

УДК 664.765

DOI: 10.46548/21vek-2020-0952-0017

**ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА БЕЛКОВ МУКИ  
ИЗ ПОЛУОБЕЗЖИРЕННОГО КУКУРУЗНОГО ЗАРОДЫША**

© 2020

**Чернова Елена Викторовна**, доктор экономических наук, профессор,  
профессор Высшей школы биотехнологий и пищевых производств**Баженова Ирина Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент,  
доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств**Каплин Илья Денисович**, магистрант Высшей школы биотехнологий и пищевых производств**Матвеева Юлия Аникториевна**, аспирант Высшей школы биотехнологий и пищевых производств*Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)**(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,**e-mail: chernova68@list.ru, irinabazhenova@mail.ru, krik324@yandex.ru, matveevajuliaa@mail.ru)*

**Аннотация.** Кукурузный жмых является побочным продуктом переработки зерна в кукурузное масло и представляет собой полуобезжиренный кукурузный зародыш, на долю которого приходится от 12% до 22% массы всего зерна. В США, Индии, Индонезии, Бразилии, Италии, Словении и других зарубежных странах в настоящее время проводятся работы по использованию кукурузного зародыша не только для кормления животных, но и создания продуктов питания. В Российской Федерации научно обоснованные исследования применения зародышевой муки из кукурузного шрота в производстве продуктов питания проводились в конце 70-х годов прошлого века, в то время как высокая пищевая и биологическая ценность данного сырья является предпосылкой его широкого использования. Кукурузный зародыш характеризуется высоким содержанием белка (от 12 до 26% на сухое вещество), содержит от 2,18% до 21,07% сырой клетчатки; от 7 до 55% сырого жира, характеризуется высоким содержанием минеральных веществ (8,42%), в том числе калия, магния, железа и цинка. В статье представлено исследование аминокислотного состава двух видов муки из полуобезжиренного кукурузного зародыша, произведенных в Краснодарском крае. Исследованные образцы имели достаточно сбалансированный аминокислотный состав, не лимитированы по основной для злаковых культур аминокислоте – лизину. Обнаружено высокое содержание аргинина, лизина, аспарагиновой и глутаминовой кислот. Цистеин и метионин, которые являются для кукурузы лимитирующими аминокислотами, находятся в диапазоне 0,29-0,38 %. Все незаменимые аминокислоты, кроме триптофана, имеют значения скоры выше 100 %. По лимитирующим для кукурузы серосодержащим аминокислотам значение скоры равняется 114%. Следовательно, белок муки из полуобезжиренного кукурузного зародыша имеет высокую биологическую ценность. Исследованная мука рекомендуется для использования в производстве мучных изделий, как в виде самостоятельного сырья, так и в качестве добавки к другим видам муки. При добавлении к безглютеновым видам муки (рисовой, кукурузной, овсяной) можно получать изделия высокой биологической ценности, пригодные для питания людей, больных глютеновой энтеропатией (целиакией).

**Ключевые слова:** мука из полуобезжиренного кукурузного зародыша, аминокислотный состав белков, биологическая ценность, глютеновая энтеропатия.

**STUDY OF THE AMINO ACID COMPOSITION OF THE SEMI-SKIMMED CORN GERM**

© 2020

**Chernova Elena Viktorovna**, doctor of economic sciences, professor,  
professor of the Higher School of Biotechnology and Food Production**Bazhenova Irina Anatolyevna**, candidate of tech. sciences, associate professor,  
associate professor of the Higher School of Biotechnology and Food Production**Kaplin Ilya Denisovich**, master of Higher School of Biotechnology and Food Production**Matveeva Yuliya Aniktorievna**, postgraduate student, Higher School of Biotechnology and Food Production*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University**(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya, 29,**e-mail: chernova68@list.ru, irinabazhenova@mail.ru, krik324@yandex.ru, matveevajuliaa@mail.ru)*

