

УДК 637.522

Поступила в редакцию 26.02.2020
Received 26.02.2020**С.А. Гордынец, Л.А. Чернявская, В.М. Напреенко***Институт мясо-молочной промышленности, г. Минск, Республика Беларусь***ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЛЬНЯНОЙ МУКИ,
КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ИНГРЕДИЕНТА В СОСТАВЕ МЯСНЫХ
ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Аннотация. В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по изучению аминокислотного и жирнокислотного составов льняной муки, как перспективного ингредиента для изготовления мясных продуктов (вареных колбасных изделий и мясных полуфабрикатов). Установлено, что льняная мука характеризуется более высокой аминокислотной сбалансированностью, чем пшеничная мука. Для пшеничной муки индекс незаменимых аминокислот составил 0,53, коэффициент утилитарности аминокислотного состава — 0,05, показатель сопоставимой избыточности — 6,81; для льняной муки, соответственно, — 1,07, 0,33 и 0,58. Отмечено более высокое содержание в льняной муке α -линоленовой кислоты (больше в 11 раз), относящейся к семейству омега-3 полиненасыщенных жирных кислот. Таким образом, льняная мука может быть рекомендована для использования в составе мясных изделий для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний в качестве функционального компонента.

Ключевые слова: льняная мука, пшеничная мука, биологическая ценность, незаменимые аминокислоты, жирные кислоты, сбалансированность, мясные продукты

S.A. Gordynets, L.A. Charniauskaya, V.M. Napreenko*Institute of Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus***STUDYING THE BIOLOGICAL VALUE OF FLAX FLOUR AS A PROMISING
INGREDIENT IN THE COMPOSITION OF MEAT PRODUCTS FOR
PREVENTION OF CARDIOVASCULAR DISEASES**

Abstract. The article presents the results of research work on the amino acid and fatty acid composition of flax flour as a promising ingredient for meat products manufacturing (cooked sausages and semi-finished meat products). It was found that flax flour is characterized by a higher amino acid balance than wheat flour. For wheat flour, the essential amino acid index was 0,53, the utilitarian coefficient of the amino acid composition was 0,05, and the indicator of comparable redundancy was 6,81; for flax flour, respectively, 1,07, 0,33 and 0,58. A higher content of α -linolenic acid in flax flour (11 times more), belonging to the omega-3 family of polyunsaturated fatty acids, was noted. In this way, flax flour can be recommended for the use as a functional component in the composition of meat products for prevention of cardiovascular diseases.

Keywords: flax flour, wheat flour, biological value, essential amino acids, fatty acids, balance, meat products

Одним из основных факторов, определяющих здоровье человека, является питание. Для нормального функционирования организма, поддержания хорошего самочувствия и работоспособности организма оно должно быть полноценным. Именно нарушение пищевого статуса в наибольшей степени оказывает влияние на развитие сердечно-сосудистых заболеваний, смертность от которых в настоящее время имеет наивысший процент от общего количества алиментарно-зависимых заболеваний во всем мире [1]. В связи с этим, актуальным является создание продуктов питания, оказывающих профилактическое действие на организм и способствующих улучшению здоровья человека. В настоящее время производство пищевых продуктов с добавленной питательной ценностью и продуктов функционального назначения находятся в центре внимания медиков и специалистов, занимающихся разработкой современных пищевых технологий [2, 3].

В технологии приготовления изделий колбасных вареных, а также мясных полуфабрикатов для увеличения вязкости и влагоудерживающей способности фарша, широко используется пшеничная мука высшего сорта, которая обладает высокой калорийностью, низкой биологической ценностью и имеет высокий аллергенный потенциал за счет содержащегося в ее составе глютена. В связи с этим, актуальным является поиск перспективных ингредиентов для ее замены.

Научный интерес с этой точки зрения представляет льняная мука — продукт помола семян льна после отделения масла.

Функциональное действие семян льна обусловлено наличием в них большого количества растительных белков, обладающих высокой биологической ценностью и усвояемостью, широким набором витаминов и минералов (особенно много калия, фосфора и магния). Пищевые волокна семян льна состоят из двух фракций: растворимой (слизи, галактоманнаны, гемицеллюлозы), способствующей улучшению ферментации в толстой кишке, увеличению короткоцепочечных жирных кислот, снижению содержания холестерина; и нерастворимой (целлюлоза), усиливающей перистальтику и способствующей очистке желудочно-кишечного тракта. Клетчатка обладает пребиотической активностью, улучшает микрофлору кишечника, способна сорбировать и выводить из организма токсические вещества [4]. В качестве природного антиоксиданта присутствует гамма-токоферол. Функционально-технологические свойства льняного белка, такие, как связывание воды, абсорбция масла, эмульгирующая способность сравнимы с аналогичными свойствами широко применяемого в производстве колбасных изделий соевого белка [4, 6, 7].

Многие ученые отмечают также полезные свойства льняной муки, поскольку она содержит большое количество белка, пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), богата витаминами, антиоксидантами и микроэлементами [8]. В связи с низким содержанием углеводов употребление льняной муки способствует нормализации веса, особенно полезна она людям, страдающим сахарным диабетом 1 и 2 типа [9].

Целью настоящих исследований явилось изучение биологической ценности белков и жирнокислотного состава льняной муки как перспективного ингредиента для производства мясных продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований являлись: льняная мука производства ООО «Фабрика Органик Продукт» (Россия), широко представленная на рынке Республики Беларусь, и пшеничная мука высшего сорта (ОАО «Лидахлебпродукт», Республика Беларусь).

Исследования аминокислотного состава льняной и пшеничной муки проводились в научно-методическом испытательном отделе РУП «Научно-практический центр гигиены». Содержание аминокислот (аспарагиновой, глутаминовой, серина, треонина, глицина, аланина, аргинина, пролина, валина, метионина, лейцина, изолейцина, фенилаланина, цистеина, лизина, гиситидина, тирозина) определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в соответствии с МВИ. МН 1363-2000 «Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Массовую долю белка определяли по ГОСТ 26889-86.

