

ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ МУКОМОЛЬНО-КРУПЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ИСТОЧНИК БЕЛКА ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

В.А. Скрыбин, кандидат технических наук
И.А. Сабонев, кандидат биологических наук
К.А. Табанюхов

Сибирский филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
tabanyuhov93@mail.ru

Ключевые слова: биологическая ценность, пшеница, ячмень, алевроновый слой, незаменимые аминокислоты.

Реферат. Основная проблема современных зерновых культур – низкое качество белков, обусловленное недостаточным содержанием незаменимых аминокислот и, прежде всего, лизина – лимитирующей аминокислоты, от количества которой зависит полноценность использования протеинов человеческим организмом. Аминокислоты в зерне распределены неравномерно. Зародыш и алевроновый слой наиболее богаты незаменимыми аминокислотами, в первую очередь, лизином. Биологическая ценность белковых фракций зависит от уровня незаменимых аминокислот. Поэтому, к примеру, белки алевронового слоя имеют более высокую биологическую ценность, чем в остальной части эндосперма. Так, по сумме незаменимых аминокислот белок овса, хотя и незначительный, но все же более полноценен биологически, чем пшеница, рожь и ячмень. Тонкоизмельченные фракции отрубей, которые богаты незаменимыми аминокислотами, могут использоваться при пищевом и кормовом производстве.

BY-PRODUCTS OF MILLING AND CORN PRODUCTION AS A SOURCE OF PROTEIN OF INCREASED BIOLOGICAL VALUE

V.A. Scriabin, Candidate of Technical Sciences
I.A. Saboiev, Candidate of Biological Sciences
K.A. Tabanyukhov

Siberian branch of Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific
Center for Food Systems named after V.M. Gorbatov "RAS"

Key words: biological value, wheat, barley, aleurone layer, essential amino acids.

Abstract. The main problem of modern grain crops is the low quality of proteins, due to the insufficient content of essential amino acids and, above all, lysine, a limiting amino acid, the amount of which depends on the digestibility of proteins by the human body. Amino acids in the grain are unevenly distributed. The germ and aleurone layer is richest in essential amino acids, primarily lysine. The biological value of protein fractions depends on the level of essential amino acids. Therefore, for example, the proteins of the aleurone layer have a higher biological value than in the rest of the endosperm. Thus, in terms of the amount of essential amino acids, oat protein, although only slightly, is still more biologically valuable than wheat, rye, and barley. Finely divided fractions of bran, which are rich in essential amino acids, can be used in food and feed production.

Белок необходим как для роста, так и для поддержания жизни организма. Эффективность использования пищевого белка зависит от его аминокислотного состава. Набор аминокислот, необходимый для роста, заметно отличается от требуемого для поддержания жизни. На набор для роста значительно влияет аминокислотный состав вновь образуемой ткани, главным образом мышечной, тогда как набор для поддержания жизни зависит от скорости обмена отдельных незаменимых аминокислот. С практической точки зрения, основное различие между обоими наборами определяется лизином. В мышечных белках растущего организма содержится большое количество лизина, поэтому потребность в нем в период роста довольно высокая.

В противоположность этому, из всех незаменимых аминокислот лизин отличается довольно медленным обменом, поэтому для поддержания жизни его требуется немного. Эта разница потребности в лизине имеет практически решающее значение, поскольку лизин является лимитирующей аминокислотой у всех зерновых культур. По этой причине, основная проблема зерновых – низкое качество белка, который они содержат, а не его количество. Данные по балансу усвояемого азота подтверждают, что белки зерновых культур могут удовлетворить биологическую потребность взрослого человека, которому протеины требуются не для роста, а для поддержания жизни [1, 2]. Для роста детей необходимы растительные белки с повышенным содержанием незаменимых аминокислот.

Пищевая ценность муки, крупы и хлеба зависит от содержания в них незаменимых аминокислот, которые не синтезируются в организме человека. Пшеничный хлеб из муки высоких сортов особенно беден лизином, треонином и триптофаном. Наиболее важной аминокислотой, получаемой человеком из злаковых, является лизин, который входит в состав сложных белков клеточного ядра (нуклеопротеидов). Дефицит лизина в организме человека, особенно в молодом возрасте, замедляет синтез протеина в мышцах и соединительной ткани [3–5]. Треонин, в свою очередь, является основой для синтеза глицина и серина, антител, коллагена, эластина и белков зубной эмали [6].