**Abstract.** Corn cake is a by-product of the processing of corn into corn oil. It is a semi-skimmed corn germ, which accounts for 12 - 22% of the total grain weight. Currently, in the USA, India, Indonesia, Brazil, Italy, Slovenia and other foreign countries, work is being carried out on the use of corn germ not only for feeding animals, but also for creating food products. In the Russian Federation, scientifically substantiated studies of the use of seed meal from corn meal in food production were carried out in the late 70s of the last century, while the high nutritional and biological value of this raw material is the reason for its widespread use. Corn germ is characterized by a high protein content (from 12 to 26% on dry matter), contains from 2.18 to 21.07% of crude fiber; from 7 to 55% crude fat, characterized by a high content of minerals (8.42%), including potassium, magnesium, iron and zinc. The article presents a study of the amino acid composition of two types of flour from semi-skimmed corn germ, produced in the Krasnodar region. The studied

samples had a fairly balanced amino acid composition and were not limited in terms of the main amino acid for cereals - lysine. A high content of arginine, lysine, aspartic and glutamic acids was found. Cysteine and methionine, which are limiting amino acids for corn, are in the range of 0.29-0.38%. All essential amino acids, except tryptophan, have a score value above 100%. For the sulfur-containing amino acids limiting for corn, the rate is equal to 114%. Consequently, the protein from semi-skimmed corn germ flour has a high biological value. The tested flour is recommended for use in the production of flour products, both as an independent raw material and as an additive to other types of flour. When added to gluten-free types of flour (rice, corn, oatmeal), products of high biological value can be obtained, suitable for feeding people with gluten enteropathy (celiac disease).

**Keywords:** semi-skimmed corn germ flour, amino acid composition, biological value, gluten enteropathy.

**Введение.** В последние годы большое значение уделяется производству продуктов питания из побочных продуктов переработки зерновых культур. Одним из них является кукурузный жмых, который получают после отжима масла из кукурузного зерна [1]. Он представляет собой полубезжиренный кукурузный зародыш, характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью и может быть использован как источник основных нутриентов в питании человека.

В Российской Федерации и странах постсоветского пространства исследование кукурузного зародыша как пищевого сырья проводилось в 70-е годы XX в. [2]. Другие работы посвящены использованию данного вида сырья в качестве кормовых добавок [3, 4] и получению биологически активных веществ [5]. В зарубежных странах (США, Индии, Индонезии, Бразилии, Италии, Словении и др.) в настоящее время достаточно активно проводится исследование кукурузного зародыша как добавки к кормам для животных, а также разрабатываются различные виды пищевых продуктов для использования в питании человека.

На долю кукурузного зародыша приходится от 12 [6] до 22% [7] массы всего зерна. Данные по химическому составу кукурузного зародыша разных авторов имеют широкий разброс. Это связано с сортовыми особенностями, климатическими условиями, агротехническими приемами возделывания культур, а также от метода извлечения масла [7]. Химический состав кукурузного жмыха характеризуется высоким содержанием белка: от 12 до 26% на сухое вещество [2, 8]. Кукурузный зародыш может содержать от 2,18 [9] до 21,07% [10] сырой клетчатки; от 7 до 55% сырого жира [11]. *Barbieri R, Casiraghi E.M.* отмечают высокое содержание минеральных веществ (8,42%), в том числе калия, магния, железа и цинка [12]. В таблице 1 представлен химический состав кукурузного зародыша (по данным *Habagonde S.* [13, С. 39]).

Таблица 1 – Химический состав кукурузного зародыша

Показатель	Содержание, % на сухое вещество
Влага	8,42
Сырой протеин	22,19
Сырая клетчатка	22,69
Зола	1,72
Безазотистые экстрактивные вещества	57,22

В большой степени пищевая и биологическая ценность сырья и продуктов определяется количеством и качеством белка. В кукурузном зародыше белки в

основном представлены альбуминами и глобулинами [14, 15]. В них не обнаружен дефицит лизина и лейцина, но есть недостаток триптофана [7]. Избыточная термическая обработка во время экстракции масла может привести к снижению усвояемости белка и некоторых термолабильных аминокислот, особенно лизина.

В таблице 2 представлены данные по исследованиям аминокислотного состава белка кукурузного зародыша.