Аминокислотный скор вычисляли по формуле [10, 11]:

$$c_j = \frac{A_j}{A_{sj}} \cdot 100, \quad (1)$$

где A_j — содержание j -й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка; A_{sj} — содержание j -й незаменимой аминокислоты, соответствующее физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка; 100 — коэффициент пересчета в проценты.

Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК) рассчитывали по формуле [10, 11]:

$$ИНАК = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k \left(\frac{A_j}{A_{sj}}\right)}, \quad (2)$$

где k — число аминокислот.

Коэффициент утилитарности j -й незаменимой аминокислоты (в долях единицы) рассчитывается по формуле:

$$a_j = \frac{c_{\min}}{c_j}, \quad (3)$$

где c_{\min} — минимальный аминокислотный скор, %.

Данный коэффициент используется для расчета коэффициента утилитарности аминокислотного состава (U), который является численной характеристикой, достаточно полно отражающей сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону [10]:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j a_j)}{\sum_{j=1}^k A_j} \quad (4)$$

Показатель сопоставимой избыточности (σ_c) определяли по формуле [11]:

$$\sigma_c = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j - c_{\min} \cdot A_{\text{эj}})}{c_{\min}} \quad (5)$$

Исследования жирнокислотного состава льняной и пшеничной муки проводились в производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности». Содержание жирных кислот определяли методом газовой хроматографии по ГОСТ 31663-2012, массовую долю жира — по ГОСТ 13496.15-97.

Результаты и их обсуждение. Аминокислоты играют важную роль в организме человека, ведь именно из них состоят белки, а из белков, в свою очередь, формируются практически все составляющие человеческого организма: важнейшие железы, связки, волосы, сухожилия, кости и даже гормоны. Главным показателем биологической ценности белка является его аминокислотный состав, диспропорция в котором может привести к нарушениям белкового обмена.

В ходе научно-исследовательской работы изучали аминокислотный состав льняной и пшеничной муки. В группу исследуемых аминокислот входили аспарагиновая, глутаминовая кислота, серин, треонин, глицин, аланин, аргинин, пролин, валин, метионин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, цистеин, лизин, гистидин, тирозин.

Содержание белка в льняной муке составило 31,9 г в 100 г продукта, в пшеничной муке — 12,7 г в 100 г продукта.

Результаты исследований аминокислотного состава пшеничной и льняной муки представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание аминокислот в пшеничной и льняной муке
Table 1. Amino acid content in wheat and Flaxseed flour

Наименование показателя	Содержание, мг/100 г		Содержание г/100 г белка	
	пшеничной муки	льняной муки	пшеничной муки	льняной муки
Аспарагиновая кислота	381,2 ± 89,6	1468,6 ± 345,0	3,00	4,66
Глутаминовая кислота	4105,1 ± 940,9	4874,3 ± 1117,2	32,32	15,28
Серин	593,1 ± 133,7	1443,2 ± 325,4	4,67	4,52
Треонин	354,6 ± 80,0	1275,4 ± 287,6	2,79	4,00
Глицин	445,5 ± 99,4	2080,5 ± 464,2	3,51	4,00
Аланин	509,4 ± 115,3	1626,7 ± 368,1	4,01	6,52
Аргинин	422,8 ± 96,2	3062,9 ± 697,1	3,33	5,10
Пролин	1346,5 ± 297,8	1242,6 ± 274,9	10,60	9,60
Валин	601,5 ± 133,2	1622,6 ± 359,2	4,74	5,09
Метионин	< 10,0	396,3 ± 105,7	0,08	1,24
Лейцин	535,6 ± 119,4	1638,7 ± 365,3	4,22	5,14
Изолейцин	1007,6 ± 205,1	2500,2 ± 509,0	7,93	7,84
Фенилаланин	700,4 ± 153,9	1749,3 ± 384,5	5,51	5,48
Цистеин	< 10,0	< 10,0	0,08	0,03
Лизин	360,9 ± 79,8	1582,6 ± 350,1	2,84	4,96
Гистидин	128,8 ± 28,5	635,3 ± 140,3	1,01	1,99
Тирозин	389,8 ± 79,2	697,8 ± 141,9	3,07	2,19
Триптофан*	127,0	950	1,0	2,98
Суммарное количество	12009,7 ± 2626,1	28846,8 ± 6165,2	93,72	90,62

Примечание: * — литературные данные [12, 13].

На основании проведенных исследований установлено, что суммарное количество аминокислот в 100 г белка пшеничной муки больше, чем в 100 г белка льняной муки на 3,31 % (табл. 1). Это обусловлено, в первую очередь, высоким содержанием в белке пшеничной муки глутаминовой кислоты, которая синтезируется в организме человека и относится к классу заменимых аминокислот.

Незаменимыми аминокислотами, оказывающими влияние на сердечно-сосудистые заболевания, являются метионин, лизин, триптофан, лейцин, изолейцин.

Метионин — алифатическая серосодержащая α -аминокислота, относящаяся к липотропным веществам, оказывающим влияние на обмен липидов и фосфолипидов. Она способствует снижению холестерина сыворотки крови и влияет на характер патоморфологических и гистологических изменений в аорте. Метионин применяют при хирургических операциях на сердце и при инфаркте миокарда, а также при тиреотоксикозе. При недостатке данной аминокислоты в пищевом рационе увеличивается склонность к возникновению атеросклеротических изменений в сосудах [14, 15]. Как видно из данных табл. 1 в пшеничной муке метионин если и присутствует, то в пределах погрешности измерения, а в 100 г льняной муки содержится $(396,3 \pm 105,7)$ мг данной аминокислоты. По сумме аминокислот метионина и цистеина в льняной муке их содержание в 20,3 раза больше, чем в пшеничной.

