

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

УДК 664.786

**Васюкова А.Т., Кусова И.У., Мошкин А.В., Дышекова М.М.,
Мячикова Н.И.**

Vasyukova A.T., Kusova I.U., Moshkin A.V., Dyshekova M.M., Myachikova N.I.

Содержание флавоноидов и антиоксидантов в сухих функциональных смесях на основе зернобобового сырья

Content of flavonoids and antioxidants in dry functional mixtures based on grain legume raw materials

<p>На основании анализа содержания флавоноидов и антиоксидантов в зернобобовом сырье обоснована возможность разработки сбалансированных продуктов для персонализированного питания. Несбалансированность витаминно-минерального комплекса создает прецеденты отказа потребителей от этих продуктов для употребления. Поэтому, важным является моделирование продуктов с БАД – основа решения проблемы обеспеченности населения полноценным питанием</p>	<p>Based on the analysis of the content of flavonoids and antioxidants in legume raw materials, the possibility of developing balanced products for personalized nutrition is substantiated. The imbalance of the vitamin-mineral complex creates precedents for consumers to refuse these products for consumption. Therefore, it is important to model products with dietary supplements - the basis for solving the problem of providing the population with adequate nutrition</p>
<p>Ключевые слова: здоровое питание, зернобобовые культуры, моделирование рецептур</p>	<p>Keywords: healthy eating, legumes, recipe modeling</p>
<p>Мошкин Александр Владимирович – инженер-технолог, ООО «СторХан», г. Одинцово</p>	<p>Moshkin Alexander Vladimirovich – engineer-technologist, OOO "StorKhan", Odintsovo</p>
<p>Дышекова Милана Мухамедовна – аспирант, кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса РОСБИОТЕХ, г. Москва</p>	<p>Dyshekova Milana Mukhamedovna – Aspirant, Department of Food Industry, Hospitality Business and Service, ROSBIOTECH, Moscow</p>
<p>Мячикова Нина Ивановна – доцент, зав. кафедрой технологии продуктов питания НИУ «БелГУ», г. Белгород</p>	<p>Myachikova Nina Ivanovna – Associate Professor, Head of the Department of Food Technology, National Research University "BelSU", Belgorod</p>
<p>Научный руководитель – Васюкова Анна Тимофеевна, профессор, кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса РОСБИОТЕХ, г. Москва</p>	<p>Supervisor – Vasyukova Anna Timofeevna, Professor, Department of Food Industry, Hotel Business and Service, ROSBIOTECH, Moscow</p>
<p>Научный руководитель – Кусова Ирина Урзумаговна, доцент, зав. кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса РОСБИОТЕХ, г. Москва</p>	<p>Supervisor – Kusova Irina Uruzmagovna, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service of the ROSBIOTECH, Moscow</p>

В настоящее время суммарное содержание антиоксидантов и их антиоксидантная активность достаточно полно установлены в овощах и

фруктах. При этом найдено, что по сравнению с эквивалентным количеством мягких фруктов или широко употребляемых в пищу овощей цельное зерно злаков обеспечивает более высокое количество связанных полифенолов.

Антиоксиданты в бобовых, такие как флавоноиды, фенольные кислоты, лигнаны и танины, в изобилии содержатся в семенных оболочках [4, 5]. Эти фенольные соединения обладают рядом благоприятных физиологических свойств, которые полезны при хронических заболеваниях. Антиоксиданты естественным образом присутствуют в семенах бобовых (кварцетин и кемпферол); однако технологическая обработка и прорастание семян могут уменьшить их присутствие [6]. Антиоксидантная активность и фенольные соединения в сырых бобовых были описаны в нескольких более ранних сообщениях.

Более того, пептиды, высвобождаемые после ферментативного гидролиза, также действуют как антиоксиданты, поскольку фенольные, индолевые и имидазольные группы, содержащиеся в их аминокислотах, действуют как доноры протонов, которые стабилизируют свободные радикалы [7]. В частности, общие гидролизаты (ТН) или пептиды, полученные после ферментативного гидролиза и процедур фракционирования из белков бобовых, таких как нут, соя, горох, чечевица, маш и обычная фасоль, продемонстрировали важный антиоксидант и ангиотензин-І-превращающий фермент (ACE) [8].

Полифенольные соединения, придающие зерну пшеницы красный пигмент, синтезируются путями биосинтеза флавоноидов. Хими и Нода (2005). Флаванон-3-гидроксилаза (F3H) является ключевым ферментом в точке расхождения флавоноидного пути, который приводит к выработке различных пигментов, проантоцианидина и антоцианина. Хими и др. (2011). На сегодняшний день известен ряд структурных генов, принимающих участие в биосинтезе флавоноидов в пшенице (Хлесткина и др., 2015).

