0.065x$
Fat   Жир	$r=-0.866; y=2.13+0.005x$	$r=-1; y=2.4+0.01x$
Protein   Белок	$r=-1; y=16.6+0.08x$	$r=-0.971; y=15.6+0.035x$
Collagen   Коллаген	$r=0.989; y=0.7+0.0415x$	$r=0.972; y=0.94+0.0275x$
	Trimmed semi-fat pork   Свинина жилованная полужирная	
Moisture   Влага	$r=0.97; y=59.13+0.355x$	$r=1; y=64.7+0.17x$
Fat   Жир	$r=-0.976; y=25.73+0.295x$	$r=-0.931; y=21.07+0.125x$
Protein   Белок	$r=-0.933; y=11.37+0.03x$	$r=-0.918; y=11.5+0.04x$
Collagen   Коллаген	$r=0.999; y=0.72+0.021x$	$r=0.999; y=0.63+0.0135x$

В результате обработки экспериментальных данных методами корреляционно-регрессионного анализа была установлена прямолинейная взаимосвязь вида  $y=b+ax$  между процентом замены мясного сырья животным белком (говяжьим или свиным) и физико-химическими показателями мясного фарша (табл. 1).

Качество готовых продуктов находится в прямой зависимости от качества мясного фарша. Анализ экспериментальных данных по химическому составу и их математическая обработка позволили выявить прямолинейную зависимость (табл. 1), которая отражает тесноту и глубину связи между процентом замены мясного сырья животными белками, так как коэффициент парной корреляции близкий по модулю к 1 свидетельствует о сильной линейной связи между результирующими и факторными переменными.

Большое практическое значение имеет влагосвязывающая способность (ВСС) мясного сырья, она оказывает существенное влияние на такие качественные характеристики готовых мясных изделий, как консистенция, устойчивость при хранении, а также выход готовой продукции.

Влагосвязывающая способность является одним из важнейших показателей сырого фарша вареных колбасных изделий. В результате происходящих в процессе термической обработки физико-химических, коллоидно-химических изменений часть воды и жира, связанные в сыром фарше отделяются в виде потерь массы или в виде бульонно-жировых отеков. Количество удержанных в составе фарша влаги и жира характеризует влагоудерживающая (ВУС) и жирудерживающая (ЖУС) способности, т.е., чем больше термические потери, тем меньше влагоудерживающая способность фарша.

Влагосвязывающая способность (ВСС) образцов зависит не только от общего содержания белка, но и от его качества, при этом также необходимо учитывать количество жира. С увеличением массы жира ВСС снижается, в связи с этим у образцов, выработанных из говядины жилованной высшего сорта она выше, чем у образцов, выработанных из свинины.

При внесении в говяжий фарш животных белков в гидратированном виде в количестве 10 и 20% влагосвязывающая способность в этих образцах в сравнении с контрольным образцом была на одном уровне и составляла 75-78%, однако при увеличении массовой доли вносимых белков до 30% снижалась на 2% в отличие от контрольного образца.

При внесении в свиной фарш животных белков в гидратированном виде влагосвязывающая способность в опытных образцах в сравнении между собой и с контрольным образцом составляла 57-58%.

Влагоудерживающая способность (ВУС) фаршей имеет более низкие значения по сравнению с влагосвязывающей способностью (ВСС), так как белки при тепловой обработке денатурируют, что приводит к потере части влаги. Значения ВУС всех исследуемых образцов были на 7-9% ниже значений их влагосвязывающей способности. Потери при термической обработке исследуемых образцов

all tested samples were 7-9% lower than the MBC values. Cooking losses in the tested control and experimental samples with the hydrated animal protein content in amounts of 10 and 20% were at the same level and were equal to 10%; upon increasing the hydrated protein level up to 30%, the losses increased by 2%.

To establish the maximum allowable level of meat raw material replacement with animal proteins, the principle [22] was taken into account, which ensures high functional properties of minced meat (moisture and fat holding capacities). The principle is based on the fact that the highest binding of water in a mixture can be achieved at the specific fat:protein ratio, and the highest holding of fat at the specific moisture:protein ratio. Distortion of these ratios leads to the irrational use of protein.

The emulsifying capacity of protein is restricted; thus, the most optimal fat:protein ratio in homogenized minced meat is a range from 0.6:1.0 to 0.8:1.0. In the national practice, the optimal protein:fat:water ratio is considered to be at a level of 1:0.8:(3÷5).

The control of a muscle protein content in an emulsion is the main prerequisite for producing stable meat systems. A high content of total protein (both muscle and connective tissue) does not indicate a high level of the potential emulsifying capacity, as collagen in the native form does not take part in the process of fat absorption, emulsification and stabilization of emulsions. These functions are accomplished by muscle proteins.