Таблица 2 – Аминокислотный состав кукурузного зародыша

Аминокислота	Количество, мг/г белка					
	Lin C.S., Zayas J.F., 1987 [16]	Ambika R. etc, 2012 [6]	Barbieri R, Casiraghi E.M., 1983 [12]	Masoumikhah Z, Zargari K., 2013 [17]	Rush-ton D.H., 2002 [18]	Поло- бел Л., 2011 [3]
Аргинин	95	160	130	155	-	57
Гистидин	-	-	70	64	34.3	57
Изолейцин	26	26	70	84	36.1	72
Лейцин	-	103	180	186	75	130
Лизин	-	120	94	94	57	-
Метионин	26	16	60	40	31	68
Фенилаланин	-	40	90	104	70	67
Треонин	-	-	110	83	47	84
Триптофан	43	21	20	70	20	13
Валин	43	30	69	53	57	65
Аланин	70	55	140	138	70	117
Аспаргиновая кислота	-	40	140	168	91	-
Цистеин	16	11	40	33	-	-
Глутаминовая кислота	61	118	320	284	141	228
Глицин	61	-	110	123	62	94
Пролин	45	59	130	109	83	71
Серин	56	-	100	80	48	-
Тирозин	43	31	70	70	-	64

В основе определения аминокислотного состава лежит гидролиз белков с дальнейшим определением индивидуальных аминокислот с помощью газо-жидкостной хроматографии. Для гидролиза используют различные реагенты. В большинстве исследований образцы гидролизуют кислотой, за исключением триптофана, который выделяют при щелочном гидролизе. В работах *Lin C.S., Zayas J.F.* (1987) и *Ambika R. etc* (2012) обезжиренный белок зародышей кукурузы, полученный путем экстракции гексаном, гидролизуют п-толуолсульфоновой кислотой при 100 °С в течение 31 часа. Высокая биологическая ценность обезжиренного кукурузного зародыша проявляется в значительном содержании лизина (5,38-5,88 г на 100 г белка) по

сравнению с уровнем лизина в кукурузном зерне (2,8 г лизина на 100 г белка). Наряду с этим отмечается недостаток триптофана.

Как видно из таблицы 2 некоторые показатели имеют большие расхождения. Это связано с сортом культуры, регионом ее выращивания и природными особенностями той или иной страны.

Биологическая ценность белков круп определяет степень их усвоения и аминокислотным составом [19]. Кукурузный зародыш богат содержанием как заменимых, так и незаменимых аминокислот, что делает его крайне полезным сырьем для производства различных изделий и использования в питании человека [20, 21]. Ни один белок в составе кукурузного зародыша не может формировать глютен в продукте, поэтому его можно применять в питании людей больных целиакией. Крайне важным свойством является то, что аминокислотный состав при переработке основного сырья не ухудшается, что делает возможным использование данного вторичного сырья в производстве продукции питания.

**Целью** исследования является проведение исследования аминокислотного состава белков муки из полуобезжиренного кукурузного зародыша и разработка рекомендаций по ее использованию в питании человека.

**Материалы и результаты исследования.** В испытательном центре ФГБНУ ВНИИП были проведены исследования двух видов муки из полуобезжиренного кукурузного зародыша. Представленные ООО «Радуга» (Российская Федерация, Краснодарский край) образцы соответствовали техническим условиям на данный вид сырья [22]: цвет – серовато-коричневый, запах свойственный данному виду муки, вкус – без привкусов горечи, кисловатого и других посторонних привкусов, консистенция – без посторонних включений. Определение аминокислотного состава проводили по М-04-38-2009 «Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза Капель». Измерения проводились при длине волны 254 нм, температуре 30 °С. Ввод пробы: давление – 30 мбар, время ввода – 5 с, напряжение – 25 кВ. Результаты представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что полуобезжиренная мука кукурузного зародыша содержит значительное количество аргинина, лизина, аспарагиновой и глутаминовой кислот. Цистин и метионин, которые являются для кукурузы лимитирующими аминокислотами, находятся в диапазонах 0,40-0,42 и 0,33-0,34% соответственно. В средних значениях, как и в пшенице, находятся аланин и валин. Содержание изолейцина и лейцина, играющих важную роль в метаболизме и в синтезе белков, близко к оптимальным суточным потребностям. Серин и фенилаланин содержатся в незначительных количествах. При сравнении показателей аминокислотного состава, приведенных в работе иностранных исследователей, было выявлено значи-

