

УДК 633.521:664.72  
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-2(56)-26-35

Поступила в редакцию 23.03.2022  
Received 23.03.2022

**М. Е. Маслинская<sup>1</sup>, И. М. Почичкая<sup>2</sup>, Н. В. Комарова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>РУП «Институт льна», аг. Устье, Орианский район, Витебская область, Республика Беларусь

<sup>2</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

## **ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕМЯН БЕЛОРУССКИХ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО**

**Аннотация.** В полевых условиях на опытных полях РУП «Институт льна» изучено 10 сортов льна масличного белорусской селекции: Салют, Брестский, Опус, Илим, Фокус, Визирь, Альянс, Дар, Славянин, Бонус. Продолжительность вегетационного периода составила 80–86 суток, высота растений — 46,9-60,1 см, техническая длина — 30,7-46,9 см, количество коробочек — 13,4-15,3 шт., число семян в коробочке — 59,1-105,2 шт., вес семян с растения — 0,342-0,600 г, масса 1000 семян 4,88-6,67 г, продуктивность 79,1-117,9 г/м<sup>2</sup>. Изучение биохимического состава включало определение таких показателей, как содержание масла, его жирнокислотный состав, содержание белка, клетчатки, золы, витамина В<sub>1</sub>, минеральный состав семян, было проведено в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию». Содержание масла составило 29,2-44,8 %, массовая доля белка 19,80-21,72 %, клетчатки — 26-33,3 %, золы — 3,087-4,164 %, количество витамина В<sub>1</sub> — 0,43-0,70 мг/100г. В составе жирных кислот льняного масла изученных сортов преобладают α-линоленовая (51,4-66,6 %), линолевая (12,9-25,9 %) и олеиновая (11,1-13,9 %). Семена исследуемых сортов характеризуются высоким содержанием таких незаменимых аминокислот, как изолейцин (5,3-8,1 мг/100 г), валин (6,7-9,4 мг/100 г), метионин (8,4-10,1 мг/100 г), фенилаланин (14,9-18,4 мг/100 г), лейцин (14,2-18 мг/100 г). По минеральному составу семена льна близки к семенам зерновых культур. Основные элементы — калий, фосфор, магний, кальций, железо, натрий. Массовая доля калия составила 10000,0-11500,0 мг/кг, фосфора — 6935,0-9045,0 мг/кг, магния — 2590,0-2810,0 мг/кг, кальция — 1790,0-2345,0 мг/кг. Таким образом, химический состав семян изученных сортов льна характеризуется высокой концентрацией физиологически активных компонентов, эссенциальных структур, необходимых для функционирования органов и систем и семена являются ценным компонентом для различных отраслей перерабатывающей промышленности, в том числе и пищевой.

**Ключевые слова:** лен масличный, продуктивность, физические свойства, биохимический состав, минеральный состав.

**М. Е. Maslinskaya<sup>1</sup>, I. M. Pochitskaya<sup>2</sup>, N. V. Komarova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>RUE “Flax Institute”, ag. Ustye, Vitebsk region, Republic of Belarus

<sup>2</sup>RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus

## **STUDY OF PHYSICAL INDICATORS AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF SEEDS OF BELARUSIAN LINSEED VARIETIE**

**Abstract.** Under field conditions on the experimental fields of the RUE “Institute of Flax” 10 varieties of linseed of Belarusian selection were studied: Salyut, Brestsky, Opus, Ilim, Focus, Vizier, Alliance, Dar, Slavyanin, Bonus. The duration of the growing season was 80-86 days, plant height - 46.9-60.1 cm, technical length - 30.7-46.9 cm, number of capsules - 13.4-15.3 pieces, number of seeds in a capsule - 59.1-105.2 pieces, weight of seeds per plant - 0.342-0.600 g, weight of 1000 seeds 4.88-6.67 g, yield 79.1-117.9 g/m<sup>2</sup>. The study of the biochemical composition included the determination of such indicators as the content of oil, its fatty acid composition, the content of proteins, cellulose, ash content, vitamin В<sub>1</sub>, the mineral composition of seeds and was carried out at the Republican Control and Testing Complex for the Quality and Safety of Food Products of the Unitary Enterprise «The scientific and practical centre for foodstuffs of the National Academy

of Sciences of Belarus». The oil content was 29.2–44.8%, the protein content was 19.80–21.72%, the cellulose content was 26–33.3%, the ash content was 3.087–4.164%, the amount of vitamin B1 was 0.43–0.70 mg./100g. The composition of fatty acids of linseed oil of the studied varieties is dominated by  $\alpha$ -linolenic (51.4–66.6%), linoleic (12.9–25.9%) and oleic (11.1–13.9%). The seeds of the studied varieties are characterized by a high content of such essential amino acids as isoleucine (5.3–8.1 mg/100 g), valine (6.7–9.4 mg/100 g), methionine (8.4–10.1 mg/100 g), phenylalanine (14.9–18.4 mg/100 g), leucine (14.2–18 mg/100 g). According to the mineral composition, flax seeds are close to the seeds of grain crops. The main elements are potassium, phosphorus, magnesium, calcium, iron, sodium. The mass fraction of potassium was 10000.0–11500.0 mg/kg, phosphorus - 6935.0–9045.0 mg/kg, magnesium - 2590.0–2810.0 mg/kg, calcium - 1790.0–2345.0 mg/kg. Thus, the chemical composition of the seeds of the studied linseed varieties is characterized by a high concentration of physiologically active components, essential structures necessary for the functioning of organs and systems, and the seeds are a valuable component for various processing industries, including food.