Современные исследования подкрепляют основной вывод о том, что белки алейронового слоя и зародыша зерна обладают несравненно большей биологической ценностью, чем белки эндосперма. Они близки к физиологически активным белкам животных тканей и, соответственно, более полноценны и сбалансированы по аминокислотному составу [7].

Белок алейронового слоя по содержанию аминокислот также значительно отличается от белка эндосперма. Установлено [8], что белок алейроновых клеток зерна пшеницы по сравнению с изолированным белком эндосперма имеет в 2–3 раза большее содержание основных аминокислот – аргинина, гистидина и лизина, аспарагиновой кислоты – и резко пониженное содержание глютаминовой кислоты и пролина. По количеству аминокислот белок алейронового слоя напоминает белок зародыша. В процессе получения муки алейроновый слой, как и зародыш, попадает в отруби. Поэтому, чем лучше очищена мука, тем меньше в ней биологически ценных белков [8].

Современный помол зерна пшеницы основан на постепенном измельчении зерна и механическом разделении трех основных частей – эндосперма, зародыша и оболочек, которые резко отличаются своими физическими свойствами и химическим составом. Таким образом, при отделении от эндосперма оболочки, алейронового слоя и зародыша зерна удаляется большая часть витаминов и минеральных веществ, что снижает пищевую ценность муки и, следовательно, хлеба.

Цель исследования – получение нового вида высокобелковой муки сухим способом путем тонкого измельчения пшеничных и ржаных отрубей, лузги ячменной и овсяной с повышенным содержанием биологически активных веществ (витаминов, макро- и микроэлементов), пищевых волокон, со сбалансированным аминокислотным составом белка пищевого и кормового назначения.

При проведении экспериментальных исследований брали образцы отрубей (пшеничных и ржаных) на мукомольном предприятии «Авангард» (г. Новосибирск).

Образцы исследуемых пшеничных и ржаных отрубей, лузгу ячменную и овсяную измельчали в лабораторном молотковом измельчителе шведского производства марки MILL 3303.

Измельченные отруби и лузга с размером частиц менее 200 мкм обрабатывали на лабораторном пневмокласификаторе для отбора высокобелковой фракции муки.

В исходных пробах и полученных фракциях измельченных отрубей и лузги определяли выход продукта, зольность, содержание белка, клетчатки, жира, витаминов в соответствии с ГОСТ 10847–74; 10845–76 и общепринятыми методиками.

Химический состав целого зерна и муки был определен нами в ходе более ранних исследований [9].

Оценка биологической ценности фракций отрубей производилась путем опыта на животных (поросятах) совместно с Сибирским научно-исследовательским и проектно-технологическим институтом животноводства (СибНИПТИЖ СФНЦА РАН).

После уравнительного периода (10 дней) методом аналогов были сформированы группы животных по 20 голов. Учетный период продолжался в течение 50 дней. Контрольная группа получала обычный комбикорм, для опытной на каждый килограмм комбикорма добавляли по 50 г высокобелковой пшеничной муки (5 % к массе комбикорма) [7]. Эффективность кормовой добавки оценивали путем контрольных взвешиваний.

Анализ конечных продуктов фракционирования измельченных пшеничных отрубей свидетельствует о том, что интенсивное измельчение обеспечивает выход мелкой фракции (с размером частиц менее 200 мкм) в пределах от 30 до 37 % при уровне белка 19,0 и 17,5 % соответственно. Содержание белка в мелкой фракции выше на 23 % по сравнению с исходными отрубями (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав высокобелковой муки из измельченных пшеничных и ржаных отрубей после пневмоклассификации

Показатели	Целое зерно		Отруби (исходные)		Мука из отрубей (пневмоклассификация)	
	пшеница	рожь	пшеница	рожь	пшеница	рожь
Протеин, %	12,2	10,6	15,5	16,7	19,0	20,0
Жир, %	2,0	1,80	4,2	3,9	5,9	4,5
Клетчатка, %	2,5	2,3	9,1	4,3	4,9	3,8
БЭВ, г/кг			570,0	578,0	591,3	592,0
Зола, г/кг	20,9	20,9	52,5	38,0	33,4	34,0
Кальций, г/кг	1,0	1,1	1,3	1,2	3,6	3,2
Фосфор, г/кг	3,7	3,8	5,9	8,0	8,8	8,7
Калий, г/кг	2,38	5,0	9,9	9,05	8,7	10,30
Магний, г/кг	1,4	1,8	3,9	-	2,4	-
Железо, мг/кг	68,0		200,1	195,0	360,0	250,0
Медь, мг/кг	3,0	3,7	5,7	6,85	5,9	5,75
Цинк, мг/кг	10,0	23,7	35,0	31,35	37,1	34,05
Марганец, мг/кг	8,3	6,7	13,8	11,50	16,0	14,50
Йод, мг/кг	-	-	0,10	-	0,12	-
Витамины, мг/кг						
Е	7,5	10,0	25,0	30,1	31	32,7
В ₁	3,5	4,0	6,5	6,9	9,6	8,1
В ₂	1,17	1,38	2,3	2,7	3,9	3,8
В ₃	1,3	1,5	2,5	3,2	3,8	3,7
В ₅	-	-	-	-	72,3	73,5
Лизин, г/кг	2,5	3,7	5,7	6,5	13,3	16,5
Метионин, г/кг	1,11	1,11	1,9	0,5	2,9	0,7