Лизин — аминокислота, которая способна нейтрализовать липопротеины низкой плотности, препятствуя их отложению в сосудистой стенке. Кроме того, лизин в определенной концентрации может связывать те липопротеины низкой плотности, которые отложились в сосудах, и, таким образом, удалять его из атеросклеротической бляшки. Эти свойства лизина обеспечивают уменьшение размера бляшки, увеличение просвета сосуда и восстановление циркуляции крови. Поэтому лизин незаменим для профилактики и комплексного лечения атеросклероза. Также данная аминокислота понижает уровень триглицеридов крови, а недостаток способствует развитию спазмов коронарных сосудов и может являться причиной хронических заболеваний сердца [14, 15]. Из данных табл. 1 видно, что содержание лизина в льняной муке в 4,4 раза выше, чем в пшеничной.

Триптофан — это аминокислота (суточная потребность 1 г), которая в организме преобразуется в нейромедиатор — серотонин. Фармакологическое действие триптофана проявляется увеличением уровня серотонина в тканях, что приводит к усилению кровоснабжения скелетных мышц, увеличению циркуляции крови, увеличению ударного объема сердца, антидепрессивному действию. Данная аминокислота участвует в биохимических процессах, снабжающих миокард необходимой энергией, особенно необходимой при терапии сердечной недостаточности. Дефицит триптофана способствует развитию спазмов коронарных сосудов и может явиться причиной хронических заболеваний сердца [14, 15]. На основании литературных данных установлено, что содержание триптофана в льняной муке в 7,5 раза выше, чем в пшеничной.

Лейцин — аминокислота, которая отвечает за регуляцию синтеза белков миокарда, а также участвует в регулировании контроля глюкозы и секреции инсулина. Данная аминокислота понижает уровень сахара в крови и стимулирует выделение гормона роста, препятствует образованию тромбов, расширяет сосуды и усиливает их кровенаполнение. Регулярное использование лейцина приводит к сокращению частоты приступов стенокардии, повышению толерантности к физической нагрузке и увеличению функциональной активности у больных ишемией сердца [14, 15]. Содержание лейцина в льняной муке выше, чем в пшеничной в 3 раза.

Изолейцин — одна из аминокислот, необходимых для синтеза гемоглобина. Она стабилизирует и регулирует уровень сахара в крови и процессы энергообеспечения. Метаболизм изолейцина происходит в мышечной ткани [14, 15]. Как видно из данных таблицы 1 в льняной муке изолейцина в 2,5 раза больше, чем в пшеничной.

Рекомендуемые величины суточного потребления незаменимых аминокислот, играющих важную роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, в составе продуктов лечебного и профилактического питания представлены в табл. 2 [16].

Т а б л и ц а 2. Рекомендуемые величины суточного потребления незаменимых аминокислот в составе продуктов лечебного и профилактического питания [16]

Table 2. Recommended values of daily consumption of essential amino acids in the composition of therapeutic and preventive nutrition products [16]

Незаменимая аминокислота	Адекватный уровень потребления, г/сут	Верхний допустимый уровень потребления, г/сут
Метионин+цистеин	1,8	2,8
Лизин	4,1	6,4
Триптофан	нет данных	
Лейцин	4,6	7,3
Изолейцин	2,0	3,1

Как видно из данных табл. 1 и 2, употребление 100 г льняной муки позволяет удовлетворить суточную потребность организма взрослого человека в аминокислотах: метионин и цистеин — на 23,1 %, лизин — на 38,6 %, лейцин — на 35,6 %, изолейцин — полностью. При этом употребление 100 г пшеничной муки в сутки позволяет удовлетворить суточную потребность в метионине и цистеине всего на 1,1 %, в лизине — на 8,8 %, в лейцине — на 11,6 %, в изолейцине — на 50,4 %.

Современная наука о питании утверждает, что белок должен удовлетворять потребности организма в аминокислотах не только по количеству. Эти вещества должны поступать в определенных соотношениях между собой, так как аминокислотный дисбаланс может проявляться в нарушении процессов метаболизма [17].

Показателем, характеризующим биологическую ценность белка, является аминокислотный скор, выражающийся отношением фактического содержания аминокислоты к эталону. Лимитирующей биологическую ценность аминокислотой является та, скор которой составляет менее 100 %. В качестве эталона использовали идеальный белок ФАО/ВОЗ (1973) [18, 19]. Аминокислотный скор льняной и пшеничной муки рассчитывали по незаменимым аминокислотам. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 3. Аминокислотный скор незаменимых аминокислот исследованных образцов
Table 3. Amino acid score of essential amino acids of the studied samples

Аминокислоты	«Идеальный» белок, ФАО/ВОЗ (1973), г/100 г белка [18, 19]	Содержание, г/100 г белка		Аминокислотный скор, %	
		пшеничной муки	льняной муки	пшеничной муки	льняной муки
Изолейцин	4,0	7,93	7,84	198,35	195,94
Лейцин	7,0	4,22	5,14	60,25	73,39
Лизин	5,5	2,84	4,96	51,67	90,20
Метионин+ цистеин	3,5	0,16	1,24	4,50	35,49
Фенилаланин+тирозин	6,0	8,58	7,67	143,07	127,85
Треонин	4,0	2,79	4,00	69,80	99,95
Валин	5,0	4,74	5,09	94,72	101,73
Триптофан	1,0	1,00	2,98	100,00	297,81
Сумма незаменимых аминокислот	36,0	32,26	38,92	—	—

Как видно из табл. 3, сумма незаменимых аминокислот в 100 г белка пшеничной муки составила 32,26 г, в 100 г белка льняной — 38,92 г. Определено, что льняная мука имеет высокие значения аминокислотного сора (более 100 %) для аминокислот изолейцин (195,94 %), фенилаланин и тирозин (127,85 %), валин (101,73 %) и триптофан (297,81 %). Лимитирующей является сумма аминокислот метионин и цистеин, поскольку она имеет наименьшее значение аминокислотного сора (35,49 %). Пшеничная мука характеризуется аминокислотными скорками ниже 100 % по следующим аминокислотам: лейцин, лизин, сумма метионина и цистеина, треонин, валин. Отмечено существенное отличие пшеничной и льняной муки по аминокислотному скору суммы аминокислот метионин и цистеин (на 30,99 п.п.), лизина (на 38,53 п.п.) и триптофана (на 197,81 %).