**Keywords:** linseed, productivity, physical properties, chemical composition, mineral composition.

**Введение.** Проблема полноценной и здоровой пищи всегда была одной из самых важных для человечества. Одним из путей обеспечения здорового питания людей является обогащение базовых продуктов недостающими функциональными ингредиентами растительного сырья (витаминами, минеральными веществами, полиненасыщенными кислотами, пищевыми волокнами и другими) и разработка новых технологий получения этих продуктов [1–3]. Семена льна пригодны для использования в качестве компонента при разработке рецептур продуктов функционального назначения [4–6]. По расчетам специалистов ценность извлекаемых из льна биологически активных веществ может достигать 80 000 USD на 1 тонну перерабатываемого льняного сырья [7]. Фармакологическую активность семян льна в основном формируют такие соединения, как аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, протеины, витамины и пищевые волокна [8–9] (рис. 1).



Рис. 1. Физиологически активные компоненты семян льна масличного  
Fig. 1. Physiologically active components of linseed seeds

В семенах льна содержатся около 41 % жиров, 28 % пищевых волокон, а также 20% белка при зольности около 3% [10–12]. Лен — растение, дающее сырье для пищевой, химической и фармацевтической промышленности. Кроме того, он используется в лечебной и прикладной косметике, а также в качестве добавки к кормам для животных [12–13]. Дробленые семена льна в Канаде, Германии, скандинавских странах добавляются в хлебобулочные и кондитерские изделия, мясные и рыбные полуфабрикаты. Это снижает гликемический и атерогенный индекс продуктов, обогащает их пищевыми волокнами, калием и магнием (в льняной муке его в 7 раз больше, чем в бананах), ценным растительным белком [14].

Льняное масло очень богато полиненасыщенными жирными кислотами — ПНЖК [15–17].  $\alpha$ -линоленовая кислота (АЛК), содержащаяся в льняном семени, снижает содержание холестерина и улучшает клеточный метаболизм липидов [18–20] (рис. 2).

В Беларуси создано 10 отечественных сортов льна масличного, которые внесены в Государственный реестр сортов Беларуси [21]. Поэтому важным является изучение их физических свойств и химического состава в качестве компонента для различных отраслей перерабатывающей промышленности, в том числе и пищевой для создания продуктов функционального назначения.

Цель исследований — изучить физические показатели и биохимический состав сортов льна масличного белорусской селекции.



Рис. 2. Механизм действия α-линоленовой и линолевой кислот в организме человека  
 Fig. 2. The mechanism of action of α-linolenic and linoleic acids in the human body

Полевые опыты заложены в РУП «Институт льна» на опытных делянках в селекционном севообороте лаборатории селекции льна масличного РУП «Института льна» согласно методическим указаниям по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) [22] и указаниям по селекции льна [23]. Исследования химического анализа проведены в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» согласно ГОСТ 10857-64, ГОСТ 13496.2-91, ГОСТ 26312.5-84, ГОСТ 10846-91, EN 14122-2020, МВИ.МН.1363-2000, СТБ ИСО 15304-2007, МУК 4.1.1482-2003. Математическая обработка данных проведена с использованием программ Excel-2016, Statistica 2010.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В ходе полевых исследований изучались продолжительность вегетационного периода, продуктивность сортов и следующие морфологические показатели сортов: высота растений, их техническая длина, количество коробочек на растении, количество семян на растении, вес семян с растения, масса 1000 семян. Общая продолжительность вегетационного периода составила 80-86 суток (табл. 1). Наиболее раннеспелый сорт — Фокус (80 суток), наиболее позднеспелые — Опус и Брестский (86 суток). Установлено, что высота растений исследуемых сортов варьировала в пределах от 46,9 (у сорта Опус) до 60,1 см (у сорта Альянс). Значения показателя техническая длина изменялись от 30,7 (у сорта Визирь) до 46,9 см (у сорта Опус).

Таблица 1. Результаты исследования сортов льна масличного в полевых условиях  
 Table 1. The results of the study of linseed varieties in the field conditions

Наименование сорта	Высота, см	Техническая длина, см	Количество коробочек, шт.	Число семян, шт.	Вес семян, г	Масса 1000 семян, г	Общая продолжительность вегетационного периода, дней	Продуктивность, г/м <sup>2</sup>
Фокус	47,3	34,0	8,8	59,1	0,393	<b>6,67</b>	80,0	97,4
Дар	51,1	38,1	<b>13,4</b>	79,5	0,422	5,34	83,0	79,1
Визирь	48,7	30,7	<b>15,3</b>	<b>105,2</b>	<b>0,600</b>	5,74	86,0	92,2
Альянс	<b>46,9</b>	33,2	9,7	74,6	<b>0,437</b>	5,85	83,0	85,9
Славянин	49,3	34,6	10,3	74,3	<b>0,449</b>	<b>6,03</b>	84,0	<b>116,4</b>
Бонус	<b>47,0</b>	36,0	8,6	63,4	0,342	5,37	83,0	<b>117,9</b>
Салют	<b>47,0</b>	36,0	8,6	63,4	0,342	5,37	85,0	<b>116,2</b>
Опус	60,1	<b>46,9</b>	12,2	79,0	0,382	4,88	86,0	82,2
Илим	56,1	<b>40,4</b>	11,3	74,8	0,426	5,63	85,0	86,3
Брестский	52,0	37,9	11,0	77,6	0,412	5,44	86,0	81,6
мин	46,9	30,7	8,6	59,1	0,342	4,88	80,0	79,1
макс	60,1	46,9	15,3	105,2	0,600	6,67	86,0	117,9
<i>HCP<sub>05</sub></i>	<i>1,41</i>	<i>1,42</i>	<i>0,70</i>	<i>4,05</i>	<i>0,020</i>	<i>0,15</i>	<i>0,60</i>	<i>4,94</i>

Далее определены показатели, формирующие продуктивность семян. Максимальное количество коробочек сформировали растения сортов Дар и Визирь, значения данных показателей составили 13,4-15,3 шт.