тельное различие в количествах метионина и лизина. В муке кукурузного зародыша из Краснодарского края данные аминокислоты имеют высокий процент содержания в белке. Триптофан же имеет во всех исследованиях крайне малые значения. Валин и аланин во всех сортах кукурузы имеют приблизительно одинаковые показатели. Большие различия в содержании других аминокислот связаны с сортом выращиваемой кукурузы, с особенностями местности и агротехнологии, температурным режимом.

Таблица 3 – Аминокислотный состав белков муки из полуобезжиренного кукурузного зародыша

Аминокислота	Количество, % от 100 г	
	мука из кукурузного жмыха «Белореченская»	мука из кукурузного жмыха «Северская»
Аланин	1,48±0,38	0,56±0,15
Аргинин	1,85±0,74	2,00±0,80
Аспарагиновая кислота	1,14±0,46	1,26±0,51
Валин	1,08±0,37	1,17±0,40
Гистидин	0,68±0,34	0,70±0,35
Глицин	1,34±0,45	1,46±0,50
Глутаминовая кислота	1,77±0,71	2,13±0,85
Лейцин+ изолейцин	2,07±0,54	2,32±0,60
Лизин	1,31±0,45	1,38±0,47
Метионин	0,33±0,13	0,34±0,14
Пролин	1,52±0,40	1,71±0,44
Серин	1,20±0,31	1,30±0,34
Тирозин	0,62±0,19	0,68±0,20
Треонин	0,92±0,37	0,92±0,37
Фенилаланин	0,80±0,24	0,91±0,27
Цистин	0,40±0,20	0,42±0,21

Для определения биологической ценности был рассчитан аминокислотный скор наиболее важных аминокислот для человеческого организма: валина, лейцина, лизина, триптофана, изолейцина, метионина, треонина и фенилаланина (табл. 4).

Таблица 4 – Скоры незаменимых аминокислот белка кукурузного зародыша

Аминокислота	Аминокислотный скор, %
Валин	106
Лейцин	107
Лизин	188
Триптофан	94
Изолейцин	160
Метионин и цистин	114
Треонин	207
Фенилаланин и тирозин	173

Все незаменимые аминокислоты, кроме триптофана, имеют значения скоры выше 100%. По лимитирующим для кукурузы серосодержащим аминокислотам значение скоры равняется 114%. Следовательно, белок муки из полуобезжиренного кукурузного зародыша имеет высокую биологическую ценность. Исследо-

емая мука рекомендуется для использования в производстве мучных изделий, как самостоятельное сырье, так и в виде добавки к другим видам муки. При добавлении к безглютеновым видам муки (рисовая, кукурузная, овсяная) можно получать изделия высокой биологической ценности, пригодные для питания больных целиакией.

