

# 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:** овариэктомию 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

**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, 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 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

### 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).

### 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 ферромонов, выделяемых хрячками в период полового возбуждения (запаха 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 C 19-A 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 ( $p < 0.01$ ) 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, отыскивали 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 исследования 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 (Поздняковский 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. (Поздняковский 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  $t=105\text{ }^{\circ}\text{C}$  по ГОСТ Р 51479-99 (ISO 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  $t=500-700\text{ }^{\circ}\text{C}$  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 (ISO 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.:

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

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

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

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

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

$L_{\Sigma i}$  – 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. Используемый 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 аминogramме, 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.:

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

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

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

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

$L_i$  – mass fraction of the  $i^{\text{th}}$  fatty acid in raw material, g/100 g of fat;

$L_{\Sigma i}$  – mass fraction of the  $i^{\text{th}}$  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. Gorbатов 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  $0.5 \pm 0.006$  mkmol/ml. 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, mm<sup>2</sup>;

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

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

$m$  – mass of a sample, g;

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

$V_2$  – volume of an injected sample,  $\mu$ 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 ( $n_j$ ) 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. Gorbato 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.

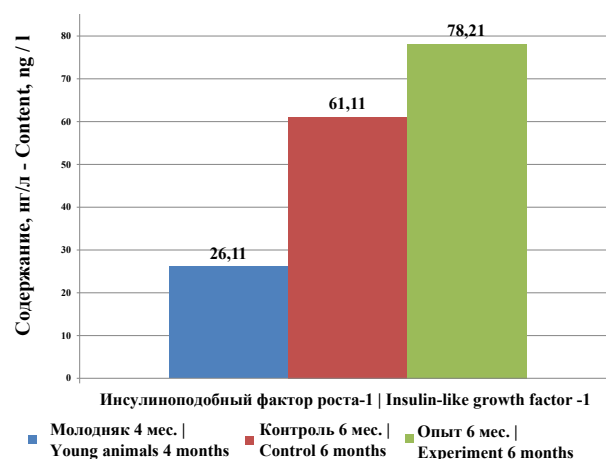


Рис. 1 – Содержание ИФР-1 в сыворотке крови свинок породы дюрок контрольной и опытной групп (n=10), нг/л  
Figure 1 - The content of IGF-1 in blood serum of the Duroc pigs in control and experimental groups (n = 10), ng/l

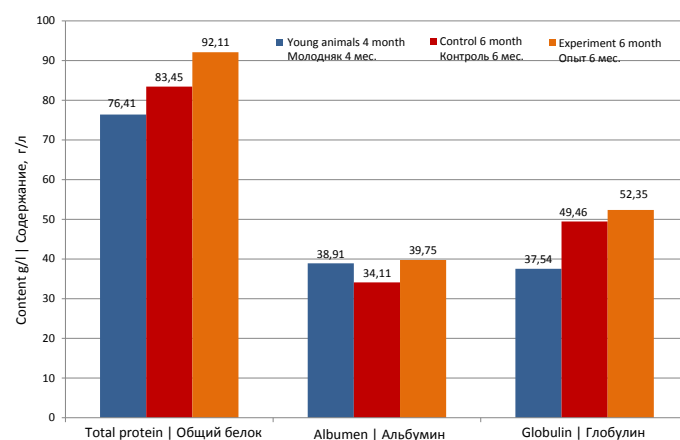


Рис. 2 – Белковый состав в сыворотке крови свинок породы дюрок контрольной и опытной групп (n=10), г/л  
Figure 2 - The protein composition in blood serum of the Duroc pigs in control and experimental groups (n = 10), g/l