Из таблицы следует, что содержание протеина в муке из ржаных отрубей превышает исходные отруби на 20,0 % (повышение с 16,7 до 20,0 %), кальция – на 2,05 г/кг, фосфора – на 0,67 г/кг, калия – на 1,25 г/кг и т. д.

Значительные превышения отмечены по содержанию витаминов (от 0,5 мг/кг для витамина В₃ до 1,2 мг/кг для витамина В₁), а также аминокислот: – лизина и метионина. В состав муки из отрубей входят, кроме того, йод, марганец, цинк, медь, железо, магний, натрий, фосфор и другие важные для организма вещества.

По сравнению с крупной и средней фракциями мелкая содержит меньше клетчатки, но количество витаминов группы В выше, чем в других фракциях и исходном продукте.

Исследования показали, что содержание белка в новом продукте значительно выше, чем в муке пшеничной высшего сорта (10 %) или первого (12 %). Он превосходит пшеничную муку и по содержанию витаминов группы В, аминокислотному составу.

Белки зародышей зерна пшеницы и ржи содержат значительно больше незаменимых аминокислот, чем белки эндосперма. Поэтому белки зародыша имеют более высокую биологическую ценность, чем целого зерна и муки (рис. 1).

Данные рис. 1 свидетельствуют о том, что мука из отрубей превосходит обычную хлебопекарную муку по содержанию таких незаменимых аминокислот, как лизин, треонин, валин.

По отношению к международному эталону состава белка, содержание незаменимых аминокислот в зерне пшеницы составляет от 30 (лизин) до 31 % (треонин), в отрубях – от 48 (треонин) до 60 % (лизин); в сортовой муке их содержание снижается до 20–34 % в связи с удалением зародыша и алейронового слоя в отрубях.

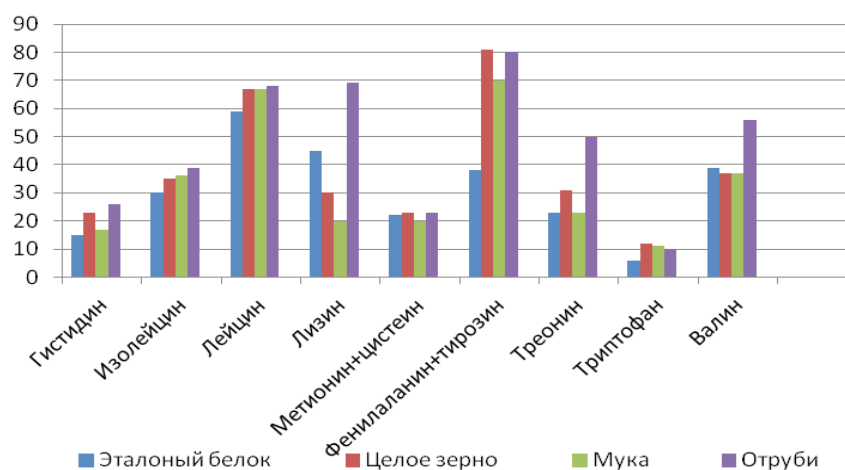


Рис. 1. Содержание незаменимых аминокислот в пшеничном зерне и отрубях в сравнении с эталонным белком

Основными побочными продуктами при переработке ячменя, овса, проса являются кормовая мука и лузга, которые находят ограниченное применение, при этом лузга практически не используется в кормопроизводстве. Объем лузги составляет от 10 % при переработке ячменя до 30 % у овса, что является существенным кормовым потенциалом.