Число семян в коробочке в зависимости от сорта варьировало от 59,1 у сорта Фокус до 105,2 у сорта Визирь. Минимальный вес семян с растения отмечен у сортов Бонус и Салют (0,342 г), максимальный — у сорта Визирь (0,600 г). Масса 1000 семян у изучаемых сортов изменялась в пределах 4,88 (у сорта Опус) — 6,67 г (у сорта Фокус). Высокие значения данного показателя отмечены также у сорта Славянин (6,03 г).

Интервал варьирования значений показателя продуктивность семян составил 38,8 г/м<sup>2</sup>. Максимальная продуктивность семян отмечена у сортов Славянин (116,4 г/м<sup>2</sup>), Салют (116,2 г/м<sup>2</sup>) и Бонус (117,9 г/м<sup>2</sup>).

Содержание масла составило 29,2-44,8 % при среднем значении 36,5 % (рис. 3). По максимальным значениям данных показателей выделены сорта Салют (40,1 %) и Фокус (44,8 %).

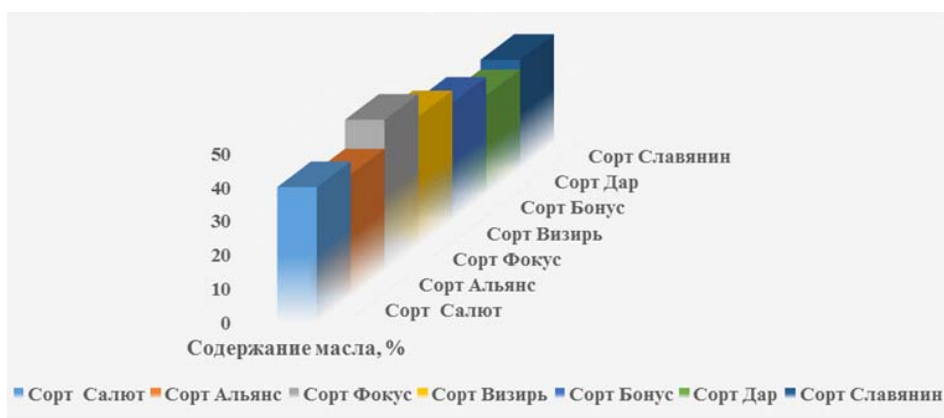


Рис. 3. Содержание масла в образцах исследуемых сортов  
Fig. 3. Oil content in samples of the studied varieties

Важнейшими компонентами жиров, определяющими их основные свойства, являются жирные кислоты. Согласно данным, приведенным в таблице 2, в составе жирных кислот льняного масла изученных сортов преобладают  $\alpha$ -линоленовая (51,4-66,6%), линолевая (12,9-25,9%) и олеиновая (11,1-13,9%).

Таблица 2. Содержание жирных кислот в масле изучаемых сортов льна масличного, в % от суммы кислот  
Table 2. The content of fatty acids in the oil of the studied varieties of linseed, in % of the amount of acids

Наименование жирной кислоты	Наименование сорта						
	Салют	Альянс	Фокус	Визирь	Бонус	Дар	Славянин
Пальмитиновая (C16:0)	4,7	4,6	4,4	5,1	4,5	5,5	4,8
Стеариновая (C18:0)	2,6	2,8	3,3	2,8	3,1	3,7	3,0
Олеиновая (C18:1)	13,2	13,9	11,8	11,1	11,8	12,9	12,2
Линолевая (C18:2) $\omega$ -6	14,3	14,6	14,0	14,2	13,5	25,9	12,9
$\alpha$ -линоленовая (C18:3) $\omega$ -3	64,8	63,7	66,1	66,4	66,7	51,4	66,6
$\omega$ -6: $\omega$ -3	0,22	0,23	0,21	0,21	0,20	0,50	0,19
Арахидиновая	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
$\gamma$ -линоленовая	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Гондоиновая	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Бегеновая	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1

Пальмитиновая и стеариновая в масле анализируемых семян содержались в количестве 4,4–5,5 и 2,6–3,7 % соответственно. Также обнаружено незначительное количество арахидиновой (0,1–0,2 %),  $\gamma$ -линоленовой (0,2 %) , гондоиновой (0,1 %) и бегоновой (0,1 %) кислот.

Как известно, рацион современно человека недостаточно сбалансирован по соотношению жирных кислот  $\omega$ -6:  $\omega$ -3, которое должно быть не менее 4:1 [24–25]. У белорусских сортов соотношение жирных кислот  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 составило 0,19–0,50. Несмотря на обнаруженные значительные различия по данному показателю, все полученные результаты были значительно ниже 4:1, что свидетельствует о соответствии соотношения  $\omega$ -6: $\omega$ -3 рекомендуемому соотношению для здорового сбалансированного питания.

Среди изученных сортов наибольшая амплитуда изменчивости отмечена по содержанию  $\alpha$ -линоленовой (15,3 %), линолевой (13,0 %) и олеиновой (2,8 %) кислот (рис. 4).