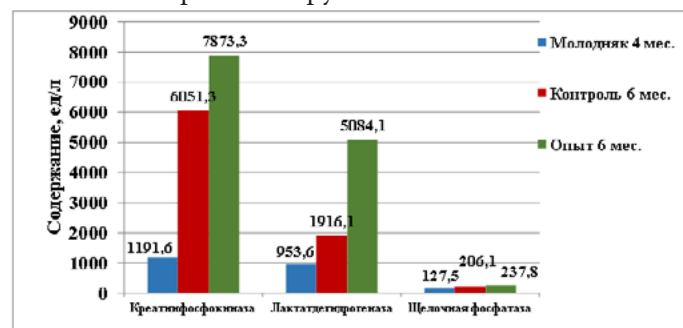


Рис. 3 – Активность ферментов в сыворотке крови свинок породы дюрок контрольной и опытной групп (n=10), ед/л  
Figure 3 - The enzyme activity in blood serum of the Duroc pigs in control and experimental groups (n = 10), U/L

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. 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 свиней породы дюрок ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

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)

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%;

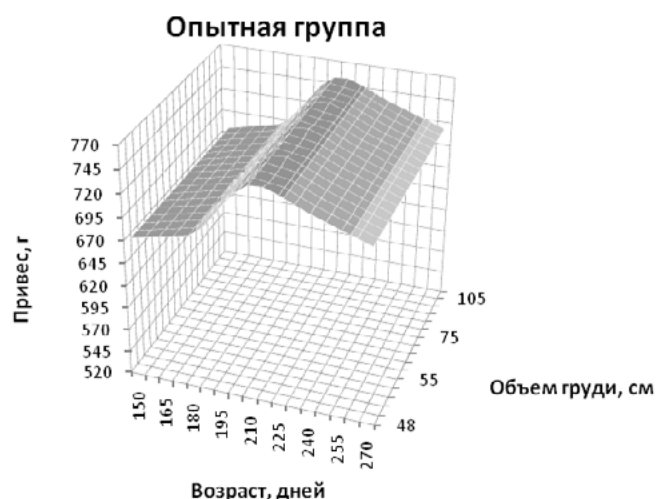


Рис. 6 – Динамика среднесуточных привесов живой массы свинок в опытной группе

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

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).

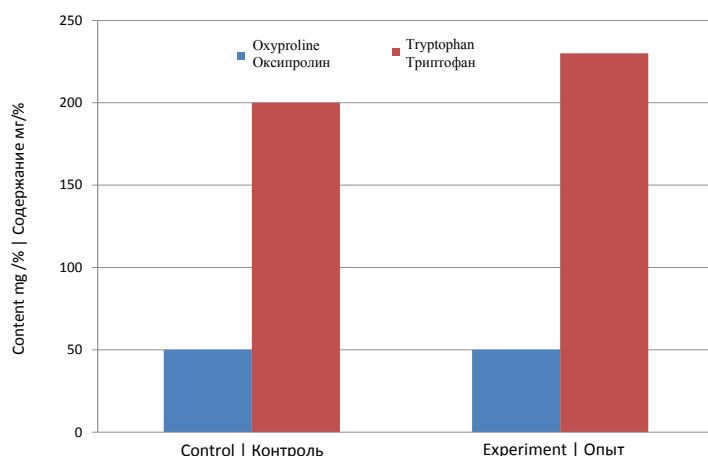


Рис. 7 – Содержание оксипролина и триптофана в исследуемых образцах *m. longissimus dorsi* свиней, мг/%

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
Serin   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 группы 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, маргариновой, стеариновой, арахидиновой) выше подопытной – повышенное содержание ННЖК (олеиновой, линолевой, эйкозодиеновой, арахидиновой кислот).

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

The results of the experiments show that the total amino acid content in the samples of pork from the experimental and control groups was in the range from 19160.405 to 19712.385 mg / 100 g (Table 6). In the experimental meat samples, the content of the essential amino acids (EAA) was higher by 29.2 mg / 100 g of the edible part of a product, the content of lysine by 343.81 mg / 100 g of the edible part of a product.