Характеристика полученного нового продукта из лузги ячменя представлена в табл. 2. Он отличается высоким содержанием белка (19,73 %), что не уступает аналогичным показателям высокобелковой муки из пшеничных отрубей. Таким образом, ячменную кормовую муку и лузгу можно рассматривать как источник для получения продукции пищевого и кормового назначения.

Как следует из табл. 2, мука из овсяной лузги (фракция 1) превосходит исходный продукт по перевариваемому протеину в 4,6 раза, а по калорийности – на 85 ккал.

По сумме незаменимых аминокислот белок ячменя, хотя и незначительный, но более полноценен биологически, чем белок зерна пшеницы. В белке зерна пшеницы суммарное содержание незаменимых аминокислот составляет 28,2, а в белке зерна ячменя – 30,56 г/100 г белка. Наиболее отличается белок зерна ячменя по лизину (2,3 и 3,4 г/100 г белка) и треонину (2,9 и 3,8 г/100 г белка).

По содержанию отдельных аминокислот белки зерна овса заметно отличаются от белков зерна пшеницы, ржи и ячменя (рис. 2, 3). Для белков зерна овса, по сравнению с белками зерна пшеницы и ячменя, характерно повышенное содержание аргинина и резко сниженное (в 2,0–2,5 раза) – глютаминовой кислоты [10,11]. В белках зерна овса отмечено также высокое содержание незаменимой аминокислоты лизина – почти в 2 раза больше, чем в белках пшеницы.

Таблица 2

Химический состав исходных и новых продуктов из лузги и муки

Показатели	Лузга ячменная исходная	Лузга овсяная исходная	Лузга ячменная после пневмоклас- сификации	Мука из лузги ов- сяной (фракция 1)	Мука ячменная исходная	Мука из лузги ов- сяной (фракция 2)	Мука ячменная после пневмоклас- сификации
Протеин, %	16,05	6,61	19,73	9,26	8,973	7,45	12,6
Жир, %	4,61	1,18	6,04	0,74	2,02	2,06	2,03
Клетчатка, %	4,79	25,03	5,37	31,13	1,86	9,75	3,01
Зола, %	5,38	4,49	5,04	4,53	1,94	4,70	2,02
Кальций, %	0,088	0,10	0,136	0,11	0,056	0,15	0,112
Фосфор, %	0,473	0,12	0,649	0,06	0,286	0,23	0,308
БЭВ, %	55,79	49,38	52,36	41,44	74,71	62,52	71,96
Калий, %	6,0	1,40	5,4	1,10	2,4	1,60	2,4
Магний, г/кг	1,15	0,76	1,15	0,61	0,54	0,91	0,62
Железо, мг/кг	1,20	82,9	126	44,2	51	91	51
Марганец, мг/кг	22	22,1	28	14,7	10	221,8	12
Медь, мг/кг	6,5	1,4	8	9	5,5	3,2	5,5
Цинк, мг/кг	33	16,0	36	11,0	33	27,6	33
Лизин, г/кг	1,39	3,5	1,47	3,7	1,22	3,6	1,48
Витамины, мг/кг							
Е	22,6	2,10	25,7	3,10	18,3	3,02	23,5
К	2,3	-	2,6	-	-	-	-
В ₁	2,25	3,81	2,57	3,09	0,38	4,50	0,33
В ₂	6,8	1,03	7,7	9,0	1,8	3,1	2,4
В ₃	11,2	7,63	14	нет	9,3	нет	8,5
В ₅	38,2	64,72	47,8	69,46	3,2	4,13	5,9