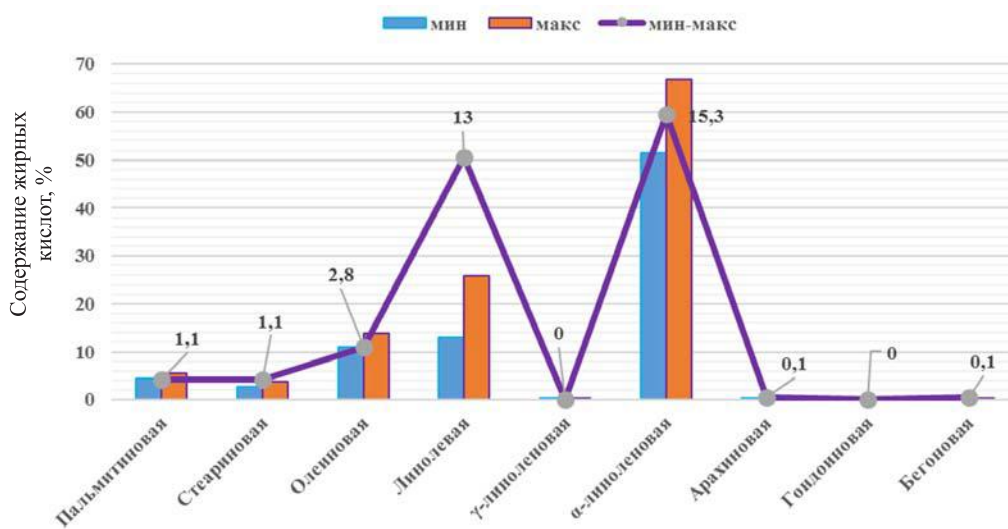


Рис. 4. Интервалы варьирования содержания жирных кислот в белорусских сортах льна масличного  
Fig. 4. Intervals of variation in the content of fatty acids in Belarusian varieties of linseed

В результате определения корреляционных зависимостей между содержанием масла и основных жирных кислот, входящих в его состав, выявлены отрицательные взаимосвязи средней силы между содержанием масла в семенах с содержанием пальмитиновой ( $r=-0,643$ ), линолевой ( $r=-0,559$ ), арахидиновой ( $r=-0,618$ ), положительные корреляции средней силы между содержанием масла и содержанием  $\alpha$ -линоленовой кислоты ( $r=0,581$ ) (табл. 3). Содержание пальмитиновой и стеариновой кислот находится в прямой зависимости от содержания линолевой кислоты ( $r=0,800$  и  $r=0,743$  соответственно) и в обратной зависимости от содержания  $\alpha$ -линоленовой кислоты ( $r=-0,770$  и  $r=-0,700$  соответственно).

Таблица 3. Корреляционные зависимости между содержанием масла и основных жирных кислот в семенах льна

Table 3. Correlations between the content of oil and essential fatty acids in flax seeds

	Содержание масла, %	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	$\alpha$ -линоленовая	Арахидиновая
Содержание масла, %	1,000						
Пальмитиновая	<b>-0,643</b>	1,000					
Стеариновая	-0,394	0,425	1,000				
Олеиновая	-0,213	0,000	-0,119	1,000			
Линолевая	<b>-0,559</b>	<b>0,800</b>	<b>0,743</b>	0,272	1,000		
$\alpha$ -линоленовая	<b>0,581</b>	<b>-0,770</b>	<b>-0,700</b>	-0,394	<b>-0,991</b>	1,000	
Арахидиновая	<b>-0,618</b>	0,806	0,785	0,222	<b>0,992</b>	<b>-0,980</b>	1,000

Также следует отметить отрицательные взаимосвязи между содержанием линолевой и  $\alpha$ -линоленовой кислоты ( $r=-0,991$ ), что необходимо учитывать при ведении селекционного отбора.



Белки представляют собой высокомолекулярные органические вещества, состоящие из альфа-аминокислот, соединенных в цепочку пептидной связью. Различают полноценные и неполноценные белки. Полноценные белки включают в себя все незаменимые аминокислоты, которые самостоятельно в организме не синтезируются. Белки льна относят именно к таким белкам [26–28].

Массовая доля белка в изученных семенах льна масличного составила от 19,80 (сорт Славянин) до 21,72% (сорт Дар). Установлено, что общая масса аминокислот варьировала в пределах от 130,0 (у сорта Фокус) до 161,0 (у сорта Дар) мг/100 г. При этом сумма незаменимых аминокислот изменялась от 52,7 (у сорта Альянс) до 63,1 мг/100 (у сорта Дар). Семена исследуемых сортов характеризуются высоким содержанием таких незаменимых аминокислот, как изолейцин (5,3–8,1 мг/100 г), валин (6,7–9,4 мг/100 г), метионин (8,4–10,1 мг/100 г), фенилаланин (14,9–18,4 мг/100 г), лейцин (14,2–18 мг/100 г). Наиболее перспективные сорта — Дар и Салют, который содержат максимальное количество аминокислот в суммарном белке, в том числе и незаменимых (рис. 5).