**Заключение.** Проведенное исследование аминокислотного состава муки из полуобезжиренного кукурузного зародыша показало, что она имеет достаточно сбалансированный аминокислотный состав, не лимитирована по основной для злаковых культур аминокислоте – лизину. Мука может применяться для производства мучных изделий из теста, не требующего хорошего качества клейковины (песочного, вафельного) или для частичной замены пшеничной муки в традиционных рецептурах. Так как белок кукурузного зародыша не содержит глютен, то использование данного сырья перспективно для производства продуктов для людей с глютеновой энтеропатией.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Нюдлеева И.А., Чернова Е.В., Матвеева Ю.А. Химический состав кукурузного жмыха и перспективы его использования в мучных кондитерских изделиях функционального назначения // Global science. Development and novelty. Collection of scientific papers, on materials of the IV international scientific-practical conference 25.12.2017 Ed. SPC «LJournal», 2017. – P. 36-39.
2. Кулакова Е.В. Использование зародышевой муки из кукурузного шрота для обогащения молдавских национальных блюд: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М. 1978. 23 с.
3. Подобед Л. Питательная ценность жмыха из зародыша кукурузы // Комбикорма. 2011. № 5. С. 57-58.
4. Бондаренко Е.М. Продуктивные качества и состояние обмена веществ у бройлеров при использовании кукурузного зародыша и жмыха: диссертация ... канд. биол. наук. Рязань. 2002. 106 с.
5. Шаззо А.А. Разработка технологии переработки зародышей зерна кукурузы и изучение потребительских свойств получаемых продуктов и БАД: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Краснодар. 2011. 28 с.
6. Ambika Rajendran R., Nirupma Singh, Vinay Mahajan, D.P. Chaudhary, Sapna, Kumar R.S. Corn Oil: An emerging industrial product. 2012. Directorate of Maize Research, New Delhi, Technical Bulletin, No. 8. 36 p.
7. Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Агропромиздат, 1989. 368 с.
8. Gupta H.O., Eggum B.O. Processing of maize germ oil cake into edible food grade meal and evaluation of its protein quality. Plant Foods Human Nutrition. 1998. V. 52. P. 1-8.
9. Ramos L.N., Teixeira L.A., Rostango H.S. etc. Metabolizable energy values of feedstuffs to broilers. Brazilian Journal of Animal Science. 2007. V. 36 (5). P. 1354-1358.
10. Sowjanya Lakshmi R. K., Nagaraja Kumari K. and Ravikanth Redd P. Corn Germ Meal (CGM) – Potential Feed Ingredient for Livestock and Poultry in India. A Review. International Journal of Livestock Research. 2017. V. 7 (8). P. 38-50.
11. Гольдштейн В.Г., Носовская Л.П., Адикаева Л.В., Чернова Т.А. О качестве кукурузного зародыша влажного способа отделения // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 12. С. 119-120.
12. Barbieri R, Casiraghi E.M. Production of a food grade flour from defatted corn germ meal. Food Science and Technology. 1983. V. 18 P. 35-41.
13. Habagond S. Effect of Feeding Corn (Zea Mays) Germ Meal in Rab-bits. M.V.Sc. thesis, 2013. P.120-121.
14. Матвеева Ю.А., Чернова Е.В., Баженова И.А. и др. Исследование фракционного состава белков кукурузного жмыха // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019. № 2 (46). С. 140-144.
15. Siddiq M., Nasir M., Ravi R., Dolan K.D. etc. Effect of defatted maize germ addition on the functional and textural properties of wheat flour. International Journal of Food Properties. 2016. V. 12 P. 147.
16. Lin C.S., Zayas J.F. Influence of corn germ protein on yield and quality characteristics of comminuted meat products in a model system. J. Food Sci. 1987. V. 52 (3). P. 545-548.
17. Masoumikhah Z., Zargari K. Effects of additional low fatty corn germ flour on rheological properties and sensory of macaroni. Annals of Biological Research, 2013. V. 4 (10). P. 61-66.
18. Rushton D.H. Nutritional factors. Clinical and Experimental. 2002. V. 27 (5). P. 396-404.
19. Чернова Е.В. Новый метод оценки биологической ценности белков кулинарно обработанных круп // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2001. № 1 (260). С. 11-13.
20. Albuquerque C.S., Rabello C.B., Santos M.J.B. etc Chemical composition and metabolizable energy values of corn germ meal obtained by wet milling for layers. Brazilian Journal of Poultry Science. 2014. V. 16 (1). P. 107-112.
21. Zayas J.F., Lin C.S. Frankfurters supplemented with corn germ protein: Sensory characteristics, proximate analysis and amino acid composition. Journal of Food Quality. 2007. V. 11 (6). P. 461-474.
22. ТУ 9293-008-55104471-15 Мука полуобезжиренная. Разработаны ООО ПФ «Радуга». – Ст. Северская, 2015. – 8 с.

Статья поступила в редакцию 02.08.2020

Статья принята к публикации 14.09.2020