As a result of the mathematical processing, it was established that the maximum allowable level of meat raw material replacement was 18% for beef and 22% for pork.

One of the main organoleptic characteristics is a product color. The color characteristics were determined for the instrumental evaluation of changes in minced meat color upon incorporation of animal proteins. Table 2 presents the indicators of color characteristics.

As can be seen from table 2, replacement of meat with 10% of the hydrated animal proteins (both beef and pork) in samples No. 1 led to an increase in lightness (L: 45.04 and 44.21) and an insignificant decrease in redness (a: 13.97 and 13.62) compared to the control and the value of yellowness remained at the level of the control sample.

Samples No 2 (both with beef and pork) showed a significant decrease in redness and insignificant decrease in yellowness; while the value of lightness increased.

A sharp decrease in redness (a: 9.87 and 9.31) was observed in samples No.3 produced with 30% of hydrated animal proteins; while lightness and yellowness significantly increased compared to the control and experimental samples.

The obtained results of the instrumental investigation of minced meat color showed that incorporation of the hydrated animal proteins in an amount of up to 10% decreased redness by 3%, which was undetectable in organoleptic assessment.

According to the experimental data, the adequate models were built for the changes in mass fraction of moisture, fat, protein and collagen (Table 1) in replacement of meat raw material with animal proteins (beef and pork). The diagrams for several models are presented in Fig. 3.

у контрольных и опытных образцов с содержанием гидратированного животного белка в количествах 10 и 20% были на одном уровне и составили 10%, при увеличении гидратированного белка до 30% потери увеличивались на 2%.

Для установления предельно допустимого уровня замены мясного сырья животными белками был учтен принцип [22], обеспечивающий высокие функциональные свойства мясного фарша (влаго- и жирудерживающая способность). Принцип основывается на том, что наибольшего связывания воды в смеси можно достичь при определенном соотношении жир : белок, а наибольшего удержания жира – при определенном соотношении влага : белок. Нарушение этих соотношений приводит к нерациональному использованию белка.

Эмульгирующая способность белка ограничена, поэтому наиболее рациональным соотношением жир:белок в гомогенизированных фаршах является диапазон от 0,6:1,0 до 0,8:1,0. В отечественной практике принято считать оптимальным соотношение белок:жир:вода равное 1:0,8:(3÷5).

Контроль за содержанием мышечного белка в эмульсии – главное условие получения стабильных мясных систем. Высокое содержание общего белка (и мышечной и соединительной ткани) еще не свидетельствует о высоком уровне потенциальной эмульгирующей способности, так как коллаген в нативном виде не участвует в процессе жиропоглощения, эмульгирования и стабилизации эмульсий. Эти функции выполняют только мышечные белки.

В результате математического расчета было получено, что предельно допустимый уровень замены мясного сырья составляет 18% для говядины и 22% для свинины.

Одной из основных органолептических характеристик является цвет продукта. Для инструментальной оценки изменения цвета фарша при внесении животных белков были определены цветовые характеристики. В табл. 2 представлены показатели цветовых характеристик.

A comparative analysis of the obtained models and constructed diagrams allows suggesting almost full identity of the models and, as a consequence, using some averaged models in the prediction tasks.

Product quality assurance consists of the minimal deviation from the specified (set) structure of the physicochemical indicators determining food value

$$P(z) = \sum_{i=1}^n \left( z_i^0 - \sum_{j=1}^m b_{ij} x_j \right)^2 \rightarrow \min$$

where  $x_j$  = mass fraction of the  $j^{\text{th}}$  recipe component;  
 $b_{ij}$  = proportion of the  $i^{\text{th}}$  element of the chemical composition in the  $j^{\text{th}}$  recipe component of a product under design, %;

$z_i^0$  = content of the  $i^{\text{th}}$  element of food value, % according to GOST, TU and TI.

As a result of the mathematical processing, it was established that the maximum allowable level of meat raw material replacement was 18% for beef and 22% for pork.

The accumulated experimental and statistical material is intended for creation of a bank of simulation models enabling analysis and prediction of changes in a meat system when replacing meat raw material with animal proteins.

The present work demonstrates the first stage of investigations, where the experiments were carried out separately on beef and pork. However, in cooked sausage production, the industry uses, as a rule, different percent ratios of these kinds of meat raw material. Therefore, the next stage of the work will be directed towards development of a model, which would allow selection of an adequate ratio of the specified kinds of raw material with animal proteins (beef and pork).