Для характеристики биологической ценности льняной и пшеничной муки использовали дополнительные критерии — индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), коэффициент утилитарности аминокислотного состава и показатель сопоставимой избыточности [10, 11].

Индекс незаменимых аминокислот представляет собой модификацию метода химического сора и позволяет учитывать количество всех незаменимых аминокислот [17].

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава имеет практическое значение, так как возможность утилизации аминокислот организмом предопределена минимальным скором одной из них [17].

Для оценки сбалансированности состава незаменимых аминокислот служит показатель сопоставимой избыточности, который отражает общее количество незаменимых аминокислот в белке оцениваемого продукта, которое из-за взаимонесбалансированности по отношению к эталону не может быть утилизировано организмом [17].

В табл. 4 представлены значения показателей аминокислотной сбалансированности льняной и пшеничной муки, рассчитанные по формулам (2), (3, 4), (5).

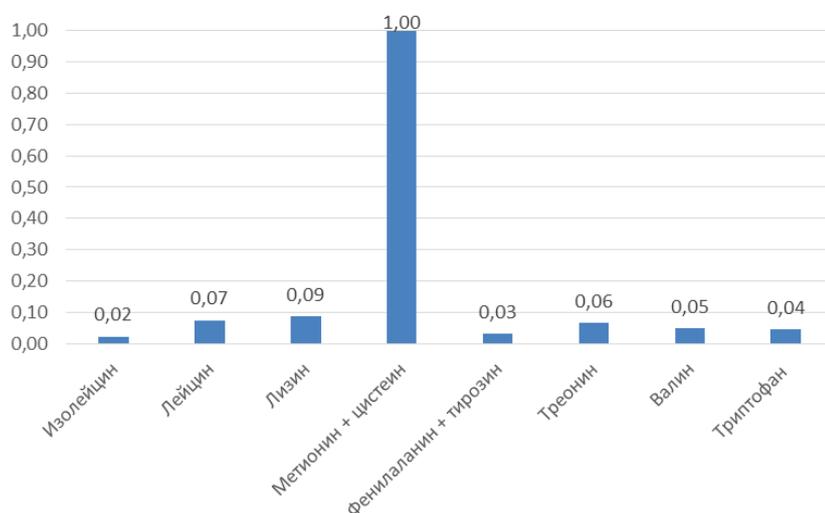
Как видно из табл. 4, ИНАК льняной муки незначительно выше эталона, и превышает аналогичный показатель для пшеничной муки на 0,54 единицы. Коэффициент утилитарности аминокислот-

ного состава льняной муки — 0,33, пшеничной — 0,05, показатель сопоставимой избыточности для льняной муки — 0,58, для пшеничной — 6,81. Расчет показателей аминокислотной сбалансированности показал, что льняная мука имеет более высокую биологическую ценность, чем пшеничная.

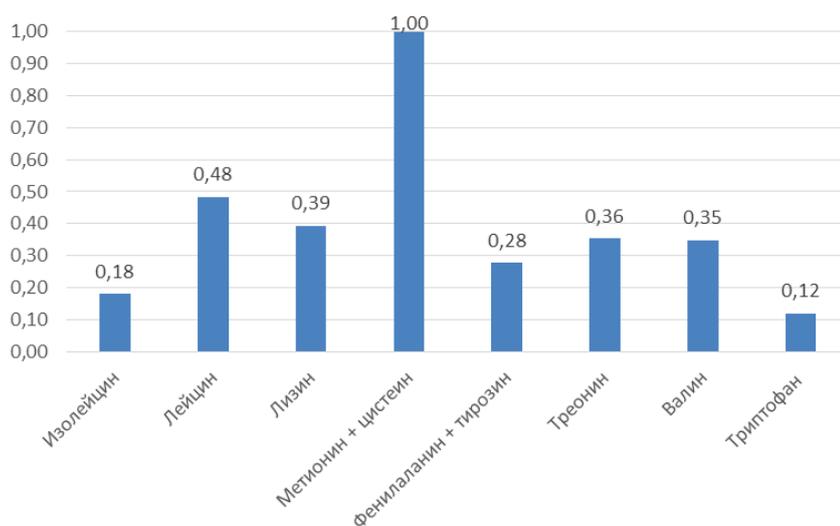
Т а б л и ц а 4. Аминокислотная сбалансированность льняной и пшеничной муки
Table 4. Amino acid balance of Flaxseed and wheat flour

Показатель	«Идеальный» белок, ФАО/ВОЗ (1973), г/100 г [18, 19]	Значение показателя для	
		пшеничной муки	льняной муки
Индекс незаменимых аминокислот	1	0,53	1,07
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава	1	0,05	0,33
Показатель сопоставимой избыточности	0	6,81	0,58

На рис. 1 представлены показатели утилитарности незаменимых аминокислот исследованных образцов.



а) пшеничной муки



б) льняной муки

Рис. 1. Показатель утилитарности незаменимых аминокислот
Fig. 1. An indicator of the utility of essential amino acids

Как видно из диаграмм, представленных на рис. 1, льняная мука отличается более сбалансированным аминокислотным составом белков, чем пшеничная. По показателю утилитарности незаменимые аминокислоты льняной муки можно расположить в следующей убывающей последовательности: метионин+цистеин (1,0) → лейцин (0,48) → лизин (0,39) → треонин (0,36) → валин (0,35) → фенилаланин+тирозин (0,28) → изолейцин (0,18) → триптофан (0,12).