In the analyzed pork samples, the amino acid index EAA/NEAA (EAA- essential amino acids, NEAA – non-essential amino acids) on average was 0.58-0.59; in the pork samples of the control and experimental groups it was 0.37.

The sum of amino acids in meat of the animals from the control group was 19712.385 mg/100 g, in meat of the animals from the experimental group it was 19160.405 mg/100 g. Protein contained all essential amino acids in both meat samples.

Meat of the sterilized pigs had a better biological value as it contained more essential amino acids (by 6.6 - 18.63%) compared to the meat of the control animals. The study showed that in the meat samples of the control

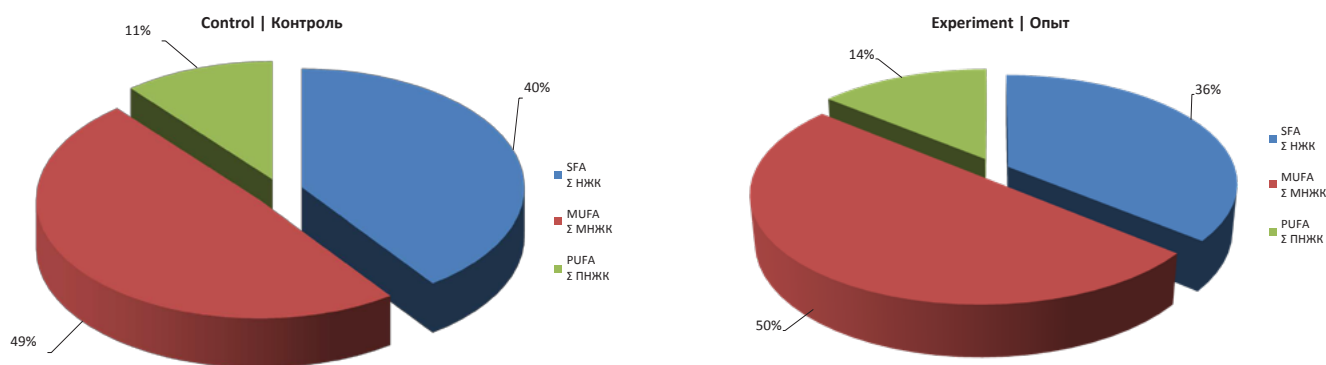


Рис. 8 – Суммарное содержание жирных кислот в свинине, % от суммы жирных кислот  
Figure 8 - The total content of fatty acids in pork, % of total fatty acids

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 свиней 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).

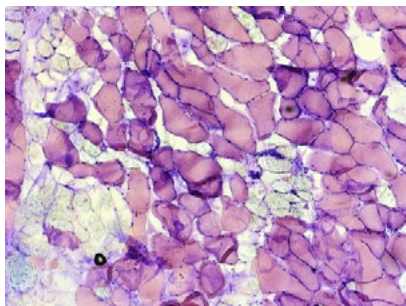


Рисунок 9 – Поперечный срез (*m. longissimus dorsi*) контрольных свиней. Об. 10х  
Figure 9 - A cross section of meat from the control pigs

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.

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).

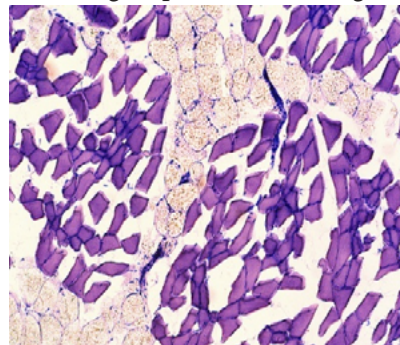


Рисунок 10 – Поперечный срез (*m. longissimus dorsi*) опытных свиней. Об. 10х  
Figure 10 - A cross section of meat from the experimental pigs

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.

## 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./

## 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. Grodzyski, 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. Grodzyski, 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 FSBEH 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 FSBEH 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 FSBEH 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 FSBEH 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