Table 2 – Color characteristics in the samples of minced meat  
 Таблица 2 – Цветовые характеристики в образцах фарша

Samples   Наименование образцов	Color characteristics   Цветовые характеристики		
	L (lightness)   L-светлота	a (redness)   a-краснота	b (yellowness)   b-желтизна
Arbitrary units of color   Условные единицы цвета			
Control 1   Контроль 1	43.21	14.40	15.49
Experiment 1 with beef protein   Опыт № 1 с говяжьим белком	45.04	13.97	15.98
Experiment 2 with beef protein   Опыт № 2 с говяжьим белком	44.69	11.64	14.99
Experiment 3 with beef protein   Опыт № 3 с говяжьим белком	46.48	9.87	15.43
Experiment 1 with pork protein   Опыт № 1 со свиным белком	44.21	13.62	14.77
Experiment 2 with pork protein   Опыт № 2 со свиным белком	43.65	11.32	14.48
Experiment 3 with pork protein   Опыт № 3 со свиным белком	46.04	9.31	16.60

Как видно из табл. 2, замена мяса 10% гидратированного животного белка, как говяжьего, так и свиного в образцах №1, вызывает увеличение показателя светлости ( $L = 45,04$  и  $44,21$ ) и незначительное снижение показателя красноты ( $a = 13,97$  и  $13,62$ ), по сравнению с контролем, а показатель желтизны остается на уровне контрольного образца.

Образцы № 2 (с говяжьим и свиным белком) имеют значительное снижение показателя красноты и незначительное желтизны, а показатель светлости увеличивается.

Резкое снижение показателя красноты ( $a = 9,87$  и  $9,31$ ) наблюдается в образцах №3, выработанных с 30% гидратированных животных белков, и значительно возрастают показатели светлоты и желтизны по сравнению с контрольным и опытными образцами.

Полученные результаты инструментального исследования цвета фарша показали, что внесение гидратированного животного белка в количестве до 10% на 3% снижает показатель красноты, что неуловимо при органолептической оценке.

По экспериментальным данным были построены адекватные модели по изменению массовой доли влаги, жира, белка и коллагена (табл. 1) при замене мясного сырья животными белками (говяжьими и свиными). Графики некоторых моделей представлены на рис. 3

Сравнительный анализ полученных моделей и построенных графиков позволяет говорить о почти полной идентичности моделей и, как следствие, использовать в прогнозных задачах некоторые усредненные модели.

Обеспечение качества продукции заключается в минимальном отклонении от заданной (установленной) структуры физико-химических показателей, определяющих пищевую ценность

$$P(z) = \sum_{i=1}^n \left( z_i^0 - \sum_{j=1}^m b_{ij} x_j \right)^2 \rightarrow \min$$

где  $x_j$  - массовая доля  $j$ -го компонента рецептуры;  
 $b_{ij}$  - удельное содержание  $i$ -го элемента химического состава в  $j$ -ом рецептурном компоненте проектируемого продукта, %;

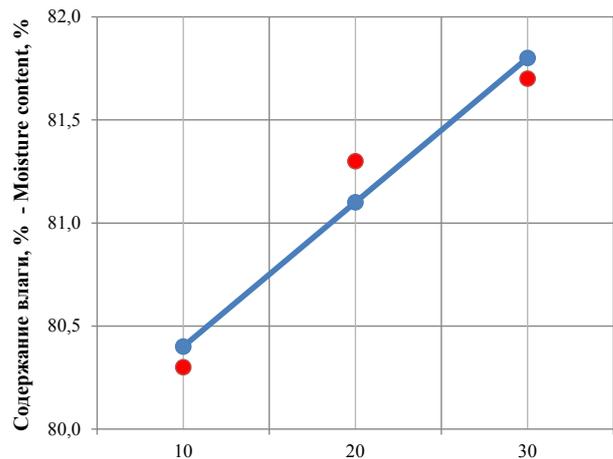
$z_i^0$  - содержание  $i$ -го элемента пищевой ценности, % согласно ГОСТ, ТУ и ТИ.

В результате математической обработки было установлено, что предельно допустимый уровень замены мясного сырья составляет 18% для говядины и 22% для свинины.

Накапливаемый экспериментальный и статистический материал предназначен для создания банка имитационных моделей, позволяющих анализировать и прогнозировать изменение мясной системы при замене мясного сырья животными белками.

В настоящей работе показан первый этап исследований, где опыты проводились отдельно на говядине и свинине. Однако промышленности при изготовлении вареных колбасных изделий, как правило, используются различные процентные соотношения этих видов мясного сырья. Поэтому следующий этап работы будет направлен на разработку модели, которая позволила бы подобрать адекватные соотношения указанных видов сырья с животными белками (говяжьими и свиными).