Важное значение в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний имеет потребление ПНЖК, особенно незаменимых (не синтезируемых в организме). К незаменимым ПНЖК относятся 18-атомные кислоты семейств n-6 и n-3 (омега-6 и омега-3): линолевая кислота (ЛК) с двумя двойными связями (18:2n-6) и α -линоленовая кислота (АЛК) с тремя двойными связями (18:3n-3). Человек может получать эти незаменимые ПНЖК только с пищей. Основная роль ЛК и АЛК в организме человека состоит в том, что они могут являться биохимическими предшественниками физиологически значимых длинноцепочечных ПНЖК с 20–22 атомами углерода. Длинноцепочечные ПНЖК, называемые частично незаменимыми, — это арахидоновая (эйкозатетраеновая) кислота (20:4n-6, АРК), эйкозапентаеновая кислота (20:5n-3, ЭПК) и докозагексаеновая кислота (22:6n-3, ДГК). Как это видно из условных обозначений, АРК относится к семейству омега-6, а ЭПК и ДГК — к семейству омега-3 [20].

Из современных биохимических данных следует, что в организме человека в первую очередь должно содержаться достаточное количество омега-3 ПНЖК, так как из них синтезируются биологически активные вещества, влияющие на тонус сосудов, функцию тромбоцитов, развитие воспалительных реакций и др. [20]. В частности, лейкотриены, образующиеся из омега-3 ПНЖК, обладают способностью понижать уровень провоспалительных лейкотриенов омега-6 ПНЖК, результатом чего является стабилизация атеросклеротических бляшек и повышение эластичности артериальной стенки; простагландины оказывают сосудорасширяющее и дезагрегантное действие [21]. В мембранах кардиомиоцитов омега-3 ПНЖК регулируют функцию ионных каналов и оказывают антиаритмогенное действие; встраиваясь в клеточные мембраны тромбоцитов, — обеспечивают их стабилизацию и, как следствие, дезагрегантный эффект [22]. Кроме того, омега-3 ПНЖК благоприятно влияют на липидный спектр крови, снижая уровень триглицеридов [23].

Приведенные данные в пользу омега-3-ПНЖК не снижают биологического значения АРК. Безусловно, данная жирная кислота необходима организму человека. Ее метаболиты выполняют важные регуляторные функции, и поскольку в условиях здоровья наиболее важным считается поддержание тонуса мускулатуры, сохранение целостности сосудов, предотвращение кровотоочивости от мелких бытовых травм, то большое значение приобретают метаболиты АРК, обладающие бронхо- и вазоконстрикторными свойствами, являющиеся индуктора-ми агрегации форменных элементов крови [24].

Рекомендуемое количество ПНЖК в составе продуктов для лечебного и профилактического питания — 11–20 г в сут [16]. Не менее важным является баланс между омега-6 и омега-3 жирными кислотами (1–3 г в сут ПНЖК семейства омега-3 и 10 г в сут ПНЖК семейства омега-6 [16]) [25]. Имеются сведения, что соблюдение определенного соотношения омега-6 и омега-3 жирных кислот в ежедневной диете является успешным механизмом предотвращения развития сердечно-сосудистых заболеваний [25].

Установлено, что преобладание омега-3 жирных кислот в ПНЖК в диете (более 50 %) приводит к снижению содержания холестерина в крови. При этом высокое содержание холестерина в крови не приводит к смерти, если количество омега-3 жирных кислот превышает количество омега-6 жирных кислот в общей сумме ПНЖК [25]. А преобладание омега-6 ПНЖК в питании способствует не только увеличению риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, но и психиатрическим отклонениям, иммунодефициту, развитию раковых опухолей [26]. С другой стороны, высокое потребление омега-3 ПНЖК помимо снижения риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний повышает познавательные функции, снижает риск развития слабоумия, развивает ассоциативную память, способствует поднятию настроения, хорошего самочувствия и энергичности, воздействует на нормализацию работы центральной нервной системы [26].

В ходе выполнения научно-исследовательской работы изучали жирнокислотный состав льняной и пшеничной муки. Результаты исследований представлены в табл. 5. Массовая доля жира в льняной муке составила 10,11 %, в пшеничной — 1,03 %.

Сравнительный анализ жирнокислотного состава льняной и пшеничной муки (табл. 5) показал, что в жире пшеничной муки содержится большее количество НЖК (на 36 %) и ПНЖК (на 1,2 %), чем в жире льняной муки. Однако из ПНЖК в жире пшеничной муки преобладает ЛК (64,56 %), а в льняной — АЛК (45,22 %). Содержание АРК (омега-6) в жире пшеничной муки больше, чем в жире льняной в 1,5 раза, ЛК (омега-6) — в 2,8 раза. По содержанию АЛК (омега-3) первый ингредиент значительно уступает второму (меньше в 11 раз). Таким образом, содержащийся в льняной муке жир является хорошим источником ПНЖК, в первую очередь АЛК (омега-3).

Таблица 5. Жирнокислотный состав льняной и пшеничной муки, % от суммы жирных кислот
Table 5. Fatty acid composition of flax and wheat flour, % of the amount of fatty acids

Наименование жирной кислоты	Значение показателя, % от суммы жирных кислот, для	
	пшеничной муки	льняной муки
Насыщенные (НЖК):	16,39	10,497
– масляная	0,02	0,01
– капроновая	0,02	0,02
– каприловая	0,01	0,003
– каприновая	0,01	0,004
– лауриновая	0,01	0,01
– миристиновая	0,08	0,05
– пентадекановая	0,07	0,02
– пальмитиновая	14,67	5,92
– маргариновая	0,10	0,05
– стеариновая	1,07	3,72
– арахидиновая	0,10	0,14
– трикозановая	0,08	0,44
– лигноцеридовая	0,15	0,11
Мононенасыщенные (МНЖК):	12,33	19,05
– миристолеиновая	0,01	0,01
– пальмитолеиновая	0,08	0,09
– гептадеценная	0,08	0,03
– элаидиновая+олеиновая	12,16	18,92
Полиненасыщенные (ПНЖК):	71,28	70,42
– линолевая (ЛК — омега-6)	64,56	22,97
– гамма-линоленовая (омега-6)	1,64	1,88
– линоленовая (АЛК — омега-3)	4,11	45,22
– цис-11-эйкозеновая	0,47	0,12
– цис-11, 14-эйкозодиеновая	0,13	0,03
– арахидоновая (АРК — омега-6)	0,19	0,13
– декозагексаеновая+нервоновая	0,18	0,07
Всего	100,00	100,00