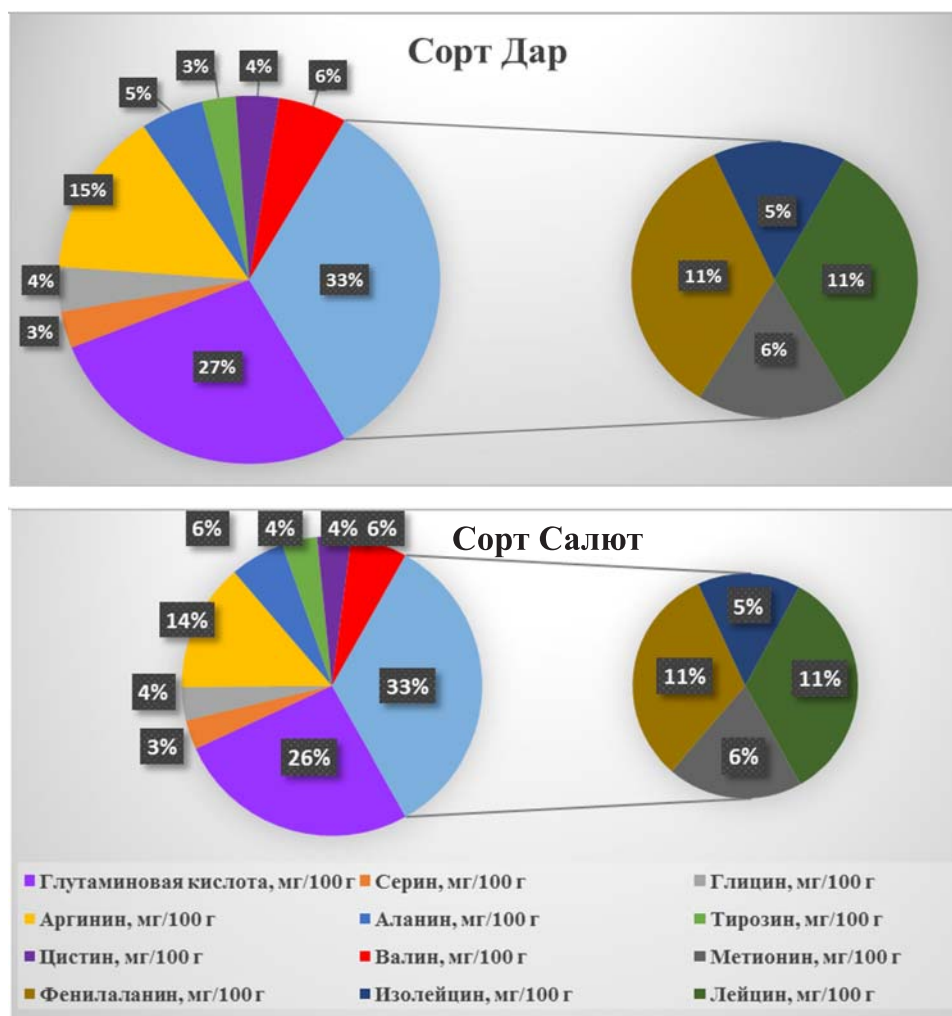


Рис. 5. Аминокислотный состав белков сортов льна масличного Дар и Салют  
Fig. 5. Amino acid composition of proteins of linseed varieties Dar and Salyut

Минимальное количество витамина В<sub>1</sub> содержится в семенах сорта Визирь (0,43 мг/100 г), максимальное — у сортов Славянин (0,64 мг/100 г), Альянс (0,66 мг/100 г) и Салют (0,70 мг/100 г) (рис. 6).

Изучен минеральный состав семян льна масличного отечественных сортов. Содержание минеральных веществ в семенах льна находится на уровне содержания данных веществ в семенах зерновых культур [29]. Основные элементы — калий, фосфор, магний, кальций, железо, натрий.

Семена льна масличного особенно богаты калием, массовая доля которого в семенах изученных сортов составила 10000,0–11500,0 мг/кг. По содержанию данного элемента следует выделить сорта Славянин (11500,0 мг/кг), Альянс (11250,0 мг/кг) и Визирь (11200,0 мг/кг) (рис. 7).

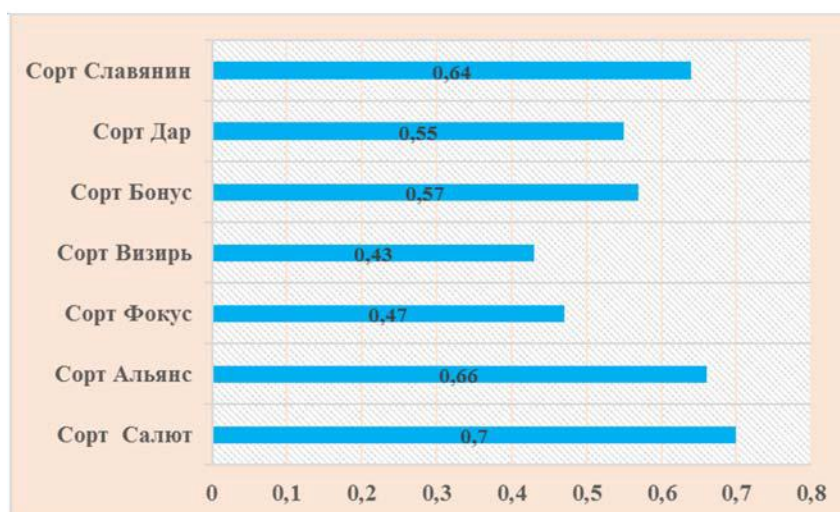


Рис. 6. Содержание витамина B<sub>1</sub> в белорусских сортах льна масличного  
 Fig. 6. The content of vitamin B<sub>1</sub> in belarusian varieties of linseed