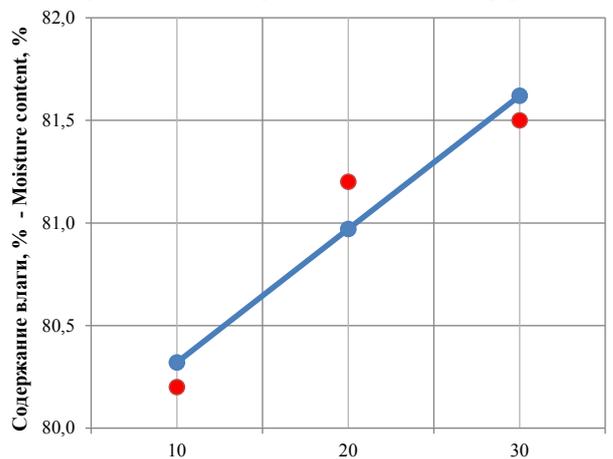
Контрольный образец 1 говядина жилованная высшего сорта – Control sample 1 trimmed beef of top grade



Процент замены мясного сырья говяжьим животным белком – percent of replacement of meat raw material with beef protein

● Расчетное значение - Calculated value  
● Экспериментальное значение - experimental value

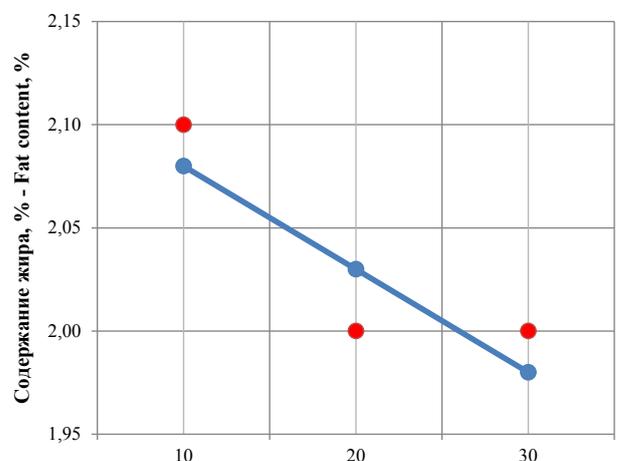
Контрольный образец 1 говядина жилованная высшего сорта – Control sample 1 trimmed beef of top grade



Процент замены мясного сырья свиным животным белком – percent of replacement of meat raw material with pork protein

● Расчетное значение - Calculated value  
● Экспериментальное значение - experimental value

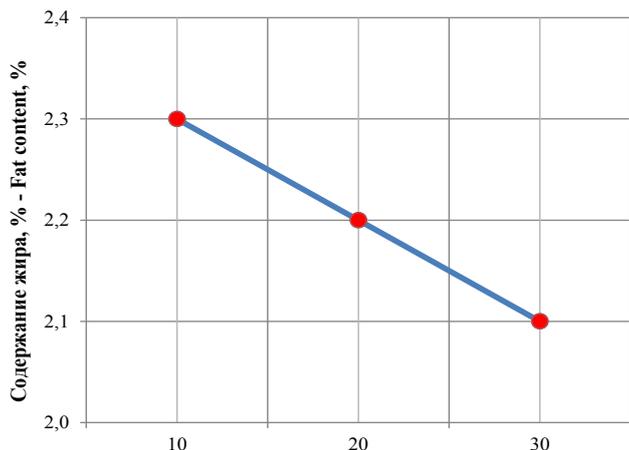
Контрольный образец 1 говядина жилованная высшего сорта – Control sample 1 trimmed beef of top grade



Процент замены мясного сырья говяжьим животным белком – percent of replacement of meat raw material with beef protein

● Расчетное значение - Calculated value  
● Экспериментальное значение - experimental value

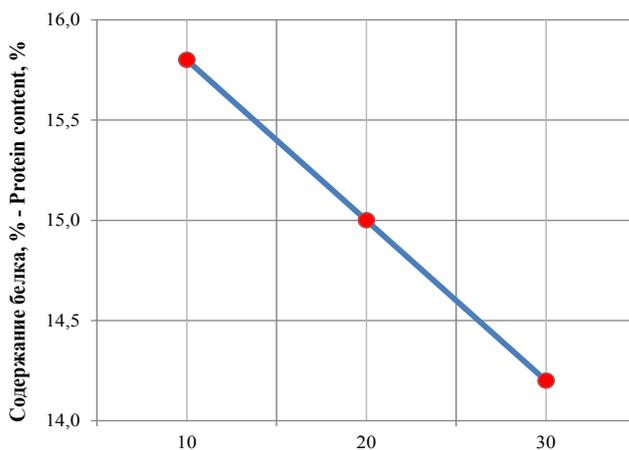
Контрольный образец 1 говядина жилованная высшего сорта – Control sample 1 trimmed beef of top grade



Процент замены мясного сырья свиным животным белком – percent of replacement of meat raw material with pork protein