Антоцианы в злаках. На сегодняшний день выведено несколько элитных линий голубой пшеницы. Эти линии несут *Th. ponticum* или *T. monococcum* интрагеномные хромосомы. В околоплоднике зерен красного риса накапливается проантоцианидин (Sweeney et al., 2006), в то время как в зернах фиолетового риса накапливается антоцианин (Rahman et al., 2013). Wei et al. (2013) показали, что у ячменя доминантный ген *Blp*, отображенный на хромосоме 1HL, контролирует черный цвет зерна, в то время как комплементарные доминантные гены *Pre1* и *Pre2*, отображенные на хромосоме 2HL, определяют фиолетовый.

Биосинтез антоцианов в кукурузе регулируется взаимодействиями между двумя наборами факторов транскрипции, которые кодируются четырьмя видами генов, регулируют пигментацию алейрона в ядре, а *p11* и

b1 регулируют ее в организме растения (Chandler et al., 1989). (Sharma et al., 2011). Таким образом, Zmf3'h1 играет важную роль в формировании разнообразия антоцианов, флобафенов, 3-дезоксиантоксантинидинов и С-гликозилфлавоновых соединений; последние два из этих соединений придают растениям кукурузы устойчивость к вредителям и патогенам (Николсон и Хаммершмидт, 1992; Бирн и др., 1996).

Окраска кукурузы представляет собой транскрипционный фактор типа R2R3-MYB, который контролирует накопление кирпично-красных флобафеновых пигментов в околоплоднике зерна кукурузы. Флобафены представляют собой полимеры флаванолов апифорола и лютеофорола и образуются из нарингенина или эриодиктиола дегидрофлавонолредуктазой (DFR), которая кодируется кукурузой A1. (Casas et al., 2014). В большинстве элитных линий, используемых при производстве гибридной кукурузы, отсутствуют флавоны. Касас и др. (2014) показали, что линии кукурузы, несущие аллель P1-rr в сочетании с рецессивным a1, накапливают флавоны в тех же количествах, что и богатые флавонами овощи. Эти результаты свидетельствуют о том, что полезные с точки зрения питания флавоны могут быть повторно введены в элитные линии для повышения диетической ценности кукурузы.

Биосинтез флавоноидов начинается с фенилпропаноидного пути, при котором фенилаланин превращается в п-кумароил-КоА. Этот путь опосредован флавоноидом метаболоном, который прикреплен к цитоплазматической поверхности эндоплазматического ретикулума (Kaur-Sawhney et al., 2003). Основная углеродная структура флавоноидов образуется в результате двухстадийного процесса конденсации, который осуществляется халконсингтазой и халкон-изомеразой. Синтез проантоксантинидинов ответвляется от антоцианинового пути после восстановления дигидрокверцетина до лейкоантоксантинидина. Двумя основными ферментами, участвующими в образовании проантоксантинидинов, являются лейкоантоксантинредуктаза и антоцианидинредуктаза (Bogs et al., 2005).

Систематический поиск показал, что среди зерновых бобовых культур было обнаружено ограниченное количество образцов, оцененных на наличие флавоноидов. Различия в содержании флавоноидов до двух раз были отмечены в горохе, арахисе (*Arachis hypogaea* L.), гуаре [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.], бобах маш и зародышевой плазме сои. Различия в зародышевой плазме нута и лимской фасоли (*Phaseolus lunatus* L.) были в 76 и 86 раз соответственно. Кверцетин был наиболее распространенным флавонолом в фасоли (Ojwang et al., 2012), в то время как кемпферол и кверцетинфлавонол были наиболее распространенными флавонолами в обыкновенной фасоли (Doria et al., 2012).

Обработка пищевых продуктов не только улучшает вкус и вкусовые

качества продуктов, но и увеличивает биодоступность питательных веществ, инактивируя антипитательные факторы, ингибиторы роста и гемагглютины [6]. Приготовление пищи вызывает ряд изменений в химическом составе и физических характеристиках сухих бобовых, которые обычно готовятся в процессе кипячения перед использованием. Также можно использовать кипячение под давлением и пропаривание. Технология обработки под высоким давлением может обеспечить высокое качество пищевых продуктов (вкус, цвет, биологически активные компоненты) [9].