Наряду с ПНЖК интерес представляют МНЖК — группа эссенциальных липидов, в молекулах которых присутствует одна двойная углеродная связь. Главная функция данных веществ — нормализация обменных процессов в организме. При регулярном приеме МНЖК уменьшается количество «плохого» холестерина в крови, улучшается тонус сосудов, снижается риск возникновения сердечно-сосудистых патологий (инсульта или инфаркта). Кроме того, пальмитиновая и элаидиновая+олеиновая МНЖК проявляют кардиопротекторные свойства. Их используют для лечения сердечно-сосудистых и аутоиммунных патологий [27].

Как видно из данных табл. 5 содержание МНЖК в жире льняной муки больше, чем в пшеничной на 54,5 %, при этом содержание пальмитиновой кислоты приблизительно одинаковое, а содержание суммы элаидиновой и олеиновой кислот в жире льняной муки в 1,56 раз больше, чем в пшеничной. Сумма МНЖК и ПНЖК по отношению к НЖК больше в 8,5 раз.

Таким образом, проведенные исследования по изучению аминокислотного состава льняной и пшеничной муки позволили установить, что льняная мука имеет более высокое содержание метионина и цистеина (в 20,3 раза), триптофана (в 7,5 раза), лизина (в 4,4 раза), лейцина (в 3 раза), изолейцина (в 2,5 раза) и характеризуется более высокой аминокислотной сбалансированностью, чем пшеничная мука, что свидетельствует об ее более высокой биологической ценности.

Льняная мука является хорошим источником МНЖК и ПНЖК семейств омега-3 (АЛК) и омега-6 (ЛК), необходимых для правильного роста и функционирования организма человека, так как они входят в состав всех клеточных оболочек и мембран.

Таким образом, высокий процент удовлетворения суточной потребности в незаменимых аминокислотах, а также высокое содержание, в первую очередь, АЛК (омега-3), позволяет рекомендовать льняную муку для изготовления функциональных мясных продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Список использованных источников

1. World health statistics 2019: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals [Electronic resource] // Geneva: World Health Organization; 2019. — 132 p. — Mode of access: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/324835>. — Date of access: 10.02.2020.
2. Гаязова, А.О. Перспективные направления развития производства мясных полуфабрикатов / А.О. Гаязова, М.Б. Ребезов, Е.А. Паульс, Р.А. Ахмедьярова, А.С. Косолапова // Молодой ученый. — 2014. — №9 (68). — С. 127–129.
3. Шмалько, Н.А. Характеристика состава и свойств липидов пшеничной и амарантовой муки / Н.А. Шмалько // Техника и технология пищевых производств. — 2011. — №4. — С. 1–5.
4. Киреева, М.С. Перспективное использование семени льна в специализированном питании // Материалы международного научно-практического семинара «Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека» / М.С. Киреева, В.Ю. Маркина, М.И. Меркулова, Э.Э. Эгги и др. — Тверь, 2012. — С. 181–185.
5. Мелешкина, Е.П. Научный подход к переработке семян льна на основе использования их фитохимического потенциала с целью создания новых пищевых продуктов с заданными свойствами // Аграрный вестник Юго-Востока. — 2016. — №1–2. — С. 68–71.
6. Барбашов, А.В. Групповой состав белкового комплекса про-рошенных семян льна современных сортов / А.В. Барбашов, И.В. Шульбинская // Изв. вузов. Пищев. технол. — 2006. — №4. — С. 40–41.
7. Меренкова, С.П. Анализ влияния льняной муки на структурно-механические свойства мясных продуктов / С.П. Меренкова, В.В. Семиздралова, А.В. Паймулина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». — 2018. — Т. 6. — №4. — С. 42–51.
8. Миневи́ч, И. Использование семян льна в хлебопечении / И. Миневи́ч, В. Зубцов, Т. Цыганова // Хлебопродукты. — 2008. — №3. — С. 38.
9. Мещерякова, В.А. Правильный выбор хлеба для профилактики различных заболеваний и при лечебно-диетическом питании / В.А. Мещерякова // Хлебное дело. — 2003. — №1 (15). — С. 23–25.
10. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов : учебник / Л.В. Антипова, И.А. Плотова, И.А. Рогов ; ред. Н.В. Куркина. — М. : Колос, 2001. — 571 с.
11. Липатов, Н.Н. Формализованный анализ аминок- и жирокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью / Н.Н. Липатов, Г.Ю. Сажинов, О.Н. Башкиров // Хранение и переработка сельхозсырья, 2001. — №8. — С. 11–14.
12. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина, проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева — 2-е изд., перераб и доп. — М.: ВО «Агропромиздат», 1987. — 360 с.
13. Пашенко, Л.П. Характеристика семян льна и их применение в производстве продуктов питания / Л.П. Пашенко, А.С. Прохорова, Я.Ю. Кобцева, И.А. Никитин // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — №7. — С. 56–57.
14. Кардиология: Руководство для врачей / под ред. Р.Г. Оганова и И.Г. Фоминой. — М. : Медицина. — 2004. — 848 с.
15. Гордынец, С.А. Аминокислотный состав мясного сырья, перспективного для создания продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний / С.А. Гордынец, В.М. Напреенко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. — 2017. — Т.11 — №11. — С. 138–143.
16. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 02.07.2004 г., актуализированы 12.02.2016 г.).
17. Мелешеня, А.В. Основные принципы создания мясных продуктов функционального назначения для питания учащейся молодежи и людей, занимающихся умственным трудом: монография / А.В. Мелешеня, С.А. Гордынец, Т.А. Савельева, И.В. Калтович. — Минск: РУП «Институт мясомолочной промышленности», 2017. — 161 с.
18. FAO/UNU Expert Consultation. Protein Quality Evaluation. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Food and Nutrition Paper 51. Rome. — 1990.
19. FAO/UNU Expert Consultation. Energy and Protein Requirements. Technical Report Series 724 // World Health Organization, Geneva. — 1985.
20. Гладышев, М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека / М.И. Гладышев // Journal of Siberian Federal University. Biology. — №4. — 2012. — С. 352–386.
21. Говорин, А.В. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты в лечении больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями / А.В. Говорин, А.П. Филев // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. — 2012. — №8(1). — С. 95–102.
22. Рождественский, Д.А. Клиническая фармакология омега-3 полиненасыщенных жирных кислот / Д.А. Рождественский, В.А. Бокий // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. — 2014. — №3(9). — С. 121–134.