● Расчетное значение - Calculated value  
● Экспериментальное значение – experimental value

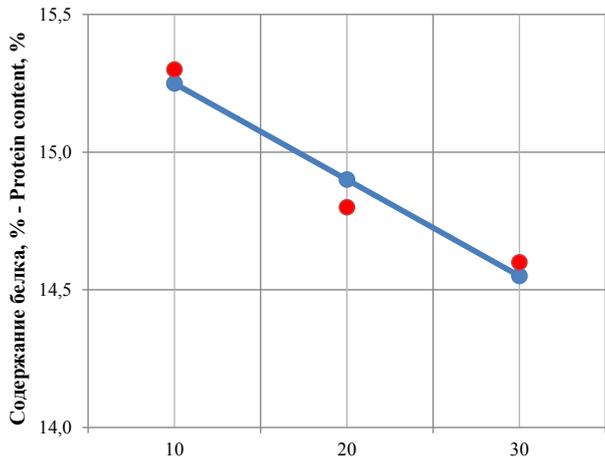
Контрольный образец 1 говядина жилованная высшего сорта – Control sample 1 trimmed beef of top grade



Процент замены мясного сырья говяжьим животным белком – percent of replacement of meat raw material with beef protein

● Расчетное значение - Calculated value  
● Экспериментальное значение – experimental value

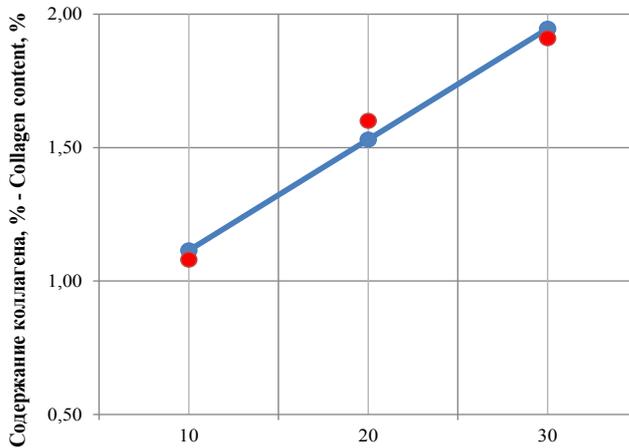
Контрольный образец 1 говядина жилованная высшего сорта – Control sample 1 trimmed beef of top grade



Процент замены мясного сырья свиным животным белком – percent of replacement of meat raw material with pork protein

● Расчетное значение - Calculated value  
● Экспериментальное значение – experimental value

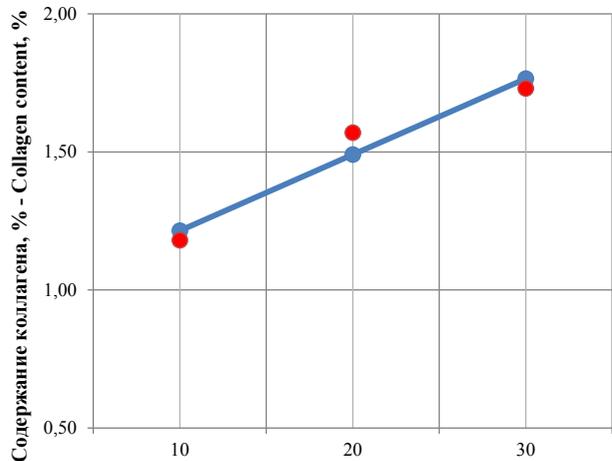
Контрольный образец 1 говядина жилованная высшего сорта – Control sample 1 trimmed beef of top grade



Процент замены мясного сырья свиным животным белком – percent of replacement of meat raw material with pork protein

● Расчетное значение - Calculated value  
● Экспериментальное значение – experimental value

Контрольный образец 1 говядина жилованная высшего сорта – Control sample 1 trimmed beef of top grade



Процент замены мясного сырья свиным животным белком – percent of replacement of meat raw material with pork protein

● Расчетное значение - Calculated value  
● Экспериментальное значение – experimental value

Fig.3. Comparison of the experimental and calculated indicators  
Рис.3. Сопоставление экспериментальных и расчетных показателей

Таким образом, в ходе исследований изучено влияние животных белков (говяжьих и свиных) на физико-химические и функционально-технологические показатели мясного фарша, получены стохастические зависимости с помощью методов математического и статистического анализа, а также определены максимально допустимые пределы замены мясного сырья. Сформирован банк математических моделей, позволяющий прогнозировать качество мясных изделий с учетом характеристик исходного сырья и процента замены белками животных (говяжьих и свиных).

