

# 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 caloricity 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 (эталоны), 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   Маргариновая	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   Маргаролевая	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   Арахидовая	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   Лигноцериновая	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

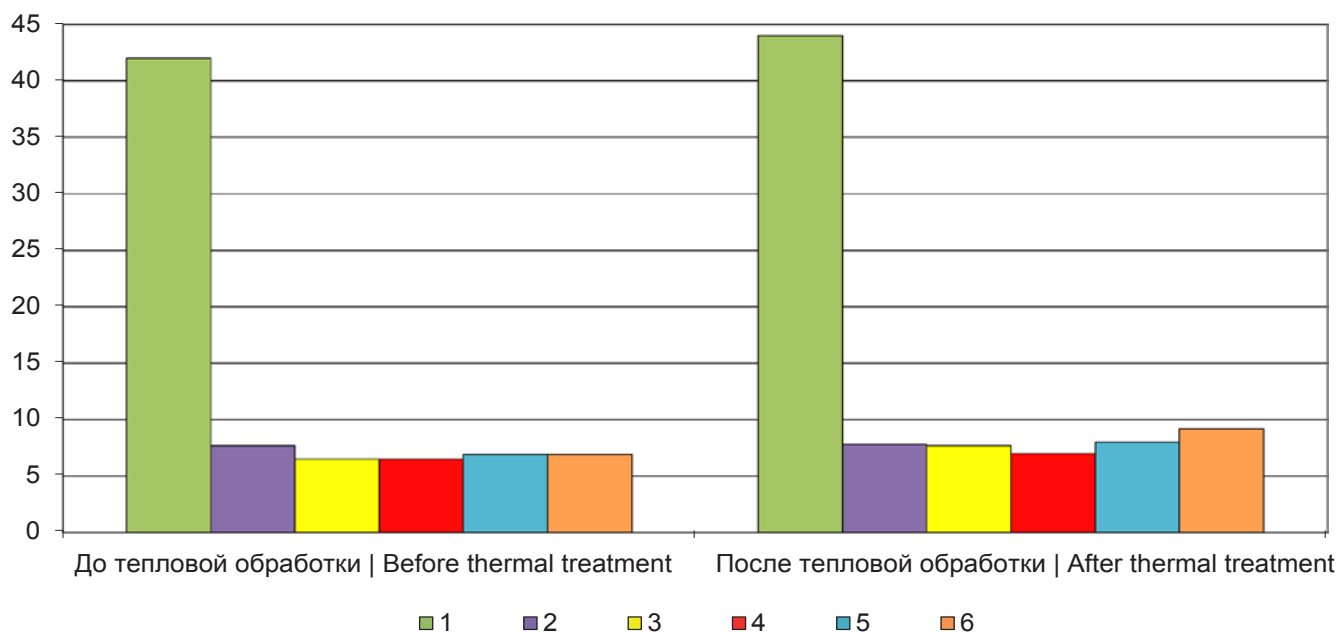


Fig. 1 The omega 6:omega-3 ratio in minced meat before and after thermal treatment.

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 сливочное 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   Пентадеценовая	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