Процессы замачивания, кипячения и пропаривания значительно влияют на общее содержание фенолов и антиоксидантную активность в бобовых, таких как зеленый горошек, желтый горошек, нут и чечевица. Изменения зависят от типа бобовых и условий обработки. Процесс пропаривания приводит к меньшим потерям в технологически регулируемой среде (ТРС), антиоксидантной активности и потере массы, чем процесс кипячения. Следовательно, пропаривание рекомендуется для приготовления бобовых в домашних условиях и промышленных процессах, для сохранения антиоксидантных компонентов и сокращения времени приготовления. Изменения общих антиоксидантных свойств обработанных пищевых продуктов можно отнести к синергетическим комбинациям или противодействию нескольких типов факторов, таких как окислительная реакция, выщелачивание водорастворимых антиоксидантных композиций, образование или разрушение этих композиций и потери массы вещества во время обработки [9].

Цель работы - исследование флавоноидов и антиоксидантов в сухих функциональных смесях (СФС), разработанных на основе зернобобового сырья.

Основными задачами проведенной работы - установление оптимальных концентраций зерновых и бобовых компонентов для изготовления сухих функциональных смесей, обладающих сбалансированным аминокислотным составом, повышенной концентрацией флавоноидов и антиоксидантов.

В этой связи разработаны две рецептуры СФС - ЗВС-2 и 4ДС-3, которые включали следующие компоненты (г/100 г): гречиха - 37; пшено - 24; горох - 15 - 23; крупа перловая (ячмень) - 9-12; рожь - 9; полба - 5; чечевица - 26,3; полба - 11; овес - 6; специи, душистый перец, молотый - 0,2; кориандр семена - 0,3 (табл. 1 и 2).

Таблица 1 - Содержание флавоноидов и антиоксидантов в смеси 4ДС-3

Ингредиенты	Вес, г	Квапрцетин, мг	Флавоноиды, мг [1]	Оксиароматические кислоты, мг [3]	Витамин С, мг	Алкилрезорцины, мг	Суммарное содержание антиоксидантов (CCA), мг [3]	Антиоксидантная активность (AOA), мг/дм3[2]
Гречиха	37	2,96	0,33	0,10			67,34	0,110-0,344
Пшено	24	0,0	0,6	14,7-35,28			5,76	
Горох	15	0,41	1,49		3,75		12,6-15,3	
Крупа перловая	9		0,64	4,02-12,06			6,39	0,513
Рожь	9		0,63	11,88		5,202-9,07	2,61	0,508
Полба	5		0,34	6,7		1,69	1,2-3,15	0,496
Душистый перец	0,2		1,1		0,08		3,61	
Итого	100	3,37	5,13	18,72-66,02	3,83	6,892-10,760	99,51-104,16	1,627-1,861

Значительный объем проведенных исследований показал, что СФС содержат большое количество полифенолов и антиоксидантов, которые при правильном применении могут иметь большие возможности для промышленного выпуска данных смесей в пищевой промышленности. Однако увеличение объемов реализации пищевых продуктов с СФС, содержащих сбалансированный аминокислотный состав, обладающих антиоксидантными свойствами, зависит от принятия этой продукции потребителями.

Таблица 2 - Содержание флавоноидов и антиоксидантов в смеси 3ВС-2

Ингредиенты	Вес, г	Кварцетин, мг	Флавоноиды, мг [1]	Оксиароматические кислоты, мг [3]	Витамин С, мг	Алкилрезорцины, мг	Суммарное содержание антиоксидантов (CCA), мг [3]	Антиоксидантная активность (AOA), мг/дм3[2]
Чечевица	26,3		2,38	0,133	1,16		11,05-18,94	
Горох	23	0,63	1,49	0,100	5,75		19,32-23,46	
Пшено	24			14,7-35,28	-		5,76	
Крупа перловая	12			5,36-16,08	-		8,82	0,513
Полба	11			14,74	-	3,73-8,35	2,64-6,93	0,496
Овес	6			2,83	-		2,04-4,14	0,551
Кориандр семена	0,3	0,7	8,91	9,06	0,05		19,09-21,54	
Душистый перец	0,2				0,08		3,61	
Итого	100	1,33	12,78	46,923-78,223	7,04	3,73-8,35	72,33-93,20	1,560

Норма ежедневного потребления антиоксидантов (Г.Г. Онищенко, 2004) [10] для здорового человека в пределах 350 мг в сутки, для больных людей и людей с интенсивной физической нагрузкой (спортсменов) – более 1200 мг в сутки. Так, при употреблении в пищу блюд и кулинарных изделий, содержащих злаки и бобовые культуры (хлеб, каши, кондитерские изделия) может вносить существенный вклад в эту дневную норму [14-16].