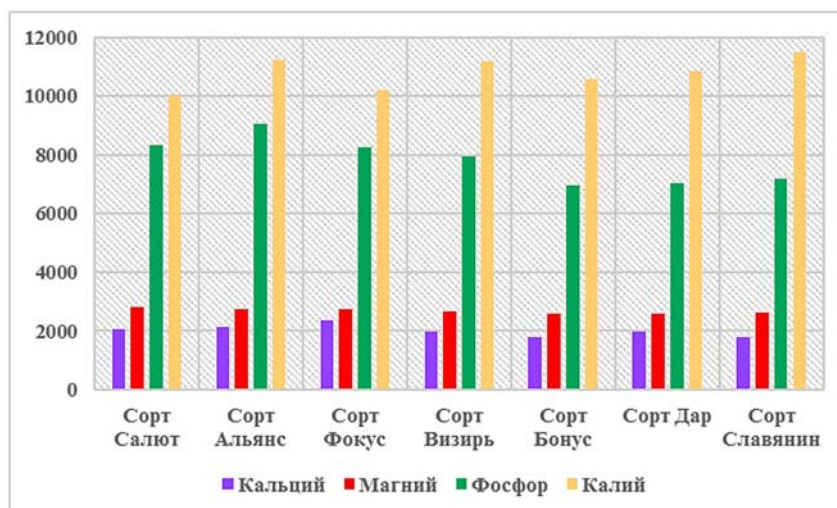


Рис. 7. Содержание основных минеральных веществ в семенах льна масличного  
 Fig. 7. The content of basic minerals in the seeds of linseed

Содержание фосфора варьировало в пределах 6935,0–9045,0 мг/кг. Максимальное его содержание отмечено в семенах сортов Альянс (9045 мг/кг), Салют (8335,0 мг/кг) и Фокус (8265,0 мг/кг).

Содержание магния в семенах белорусских сортов составило 2590,0–2810,0 мг/кг. У сортов Салют, Альянс и Фокус выявлено максимальное количество данного элемента (2810,0; 2750,0 и 2725,0 мг/кг соответственно).

Содержание кальция в семенах было незначительно ниже, чем магния и составило 1790,0–2345,0 мг/кг. Максимальное его количество отмечено в семенах сорта Фокус (2345,0 мг/кг) и значительно превышало значение данного показателя у других сортов.

В исследуемых семенах содержание натрия и железа было незначительным по сравнению с основными элементами. Так, массовая доля натрия составил 99,0–141,0 мг/кг, при этом следует выделить сорт Альянс, где обнаружено максимальное количество данного элемента (141,0 мг/кг). Массовая доля железа варьировала от 48,0 (у сорта Дар) до 67,0 мг/100 г (у сорта Альянс) (рис. 8). Таким образом по минеральному составу семян можно выделить сорта Альянс и Фокус.

Клетчатка представляет собой оболочки клеток и состоит из полисахаридов, крахмала и нерастворимых полимеров фенольного ряда и лигнинов [30]. Минимальное содержание клетчатки среди изучаемых сортов отмечено у сорта Визирь (26%), максимальное — у сорта Славянин (33,3%) (табл. 3).

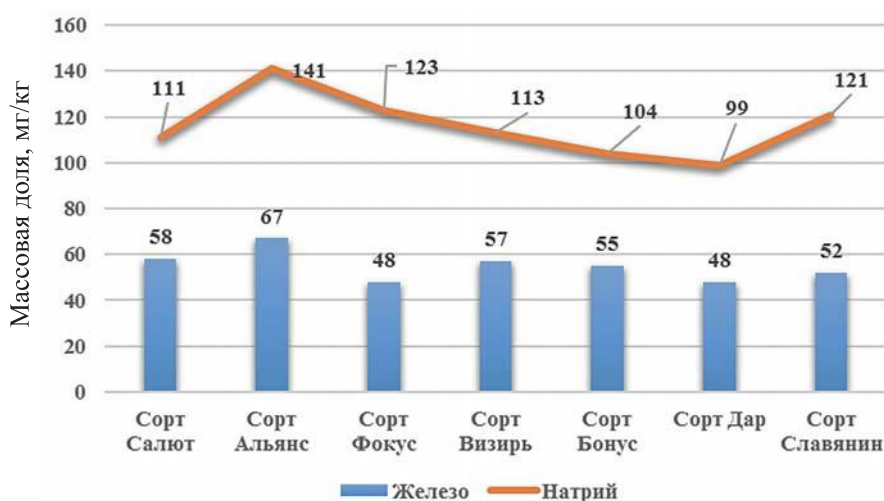


Рис. 8. Массовая доля железа и натрия (мг/кг) в составе семян сортов льна масличного  
 Fig. 8. Mass fraction of iron and sodium (mg / kg) in the composition of seeds of linseed varieties

Таблица 3. Массовая доля клетчатки и золы в белорусских сортах льна масличного  
 Table 3. Mass fraction of fiber and ash in Belarusian varieties of linseed

Наименование сорта	Массовая доля клетчатки, %	Массовая доля золы, %
Салют	27,5	3,922
Альянс	29,0	4,164
Фокус	24,8	3,910
Визирь	26,0	3,905
Бонус	32,2	3,807
Дар	30,4	4,018
Славянин	33,3	4,015

Сырая зола участвует практически во всех основных процессах жизнедеятельности организма как человека, так и животных от минерализации костей и водного баланса до метаболизма мышц, нервной активности и в работе ферментов [31]. Массовая доля золы в изучаемых семенах варьировала от 3,087% (сорт Бонус) до 4,164% (сорт Альянс).