### **Выводы**

Применение стратегии системного анализа технологических процессов открывает широкие возможности в решении задач прогнозирования свойств, явлений, процессов и систем, их оптимизации и управления, нахождения новых эффективных технических решений в условиях, когда применение традиционных методов встречает непреодолимые трудности.

Анализ современного рынка отметил недостаточную насыщенность программного обеспечения для прогнозирования сложных многокомпонентных систем с учетом совокупности физико-химических, функционально-технологических показателей и структурно-механических свойств.

По мнению авторов, именно расширение возможностей оптимизационных программных средств позволит выйти на качественно новый уровень в разработке пищевых продуктов с заданным химическим составом, функционально-технологическими свойствами и потребительскими характеристиками.

### **Благодарность**

Авторы считают приятным долгом выразить благодарность д.т.н., проф. Чернухе И.М. за обсуждение и критические замечания, способствующие улучшению статьи.

Thus, during the research, the influence of animal proteins (beef and pork) on the physico-chemical and functional-technological indicators of minced meat were studied, the stochastic dependencies were obtained using the methods of the mathematical and statistical analysis, and the maximum allowable levels of meat raw material replacement with animal proteins were established. A bank of the mathematical models was formed, which enables predicting meat product quality with consideration for the characteristics of the initial raw material and a percent of replacement with animal proteins (beef and pork).

### **Conclusion**

The use of the strategy of the systemic analysis of the technological processes opens wide possibilities in solving the tasks of prediction of properties, phenomena, processes and systems, their optimization and management, finding out new effective technical solutions in the conditions when the use of the traditional methods faces unconquerable difficulties.

An analysis of the modern market revealed insufficient saturation with the software for predicting complex multicomponent systems with consideration for a set of physico-chemical and functional-technological indicators, as well as structural-mechanical properties.

In the authors' opinion, it broadens options for the software optimization that will allow us to achieve a totally new level in the development of food products with specified chemical compositions, functional-technological properties and consumer characteristics.

### **Acknowledgement**

The authors thank doctor of technical sciences, prof. Irina M. Chernukha for discussion and critical comments that led to an improvement of the article.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кафаров, В.В. Системный анализ процессов химической технологии. // В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Э.М. Колцова – М.: Наука, 1988. – 367 с. (119-208)
2. Ивашкин, Ю.А. Решение некоторых задач моделирования и оптимизации в биотехнологии // Ю.А. Ивашкин, А.В. Бородин / Теоретические основы химической промышленности. – 1996. – Т.30, № 4. – с. 440-446.
3. Ивашкин, Ю.А. Моделирование производственных процессов в мясной и молочной промышленности // Ю.А. Ивашкин, И.И. Протопопов, А.В. Бородин – М.: Агропромиздат. – 1987. – 256 с.
4. Косой, В.Д. Инженерная реология в производстве колбас // В.Д. Косой, А.Д. Мальшев, С.Б. Юдина – М.: КолосС, 2005. – 264 с.
5. Горбатов, А.В. Реология мясных и молочных продуктов // А.В. Горбатов – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.
6. Жаринов, А.И. Проектирование комбинированных продуктов питания // А.И. Жаринов, Ю.А. Ивашкин / Все о мясе. – 2004. - № 2. – с. 16-21.
7. Жаринов, А.И. Проектирование комбинированных продуктов питания // А.И. Жаринов, Ю.А. Ивашкин / Все о мясе. – 2004. - № 3. – с. 6-15.
8. Лисин, П.А. Компьютерные технологии в рецептурах расчета молочных продуктов / П.А. Лисин. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 102 с.
9. Сатина, О.В. Информационные технологии проектирования продуктов геронтологического питания // О.В. Сатина, С.Б. Юдина / Мясная индустрия. – 2010, № 6. – с. 56-58.
10. Муратова, Е.И. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания : учеб. пособие // Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, С.И. Дворецкий и др. – Тамбов: ТГТУ, 2011. – 80 с.
11. Борисенко, А.А. Алгоритмы и комплекс программ для разработки рецептур и оценки качества нутриентной сбалансированности поликомпонентных пищевых продуктов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / А.А. Борисенко – Ставрополь, 2006. – 24 с.
12. Бессонова, Л.И. Теория и практика управления качеством пищевых продуктов на основе системы прослеживаемости : автореф. дисс. ... докт. техн. наук / Л.И. Бессонова – М., 2009. – 58 с.
13. Краснов, А.Е. Информационные технологии пищевых производств в условиях неопределенности // А.Е. Краснов, О.Н. Красуля О.В. Большаков и др. – М.: ВНИИМП, 2001. – 496 с. (329-392)
14. Николаева, С.В. Системный анализ многокомпонентных пищевых объектов и технологий в условиях информационной неопределенности : автореф. дисс. ... докт. техн. наук / С.В. Николаева – М., 2013. – 56 с.
15. Kostenko, Yu.G. System of safety security and increase in efficiency of meat products manufacture using computer technologies // Yu.G. Kostenko, G.I. Solodovnikova, I.I. Protopopov et al / int. congress of meat science technology (49, 2003, Brazil), Campinas. P. 325-326.
16. Давыдов, А.А. Имитационное моделирование динамики взаимодействия популяций микроорганизмов в технологиях производства сырокопченых колбас : автореф. Дисс. ... канд. техн. наук / А.А. Давыдов. – М., 2004. – 24 с.
17. Фомушкин, В.И. Компьютерное прогнозирование рисков контаминации популяциями микроорганизмов мясного сырья в процессе хранения // В.И. Фомушкин, А.В. Бородин, И.Г. Благовещенский и др. / Хранение и переработка сельхозсырья – 2015. - № 7. – с. 12-16.
18. Бородин, А.В. Управление качеством и безопасностью ферментированных мясopодуKтов в процессе изготовления // А.В. Бородин / Мясные технологии. – 2015. - № 12. – с. 54-56.
19. Ishikawa Kaoru, Ishikawa Kaoru, Lu David J. What is Total Quality Control? The Japanese Way – Prentice Hall, 1988. – 240 p.
20. Ishikawa Kaoru Guide to Quality Control (Industrial engineering & technology). – Quality Resources, 1986. – 226 p.
21. Клячкин, В.Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии // В.Н. Клячкин. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 304 с.
22. Горбатов, В.М. Повышение функциональных свойств колбас путем оптимизации их рецептуры // В.М. Горбатов, Р.М. Салаватуллина, Г.П. Горошко, В.И. Любченко / Мясная индустрия СССР. – 1984. - № 12. – с. 20-21