Проведенные исследования показывают, что суммарное содержание антиоксидантов у смеси 4ДС-3 на 28,0% больше, чем у смеси ЗВС-2. Значение ССА значительно выше второго образца, так как в 4ДС-3 содержится гречиха в большой концентрации – 37,0%. Среди хлебных злаков наибольшее содержание антиоксидантов – в гречихе. Это не удивительно, так как зерна гречихи содержат такие антиоксиданты, как рутины, токоферолы и фенольные кислоты, поэтому эти зерна могут храниться долгое время без химических изменений [11]. В бобовых (табл. 2) ССА больше в горохе, чем в чечевице примерно в 2 раза.

Растущий интерес к здоровому питанию за последние два десятилетия определил разработку ряда новых функциональных продуктов питания. Благодаря их использованию в различных пищевых матрицах можно шире употреблять растительные ингредиенты, поскольку они полезны для здоровья [12]. Зернобобовые культуры имеют высокое содержание белка и клетчатки, не содержат глютена, низкий гликемический индекс, антиоксидантный потенциал и многочисленные функциональные свойства, такие как способность связывать воду и поглощать жир [13-16]. Это делает зернобобовые очень полезными в качестве новых ингредиентов для улучшения питательных качеств продуктов [13]. Поэтому интерес к их потреблению, похоже, растет во всем мире.

Литература:

1. Prati S., Baravelli V., Fabbri D., Dinelli D. Composition and content of seed flavonoids in mixtures of forage and leguminous crops // Journal of Breeding Science, 2007. - №30(4): 491-51
2. Шахмарданова, С.А. Антиоксиданты: классификация, фармакотерапевтические свойства, использование в практической медицине /Шахмарданова С.А., Гулевская О.Н., Селецкая В.В., и др. // Журнал фундаментальной медицины и биологии, 2016. - №3. – 3-15.
3. Яшин, А. Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах /А. Яшин, Я. Яшин, П. Федина, Н. Черноусова //Аналитика – научно-технический журнал, 2012. - №1. – С. 1-4.
4. Aberumand A., Deokule SS. Comparison of phenolic compounds of some edible plants of Iran and India. Pakistan Journal of Nutrition. 2008;7(4): 582–585. DOI: 10.3923/pjn.2008.582.585.
5. Amarovich R., Pegg R.B. Legumes as a source of natural antioxidants. European Journal of Lipid Science and Technology. 2008;110(10): 865–878. DOI: 10.1002/ejlt.200800114.
6. Chau K. F., Cheung P. K. Effect of different processing methods on antinutrients and

in vitro digestibility of protein and starch of two Chinese local legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1997;45(12): 4773–4776. DOI: 10.1021/jf970504p.

7. Uma B.D., Korbe A., Balasubramanian P. Antioxidant and anti-inflammatory activity of kidney bean husk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(14): 8225–8230.

8. Han KH, Fukushima M, Ohba K, Shimada KI, Sekikawa M, Chiji H, Lee SN, Nakano M. Hepatoprotective effect of aqueous extract of adzuki bean husk on acetaminophen-induced liver injury in rats. *Journal of Nutrition and Vitaminology*. 2004;50(5): 380–383.

9. Knorr, D. Evaluation of a high-pressure food processing process: a review. In F. A. R. Oliveira & J. C. Oliveira, editors. *Food Processing. Quality Optimization and Process Evaluation*. Boca Raton, FL: CRC Press. 1999. стр. 249–267. DOI: 10.1201/9781420049008.ch14.

10. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. Методические рекомендации МР 2.3.1. 19150-04 /Под ред. Онищенко Г.Г.- М., 2004, с. 24–30.

11. Oomach B.D., Mazza G. Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, v. 44, p. 1776–1750.

12. Itagi NN, Singh VV (2012) Preparation, nutritional composition, functional properties and antioxidant activity of multigrain composite mixtures. //Food Sci Technol 49(1): 74-81

13. Ayder M., Sirois-Gosselin M., Boy JI (2012) Use of pea, lentil and chickpea proteins in bread baking. *Journal of Food recommendation* 1 (4):160.

14. Организация производства и обслуживания на предприятиях общественного питания /Васюкова А.Т., Любецкая Т.Р. - М.: Дашков и Ко, 2024. – 416 с.

15. Васюкова А.Т. Современные технологии хлебопечения. - М.: Дашков и Ко, 2010. – 224 с.

16. Организация процесса и приготовление сложных хлебобулочных, мучных кондитерских изделий. Лабораторный практикум /Васюкова А.Т., Жилина Т.С. - М.: Дашков и Ко, 2016. – 248 с.

17. Скорбина Е.А., Дергунова Е.В. Повышение безопасности хлебобулочных изделий // Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Материалы VII Международной научно-практической конференции. 2012. С. 48-50.