**Заключение.** В результате изучения сортов льна масличного в полевых условиях установлено, что продолжительность вегетационного периода составила 80–86 суток. Наиболее раннеспелый сорт — Фокус. Максимальное количество коробочек сформировали растения сортов Дар (13,4 шт.) и Визирь (15,3 шт.). По числу семян в коробочке и их весу следует выделить сорт Визирь, который характеризовался максимальным значением данных показателей. Высокие значения массы 1000 семян сформировали растения сортов Славянин (6,03 г) и Фокус (6,67 г). По продуктивности семян отмечены сорта Славянин (116,4 г/м<sup>2</sup>), Салют (116,2 г/м<sup>2</sup>) и Бонус (117,9 г/м<sup>2</sup>). Наиболее высокая масличность семян 44,8% отмечена у сорта Фокус, при варьировании данного показателя в пределах 29,2–44,8% в зависимости от сорта. В составе жирных кислот льняного масла изученных сортов, преобладают  $\alpha$ -линоленовая (51,4–66,6%), линолевая (12,9–25,9%) и олеиновая (11,1–13,9%). Соотношение жирных кислот  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 составило 0,19–0,50.

Выявлены отрицательные взаимосвязи средней силы между содержанием масла в семенах с содержанием пальмитиновой ( $r=-0,643$ ), линолевой ( $r=-0,559$ ), арахидовой ( $r=-0,618$ ), положительные корреляции средней силы между содержанием масла и содержанием  $\alpha$ -линоленовой кислоты ( $r=0,581$ ).

Массовая доля белка в изученных семенах льна масличного составила от 19,80 (сорт Славянин) до 21,72% (сорт Дар). Семена исследуемых сортов характеризуются высоким содержанием таких незаменимых аминокислот, как изолейцин (5,3–8,1 мг/100 г), валин (6,7–9,4 мг/100 г), метионин (8,4–10,1 мг/100 г), фенилаланин (14,9–18,4 мг/100 г), лейцин (14,2–18 мг/100 г). Максимальное количество витамина В<sub>1</sub> содержится в семенах сортов Славянин (0,64 мг/100 г), Альянс (0,66 мг/100 г) и Салют (0,70 мг/100 г). По содержанию минеральных веществ семена льна близки к семенам зерновых культур. Основные элементы — калий, фосфор, магний, кальций, железо, натрий. Минималь-



ное содержание клетчатки отмечено у сорта Визирь (26%), максимальное — у сорта Славянин (33,3%). Массовая доля золы в изучаемых семенах варьировала от 3,087% (сорт Бонус) до 4,164% (сорт Альянс).

Таким образом, химический состав семян изученных сортов льна характеризуется высокой концентрацией физиологически активных компонентов, эссенциальных структур, необходимых для функционирования органов и систем. Благодаря такому составу белорусские сорта льна масличного являются ценным компонентом для различных отраслей перерабатывающей промышленности, в том числе и пищевой.

### Список использованных источников

1. Бобков, В. А. Технология мучных смесей для продуктов функционального назначения: диссертация ... кандидата технических наук: 05.18.01 / Бобков Владимир Александрович. Москва, 2009. — 184 с.
2. Технология функциональных продуктов питания: учеб. пособие для СПО / под общ. ред. Л. В. Донченко. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 176 с.
3. Clydesdale, F. Functional foods: Opportunities and challenges. / F. Clydesdale // Food technology magazine. — 2004. - Volume 58, No. 12.
4. Конева, С.И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий / С.И. Конева // Ползуновский вестник. — 2016 г. — №3. — С. 35–38.
5. Усень, Ю. С. Использование биопотенциала семян льна для создания пищевых концентратов функционального назначения / Ю. С. Усень, Л. В. Филатова, М. Ю. Уложинова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2017. — №2. — С. 53–59.
6. Миневич, И. Э. Функциональная значимость семян льна и практика их использования в пищевых технологиях / И. Э. Миневич // Health, Food & Biotechnology. — 2019. — № 1. — <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s224/>
7. Еникеева, А. Р. Эколого-экономические аспекты глубокой переработки льна / А.Р. Еникеева, А.В. Артемов // Дизайн и технологии. — 2009. — №14(56). — С. 69–77.
8. El-Beltagi, H. S. Evaluation of fatty acids profile and the content of some secondary metabolites in seeds of different flax cultivars (*Linum usitatissimum*) / El-Beltagi, H.S., Salama, Z.A., El-Harir, D.M. // General and Applied Plant Physiology. — 2007. — Vol. 33. — P. 187–202.
9. Nagaraj, G. *Linseed*. In: Oil Seeds, Properties, Processing, Products and Procedures. / Linseed G. Nagaraj // New India Publishing Agency, New Delhi, India. — 2009. — P. 123.
10. Wang, B. Effect of Moisture Content on the Physical Properties of Fibered Flaxseed / B. Wang, D. Li, L. J. Wang, Z.G. Huang, L. Zhang, X.D. Chen, Z.H. Mao // International Journal of Food Engineering. — 2007. — №3(5). — P. 1–11.
11. Zhang, Z. S. Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed / Z. S. Zhang, L. J. Wang, D. Li, S.S. Jiao, X.D. Chen, Z.H. Mao // Separation and Purification Technology. — 2008. — №62. — P. 192–198.
12. Goyal, A. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food / A. Goyal, V. Sharma, N. Upadhyay, S. Gill, and M. Sihag, J. // Food Sci. Technol. — 2014. — Vol. 51, no. 9. — P. 1633–1653. doi:10.1007/s13197-013-1247-9
13. Heller, K. Yields of linseed cultivar Bukoz in organic and conventional farming / Heller K., Wielgusz K. // J. Res. Appl. Agric. Eng. — 2011. — 56(3). — P. 138–142.
14. Zajac, T. Determinant of linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and its nutritional and medicinal importance / T. Zajac, A. Oleksy, B. Kulig, A. Klimek // Acta Sci. Pol., Agric. — 2010. — 9(2). — P. 47–63.
15. Тырлова, О. Ю. Разработка технологии безглютеновых полуфабрикатов в тесте с использованием полуобезжиренной льняной муки: диссертация ... кандидата технических наук. — Санкт-Петербург, 2018. — 142 с.
16. Hunter, J. E. N-3 fatty acids from vegetable oils. / J.E. Hunter // Am. J. Clin. Nutr. — 1990. — № 51(5). — P. 809–814.
17. Fataneh, P. K. Influence of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and yield components of flax seed oil (*Linum usitatissimum* L.) variety Lirina / P.K. Fataneh, I. Hamid, M. Majid, O. Hussein // J. Med. Plants Res. — 2012. — № 6(6). — P. 1050–1054. doi: 10.5897/JMPR11.1194
18. Cunnane, S. C. High  $\alpha$ -linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum*): Some nutritional properties in humans / S.C. Cunnane, S. Ganguli, C. Menard // British Journal of Nutrition. — 1993. — 69 (2). — P. 443–453.
19. Heller, K. The cultivation of linseed by ecological methods / K. Heller, A. Andruszewska, K. Wielgusz // J. Res. Appl. Agric. Eng. — 2010. — 55(3). — P. 112–116.