23. Гайковая, Л.Б. Роль омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в профилактике гиперлипидемий у женщин группы риска / Л.Б. Гайковая, В.Г. Богданова, А.Т. Бурбелло и др. // Профилактическая и клиническая медицина. — 2011. — no. 2(39). — С. 22–25.
24. Васильев, А.П. Омега-3-жирные кислоты в кардиологической практике / А.П. Васильев, Н.Н. Стрельцова // Consilium Medicum. — 2017. — Т. 19. — № 10. — С. 96–104.
25. Зайцева, Л.В. Баланс полиненасыщенных жирных кислот в питании / Л.В. Зайцева, А.П. Нечаев // Пищевая промышленность. — № 11. — 2014. — С. 56–59.
26. A balanced omega-6/omega-3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease: World review of nutrition and dietetics. Vol. 100 / Ed.: A.P. Simopoulos, F. De Meester. — Basel: KARGER, 2009. — 125 p.
27. Мононенасыщенные жирные кислоты [Электронный ресурс] / Food Healt. — Режим доступа: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/mononenasyshchennye-zhirnye-kisloty/>. — Дата доступа: 12.02.2020.

References

1. World health statistics 2019: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2019. — 132 p. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/324835> (Accessed 10.02.2020).
2. Gayazova A.O., Rebezov M.B., Paul's E.A., Akhmed'yarova R.A., Kosolapova A.S. Perspektivnye napravleniya razvitiya proizvodstva myasnykh polufabrikatov [*Perspective directions of development of meat semi-finished products production*]. Molodoy uchenyy, 2014, no. 9 (68), pp. 127–129.
3. Shmal'ko N.A. Kharakteristika sostava i svoystv lipidov pshenichnoy i amarantovoy muki [Composition and lipid properties of wheat and amaranth flour]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv, 2011, no. 4, pp. 1–5.
4. Kireeva M.S., Markina V.Yu., Merkulova M.I., Eggi E.E. i dr. Perspektivnoe ispol'zovanie semeni l'na v specializirovannom pitanii [*Promising use of flax seed in specialized nutrition*]. Materialy mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminarina «Rol' l'na v uluchshenii srede obitaniya i aktivnom dolgoletii cheloveka» [*Materials of the international scientific-practical seminar «The role of flax in improving the environment and active human longevity»*], Tver', 2012, pp. 181–185.
5. Meleshkina E.P. Nauchnyy podhod k pererabotke semyan l'na na osnove ispol'zovaniya ih fitohimicheskogo potentsiala s cel'yu sozdaniya novykh pishchevykh produktov s zadannymi svoystvami [*The scientific approach to flax seeds processing based on the use of their phytochemical potential for creating of new food products with desired properties*]. Agrarnyy vestnik YUgo-Vostoka, 2016, no. 1–2, pp. 68–71.
6. Barbashov A.V., SHul'vinskaya I.V. Gruppovoy sostav belkovogo kompleksa pro-roshchennykh semyan l'na sovremennykh sortov [*Group composition of the protein complex of grown flax seeds of modern varieties*]. Izv. vuzov. Pishchev. Tekhnol., 2006, no. 4, pp. 40–41.
7. Merenkova S.P., Semizdralova V.V., Pajmulina A.V. Analiz vliyaniya l'nyanoj muki na strukturno-mekhanicheskie svoystva myasnykh produktov [*Analysis of the influence of linseed meal on structural-and-mechanical properties of meat products*]. Vestnik YUUrGU. Seriya «Pishchevye i biotekhnologii», 2018, vol. 6, no 4, pp. 42–51.
8. Minevich I., Zubcov V., Cyganova T. Ispol'zovanie semyan l'na v hlebopechenii [Use of seeds of flax in bread baking]. Hleboprodukty, 2008, no. 3, p. 38.
9. Meshcheryakova, V. A. Pravil'nyy vybor hleba dlya profilaktiki razlichnykh zabolevanij i pri lechenno-dieticheskom pitanii [*The right choice of bread for the prevention of various diseases and for medical and dietary nutrition*]. Hlebnoe delo, 2003, no. 1 (15), pp. 23–25.
10. Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A.; red. Kurkina N.V. Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov : uchebnyk [*Methods of research of meat and meat products: textbook*]. Moscow : Kolos Publ., 2001, 571 p.
11. Lipatov N.N., Sazhinov G.Yu., Bashkirov O.N. Formalizovannyj analiz amino- i zhirokislotnoj sbalansirovannosti syr'ya, perspektivnogo dlya proektirovaniya produktov detskogo pitaniya s zadavaemoj pishchevoj adekvatnost'yu [*Formalized analysis of the amino-and fat-acid balance of raw materials that are suitable for designing baby food products with a specified nutritional value*]. Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya, 2001, no 8, pp. 11–14.
12. Himicheskij sostav pishchevykh produktov. Kniga 2: Spravochnye tablicy sodержaniya ami-nokislot, zhirnykh kislot, vitaminov, makro- i mikroelementova, organicheskikh kislot i uglevodov / pod red. prof., d-ra tekhn. nauk I. M. Skurihina, prof., d-ra med. nauk M.N. Volgareva. 2-e izd., pererab i dop. [*Chemical composition of food products. Book 2: Reference tables of amino acids, fatty acids, vitamins, macro-and microelements, organic acids, and carbohydrates*], Moscow, IN «Agropromizdat», 1987, 360 p.
13. Pashchenko L.P., Prohorova A.S., Kobceva YA.YU., Nikitin I.A. Harakteristika semyan l'na i ih primeneniye v proizvodstve produktov pitaniya [*Characteristics of flax seeds and their use in food production*]. Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya, 2004, no. 7, pp. 56–57.
14. Kardiologiya: Rukovodstvo dlya vrachej / pod red. R.G. Oganova i I.G. Fominoy. [*Cardiology: a guide for doctors*]. Moscow, Medicine, 2004, 848 p.