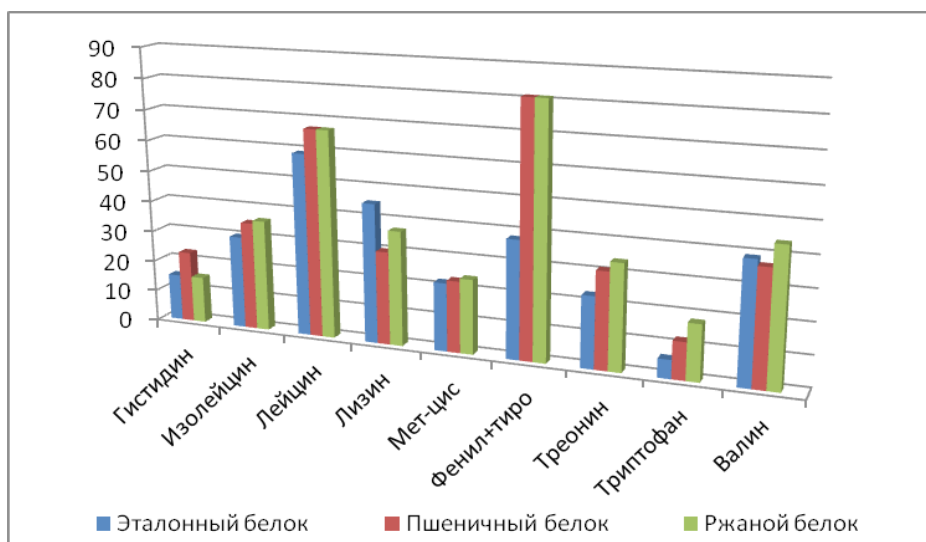


Рис. 2. Содержание незаменимых аминокислот в пшеничном и ржаном белке в сравнении с эталонным

Овсяный белок удовлетворяет почти всем требованиям к эталонному аминокислотному составу белка, за исключением лизина – лимитирующей аминокислоты. Овсяный белок превосходит пшеничный по содержанию всех незаменимых аминокислот, содержит на 62 % больше серосодержащих аминокислот (метионина и цистеина) и на 10 % больше триптофана.

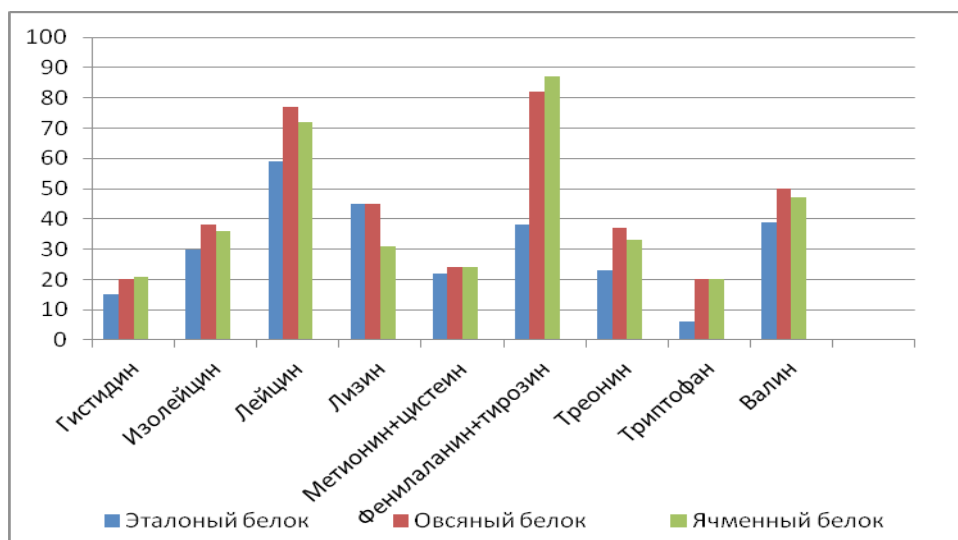


Рис. 3. Содержание незаменимых аминокислот в овсяном и ячменном белке в сравнении с эталонным

В связи с этим особый интерес представляли исследования на животных по определению биологической ценности отрубей, которая в данном случае во многом зависит от усвояемости белка.

Анализ величины прибавки массы тела поросят (табл. 3) свидетельствует о том, что измельчение частиц отрубей способствовало повышению биологической ценности их белка.

Таблица 3

Результаты опыта на поросятах

Группа	Средняя живая масса, кг		Среднесуточный прирост, г	Потребление корма на 1 кормодень, кг
	в начале опыта	в конце опыта		
Контрольная	10,1	29,3	384	0,91
Опытная	10,0	31,4	428	1,00

Среднесуточный прирост и потребление комбикорма на одного поросенка в сутки в опытной группе больше, чем в контроле, но расход корма на 1 кг прироста снизился на 90 г. Сохранность поросят в обеих группах была полной.

Использование высокобелковой муки из пшеничных отрубей в рационах поросят оказало положительное влияние на их прирост (увеличился на 6,8 %) при незначительном воздействии на сохранность поголовья и расход корма на единицу прироста.