## REFERENCES

1. Kafarov, V.V. Systemic analysis of the processes of the chemical technology. // V.V.Kafarov, I.N. Dorokhov, E.M. Koltseva – M.: Nauka, 1988. – 367 pages (119-208)
2. Ivashkin, Yu. A. Solution of several tasks on modeling and optimization in biotechnology // Yu.A. Ivashkin, A.V. Borodin/ Theoretical basis of the chemical industry. – 1996. – Vol.30, No. 4. – pp. 440-446.
3. Ivashkin, Yu. A. Modeling of the production processes in meat and dairy industry // Yu.A. Ivashkin, I.I. Protopopov, A.V. Borodin– M.: Agropromizdat. – 1987. – 256 pages.
4. Kosoi, V.D. Engineering rheology in sausage production // V.D. Kosoi, A.D. Malyshev, S.B. Yudina – M.: KolosS, 2005. – 264 pages
5. Gorbатов, A.V. Rheology of meat and dairy products // A.V. Gorbатов– M.:Food industry, 1979. – 383 pages.
6. Zharinov, A.I. Design of combined food products // A.I. Zharinov, Yu.A. Ivashkin / All about meat. – 2004. – No. 2. – pp. 16-21.
7. Zharinov, A.I. Design of combined food products // A.I. Zharinov, Yu.A. Ivashkin / All about meat. – 2004. – No. 3. – pages 6-15.
8. Lisin, P.A. Computer technologies in the recipe calculations of dairy products / P.A. Lisin – M.: DeLi Print, 2007. – 102 pages
9. Satina, O.V. Information technologies of designing products of gerontological nutrition // O.V. Satina, S.B. Udina / Meat Industry. – 2010, No. 6. – pp. 56-58.
10. Muratova, E.I. Automated design of complex multicomponent food products: textbook // E.I. Muratova, S.G. Tolstykh, S.I. Dvoretzky et al. – Tambov: TGTU, 2011. – 80 pages.
11. Borisenko, A.A. Algorithms and a complex of programs for development of recipes and quality assessment of nutrient balance of polycomponent food products: author's abstract of the dissertation for a degree of the candidate of technical sciences / A.A. Borisenko– Stavropol, 2006. – 24 pages.
12. Bessonova, L.I. Theory and practice of food quality management on the basis of the traceability system: author's abstract of the dissertation for a degree of the doctor of technical sciences/ L.I. Bessonova– M., 2009. – 58 pages.
13. Krasnov, A.E. Information technologies of food productions in the conditions of uncertainty // A.E. Krasnov, O.N. Krasulya, O.V. Bolshakov et al. – M.: VNIIMP, 2001. – 496 pages (329-392)
14. Nikolaeva, S.V. Systemic analysis of the multicomponent food objects and technologies in the conditions of the informational uncertainty: author's abstract of the dissertation for a degree of the doctor of technical sciences / S.V. Nikolaeva– M., 2013. – 56 pages.
15. Kostenko, Yu.G. System of safety and increase in efficiency of meat products manufacture using computer technologies // Yu.G. Kostenko, G.I. Solodovnikova, I.I. Protopopov et al. / 49th International Congress of Meat Science and Technology (2003, Brazil), Campinas. pp. 325-326.
16. Davidov, A.A. Simulation modeling of interaction dynamics of microorganism populations in the technologies of uncooked smoked sausage production: author's abstract of the dissertation for a degree of the candidate of technical sciences // A.A. Davidov– M., 2004. – 24 pages
17. Fomushkin, V.I. Computer Prediction of Risks of Contamination of Populations of Microorganisms During Storage of Raw Meat// V.I. Fomushkin, A.V. Borodin, I.G. Blagoveshensky et al. / Storage and processing of farm products – 2015. – No. 7. – pp. 12-16.
18. Borodin, A.V. Quality and safety management of fermented meat products during production // A.V. Borodin, / Meat technologies. – 2015. – No.12. – pp. 54-56.
19. Ishikawa Kaoru, Ishikawa Kaoru, Lu David J. What is Total Quality Control? The Japanese Way – Prentice Hall, 1988. – 240 p.
20. Ishikawa Kaoru Guide to Quality Control (Industrial engineering & technology). – Quality Resources, 1986. – 226 p.
21. Klyachkin, V.N. Statistical methods in quality management: computer technologies// V.N. Klyachkin. – M.: Finances and statistics, 2007. – 304 pages.
- 22.22. Gorbатов, V.M. Increasing the functional properties of sausages by optimization of their recipe// V.M. Gorbатов, R.M. Salavatulina, G.P. Goroshko. V.I. Lubchenko/ Meat industry of the USSR. – 1984. – No. 12. – pp. 20-21