15. Gordynets S.A., Napreenko V.M. Aminokislотноy sostav myasnogo syr'ya, perspektivnogo dlya sozdaniya produktov dlya profilaktiki serdechno-sosudistyh zabolevaniy. [Amino acid composition of meat raw material, perspective for creation of products for prevention of cardiovascular diseases] // Aktual'nye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syr'ya, Minsk, 2017, T.11, no 11, pp. 138–143.
16. Metodicheskie rekomendacii MR 2.3.1.1915-04 «Rekomenduemye urovni potrebleniya pi-shchevyh i biologicheski aktivnyh veshchestv» [Recommended levels of dietary and biologically active substances consumption] (utv. Federal'noj sluzhboj po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka 02.07.2004 g., aktualizirovany 12.02.2016 g.).
17. Meleshchenya A.V., Gordynets S.A., Savel'yeva T.A., Kaltovich I.V. Osnovnye printsipy sozdaniya myasnykh produktov funktsional'nogo naznacheniya dlya pitaniya uchashcheyasya molodezhi i lyudey, zanimayushchikhsya umstvennym trudom: monografiya [Basic principles of creating functional meat products for nutrition of students and people engaged in intellectual work], Minsk: RUE «Institute of meat and dairy industry », 2017, 161 p.
18. FAO/UNU Expert Consultation. Protein Quality Evaluation. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Food and Nutrition Paper 51, Rome, 1990.
19. FAO/UNU Expert Consultation. Energy and Protein Requirements. Technical Report Series 724 // World Health Organization, Geneva, 1985.
20. Gladyshev, M.I. Nezamenimye polinenasyshchennyye zhirnyye kisloty i ih pishchevyye istochniki dlya cheloveka [Essential Polyunsaturated Fatty Acids and their Dietary Sources for Man]. Journal of Siberian Federal University. Biology, no. 4, 2012, pp. 352–386.
21. Govorin A.V., Filev A.P. Omega-3 polinenasyshchennyye zhirnyye kisloty v lechenii bol'nyh s serdechno-sosudistymi zabolevaniyami [Omega-3 polyunsaturated fatty acids in the treatment of patients with cardiovascular diseases] // Racional'naya farmakoterapiya v kardiologii, 2012, no. 8(1), pp. 95–102.
22. Rozhdestvenskiy D.A., Bokij V.A. Klinicheskaya farmakologiya omega-3 polinenasyshchennykh zhirnykh kislot [Clinical pharmacology of omega-3 polyunsaturated fatty acids]. Mezhdunarodnyye obzory: klinicheskaya prak-tika i zdorov'ye, 2014, no. 3(9), pp. 121–134.
23. Gajkovaya L.B., Bogdanova V.G., Burbello A.T. i dr. Rol' omega-3 polinenasyshchennykh zhirnykh kislot v profilaktike giperlipidemij u zhenshchin gruppy riska [Role of ω -3 polyunsaturated acid in prophylaxis of hyperlipidaemia in women with cardiovascular risk factors]. Profilak-ticheskaya i klinicheskaya medicina, 2011, no. 2(39), pp. 22–25.
24. Vasil'ev A.P., Strel'cova N.N. Omega-3-zhirnyye kisloty v kardiologicheskoy praktike [Omega-3 fatty acids in cardiology practice]. Consilium Medicum, 2017, vol. 19, no. 10, pp. 96–104.
25. Zajceva L.V., Nechaev A.P. Balans polinenasyshchennykh zhirnykh kislot v pitanii / [Balance of Polyunsaturated Fatty Acids in the Nutrition]. Pishchevaya promyshlennost', no. 11, 2014, pp. 56–59.
26. A balanced omega-6/omega-3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease: World review of nutrition and dietetics. Vol. 100 / Ed.: A.P. Simopoulos, F. De Meester. Basel: KARGER, 2009, 125 p.
27. Mononenasyshchennyye zhirnyye kisloty. Available at: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/mononenasyshchennyye-zhirnyye-kisloty/> (accessed 12.02.2020).

Информация об авторах

Гордынец Светлана Анатольевна — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: otmp210@mail.ru.

Чернявская Лилия Александровна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lilia-pavlova@mail.ru.

Напреенко Виктория Михайловна — младший научный сотрудник отдела технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vika19930505@mail.ru.

Information about authors

Gordynets Svetlana A. — Ph.D. (Agricultural), head at the Department of technology of meat products The Institute of Meat and Dairy Industry (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: otmp210@mail.ru.

Charniauskaya Liliya A. — Ph.D. (Engineering), senior researcher at the Department of technology of meat products The Institute of Meat and Dairy Industry (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lilia-pavlova@mail.ru.

Napreenko Viktoria M. — junior Researcher at the Department of meat products The Institute of Meat and Dairy Industry (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vika19930505@mail.ru.