Таким образом, опыт на поросятах с применением белково-витаминного концентрата подтвердил результаты проводимых исследований по интенсивному измельчению отрубей в лабораторных условиях. В отрубях с относительно невысоким содержанием крахмала содержится большое количество лизина, треонина, валина. При сравнении со стандартом идеального белка, предложенным ФАО/ВОЗ, белок отрубей превосходит качество такового в цельном зерне и муке. Полученные материалы позволяют сделать вывод о том, что отруби не только разбавляют муку и приносят в нее некоторое количество витаминов группы В и клетчатки, но и могут обогащать ее рядом незаменимых аминокислот, что может способствовать повышению биологической ценности муки без затрат дополнительного количества сырья иного вида (в том числе животного происхождения).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Опытным путем произведена высокобелковая мука целевого назначения из пшеничных и ржаных отрубей, лузги крупяных культур, предназначенная для выработки хлеба, хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, а также для использования в качестве компонентов комбикормов для животных и птицы.

2. Научно обосновано расширение ассортимента хлебопродуктов посредством нового вида муки с повышенным содержанием природных биологически активных веществ (витаминов, макро- и микроэлементов), пищевых волокон, со сбалансированным аминокислотным составом, по содержанию белка более чем в 2 раза превышающего традиционную сортовую муку.

3. Предложено рациональное использование зерновых ресурсов за счет выработки высокобелковой муки из побочных продуктов мукомольного производства – отрубей и лузги.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bates L. S. Amino acid analysis // Proceeding of the high lysine corn conference/ E. T. Mertz and O. E. Nelson (Editors). – Corn Ind. Res. Found. Washington D. C., 1966.
2. Dalby A., Davies I. ab I. Ribonuclease activity in the developing seeds of normal and opaque – 2 maize // Science. – 1967. – Vol. 155. – P. 1573–1575.
3. Плеханова Л. В. Технологические качества зерна: практ. пособие. – Красноярск: Знак, 2013. – 34 с.
4. Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.
5. Медицинская энциклопедия [Электрон. ресурс]. – Режим доступа <http://www.medical-enc.ru/m/28/yadohimikaty-i-pishevye-produkty.shtml>
6. Козьмина Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 2000. – 368.
7. Мачихина Л., Скрыбин В. А., Комиссаров Ю. Высокобелковая добавка из отрубей // Комбикорма. – 2004. – № 4. – С. 39–38.
8. Stevens D. J., Elton G. A. H. Thermal properties of the starch/water system. 1. Measurement of heat of gelatinization by differential scanning calorimetry // Starch/ Staerke. – 1971. – Vol. 23 (1). – P. 8.
9. Rohrllich M. Das Eiweiss der Aleuronzellen des Weizens // Naturwiss. – 1972. – Vol. 59, N 5. – P. 216–217.
10. Рудик Ф. Я. Технология и продукты здорового питания // Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: КУБиК, 2012. – 206 с.
11. Бондарев Л. Г. Микроэлементы – благо и зло. – М.: Знание, 1984. – 44 с.

REFERENCES

1. Bates L. S. Amino acid analysis. In Proceeding of the high lysine corn conference / E. T. Mertz and O. E. Nelson (Editors). - Corn Ind. Res. Found. Washington D. C., 1966.
2. Dalby A., Davies I. ab I. Ribonuclease activity in the developing seeds of normal and opaque - 2 maize. Science, 1967. - Vol. 155. - P. 1573-1575.
3. Plekhanova L. V. Technological qualities of grain: practical. allowance. - Krasnoyarsk: Znak, 2013. -- 34 p.
4. Kazakov E. D., Karpilenko. G. P. Biochemistry of grain and bakery products. - (3rd ed., Revised and ext.). - St. Petersburg.: GIOR, 2005. – 512 p.
5. Medical Encyclopedia [Electron. resource]. - Access mode <http://www.medical-enc.ru/m/28/yadohimikaty-i-pishevye-produkty.shtml>
6. Kozmina, N. P. Biochemistry of grain and products of its processing. - M.: Kolos, 2000. -- 368.
7. Machikhina L., Scriabin V. A., Komissarov Yu. High-protein additive from bran / // Compound feed. – 2004. – №4. - S. 39–38.
8. Stevens, D. J., Elton, G. A. H. Thermal properties of the starch / water system. 1. Measurement of heat of gelatinization by differential scanning calorimetry // Starch / Staerke. - 1971. - Vol. 23 (1). - P. 8.
9. Rohrllich M. Das Eiweiss der Aleuronzellen des Weizens // Naturwiss, - 1972. - Vol. 59, No. 5. B 216–217.
10. Rudik F. Ya. Technology and healthy nutrition products // - Materials VI International. scientific - prakt. conf. - Saratov: KUBiK, 2012. -- 206 p.
11. Bondarev L. G. Microelements - good and evil ./– M.: Knowledge, 1984. - 44 p.