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

## Принадлежность к организации

**Лисицын Андрей Борисович** – академик РАН, доктор технических наук, профессор, Директор ФГБНУ «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

**Никитина Марина Александровна** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, руководитель направления Информационные технологии Центра «Экономико-аналитические исследования и информационные технологии» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.  
Тел.: +7(495)676-92-14 e-mail: nikitinama@vniimp.ru

**Захаров Александр Николаевич** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Заместитель директора по экономическим связям и маркетингу ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.  
Тел.: +7(495)676-66-91 e-mail: azakharov@vniimp.ru

**Сусь Егор Борисович** – кандидат технических наук, Руководитель Центра «Экономико-аналитические исследования и информационные технологии» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.  
Тел.: +7(495)676-74-31 e-mail: suseb@vniimp.ru

**Насонова Виктория Викторовна** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления Технологии колбас, полуфабрикатов и упаковки Отдела «Научно-прикладных и технологических разработок» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.  
Тел.: +7(495)676-61-61 e-mail: vvnasonova@gmail.com

**Лебедева Людмила Ивановна** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник направления Технологии колбас, полуфабрикатов и упаковки Отдела «Научно-прикладных и технологических разработок» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.  
Тел.: +7(495)676-73-61  
e-mail: ludalebedeva52@bk.ru

## Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы. Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 25.02.2016

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

## Affiliation

**Lisitsyn Andrey Borisovich** – doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Director of FGBNU The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: +7 (495) 676-95-11 e-mail: info@vniimp.ru

**Nikitina Marina Aleksandrovna** – candidate of technical sciences, docent, leading scientific worker, the Head of the Direction of Information Technologies of the Center of Economic and Analytical Research and Information Technologies of FGBNU The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: +7(495)676-92-14  
e-mail: nikitinama@vniimp.ru

**Zakharov Aleksandr Nikolaevich** – candidate of technical sciences, senior scientific worker, Deputy Director for Economic Relations and Marketing of FGBNU The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: +7(495)676-66-91  
e-mail: azakharov@vniimp.ru

**Sus Egor Borisovich**, candidate of technical sciences, the Head of the Center of Economic and Analytical Research and Information Technologies of FGBNU The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: +7(495)676-74-31  
e-mail: suseb@vniimp.ru

**Nasonova Victoria Victorovna** – candidate of technical sciences, leading scientific worker, the Head of the Direction of Technology of Sausage Products, Semi-Finished Products and Packaging of the Department of Scientific Applied and Technological Developments of the FGBNU The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: +7(495)676-61-61  
e-mail: vvnasonova@gmail.com

**Lebedeva Lyudmila Ivanovna** – candidate of technical sciences, leading scientific worker of the Direction of Technology of Sausage Products, Semi-Finished Products and Packaging of the Department of Scientific Applied and Technological Developments of FGBNU The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Ph.: +7(495)676-73-61  
e-mail: ludalebedeva52@bk.ru

## Contribution

All authors are responsible for the work and presented information. Authors have made an equal contribution to this work

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 25. 02.2016