20. *Ganorkar, P. M.* Flaxseed — a nutritional punch / P.M. Ganorkar, R.K. Jain // *Int. Food Res. J.* — 2013. — 20(2). — P. 519–525.
21. Государственный реестр сортов / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Государственное учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». — Минск: Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2021. — 279 с.
22. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.); под ред. канд. с.-х. наук Н.К. Лемешева. — Ленинград, 1988. — 29 с.
23. Методические указания по селекции льна-долгунца; под ред. доктора с.-х. наук В.Ф. Козловской. — Москва, 2004. — 43 с.
24. *McDaniel, J.* Beneficial n-3 polyunsaturated fatty acid levels and n-6:n-3 ratios after 4-week EPA + DHA supplementation associated with reduced / J. McDaniel, E. Ickes, C. Holloman // *CRP: a pilot study in healthy young adults. Modern Research in Inflammation.* — 2013. — 2 (4). — P. 59–68. <http://dx.doi.org/10.4236/mri.2013.24008>
25. *Simopoulos, AP.* The importance of a balanced  $\omega$ -6 to  $\omega$ -3 ratio in the prevention and management of obesity / AP. Simopoulos, JJ. DiNicolantonio // *Open Heart.* — 2016;3:e000385. doi: 10.1136/openhrt-2015-000385
26. *Воронова, Н. С.* Исследование белков льна как полноценных и необходимых для здоровья человека / Н. С. Воронова, Л. С. Бередица // *Молодой ученый.* — №14 (94). — 2015. — С. 144–146.
27. *Поляков, В. А.* Изучение белкового комплекса семян льна / В. А. Поляков, А. Н. Левчук, В. А. Лях // *Вісник Запорізького національного університету.* — 2011. — №2. — С.23–28.
28. *Миневич, И. Э.* Влияние ИК-облучения на биологическую ценность семян льна / И. Э. Миневич, И. В. Ушаповский // *Аграрная наука.* — 2020. — №343 (11). — С. 134–136.
29. *Мартинчик, А. Н.* Пищевая ценность и функциональные свойства семян льна / А. Н. Мартинчик, А. К. Батурич, В. В. Зубцов, В. Ю. Малофеев // *Вопросы питания.* — 2012. — №3. — С. 3–8.
30. *Фитохимический анализ: учеб. пособие / Н. В. Кудашкина, С. Р. Хасанова, С.А. Мешерякова.* — Уфа: ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 2019. — 193 с.
31. *Ковтунова, Н. А.* Современная оценка питательности кормов сорговых культур / Н. А. Ковтунова, В. В. Ковтунов, С. И. Горпиниченко, Н.И. Сарычева // *Научный журнал КубГАУ.* — 2016. — №123(09). — С. 1–10.

#### Информация об авторах

*Маслинская Маргарита Евгеньевна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь Республиканского научного дочернего унитарного предприятия «Институт льна» (ул. Центральная, 27, Устье, 211003, Республика Беларусь). E-mail: mme-83@tut.by

*Почицкая Ирина Михайловна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник — руководитель научно-исследовательской группы Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: pochitskaja@yandex.ru

*Комарова Наталья Викторовна* — кандидат технических наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: rkik-npc@mail.ru

#### Information about authors

*Maslinskaya Marharyta Evgenievna* — PhD (Agricultural), Scientific Secretary of the Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise «Institute of flax» (27 Central Str., Ystye, 211003, Republic of Belarus). E-mail: mme-83@tut.by

*Pochitskaya Iryna Mikhailovna* — PhD (Agricultural), leading researcher — head of the research group of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pochitskaja@yandex.ru

*Komarova Natalia Viktorovna* — PhD (Technical), the head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rkik-npc@mail.ru