

**СПОСОБ ИНАКТИВАЦИИ АНТИПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ
В БОБОВЫХ КУЛЬТУРАХ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ
СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПИТАНИЯ**

***METHOD OF INACTIVATION OF ANTI-NUTRIENTS IN LEGUMES
INTENDED FOR SOCIALLY-ORIENTED NUTRITION***

Горлов И.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

Семенова И.А., кандидат биологических наук

Суркова С.А., старший научный сотрудник

Бармина Т.Н., старший научный сотрудник

Княжеченко О.А., младший научный сотрудник

Мосолов А.А., доктор биологических наук

Gorlov I.F., doctor of agricultural sciences, professor, academician of the RAS

Semenova I.A., candidate of biological sciences

Surkova S.A., senior researcher

Barmina T.N., senior researcher

Knyazhechenko O.A., junior researcher

Mosolov A.A., doctor of biological sciences

Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции

*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat-and-Milk Production, Volgograd*

В современных условиях вследствие принятия Правительством РФ государственных программ по активному привлечению к занятиям спортом широких слоев населения динамическое развитие получило такое направление пищевой индустрии, как спортивное питание, одним из основных ингредиентов которого являются высокобелковые продукты. Наибольший интерес из них представляют белки гороха. В связи с тем, что горох не входит в список основных аллергенов и продуктов, имеющих противопоказания, практически не содержит жиров и холестерина, но при этом содержит большое количество заменимых и незаменимых аминокислот, таких как аргинин, лизин, лейцин, глутаминовая кислота, его можно использовать в социально-ориентированных функциональных продуктах. Вместе с тем в горохе содержатся антипитательные вещества, снижающие его пищевую ценность. Целью представленной работы является разработка способа инактивации антипитательных веществ в горохе, предназначенном для социально-ориентированного питания, в том числе спортивного. Для решения поставленной цели были выделены следующие задачи: определить целесообразность предварительного замачивания зерен гороха в водном растворе пищевой добавки «Глималаск», установить содержание антипитательных веществ и аминокислот в зернах гороха до и после экструдирования и предварительного замачивания, оценить влияние предложенного способа инактивации антипитательных веществ в бобовых культурах на возможность их использования при разработке технологии продуктов социально-ориентированного питания. Установлено снижение концентрации фитиновой кислоты и активности ингибиторов трипсина и химотрипсина. Наилучший результат инактивации

антипитательных веществ был получен при экструдировании зерна гороха с предварительным замачиванием его в водном растворе пищевой добавки «Глималаск». Предложенный способ инактивации антипитательных веществ позволяет получить продукт с минимальным их содержанием, который может быть использован при разработке технологии продуктов социально-ориентированного питания, в том числе спортивного назначения.

In modern conditions, as a result of the government adopting government programs to actively engage large segments of the population in sports, the food industry has developed dynamically such as sports nutrition, one of the main ingredients of which is high-protein products. The greatest interest of them are pea proteins. However, the peas contain anti-nutritional substances that reduce its nutritional value. The aim of the presented work is to develop a method for the inactivation of anti-nutrients in peas intended for socially-oriented nutrition, including sports. To solve this goal, the following tasks were highlighted: to determine the feasibility of pre-soaking pea grains in an aqueous solution of the Glimalask food additive, to determine the content of anti-nutritional substances and amino acids in pea grains before and after extrusion and pre-soaking, to evaluate the effect of the proposed method of inactivating anti-nutritional substances in legumes crops on the possibility of their use in the development of technology products of socially-oriented nutrition. The best method of inactivation of anti-nutritional substances allows to obtain a product with a minimum of their content, which can be used in the development of technology products of socially-oriented nutrition, including sports purposes. This work presents research materials on the inactivation of anti-nutritional substances in legumes pea shelling varieties Ramon 77, growing in the Volgograd region, characterized by high yield and undemanding to the soil, which proteins are of interest, as containing a large number of essential and non-replaceable amino acids, such as arginine, lysine, leucine, glutamic acid. Peas contain almost no fat and cholesterol, and are not included in the list of major allergens and products that have contraindications, which allows it to be used in socially-oriented functional products. Conducted research on the content of anti-nutrients, amino acids in the original and experimental samples of peas. A decrease in the concentration of phytic acid and the activity of trypsin and chymotrypsin inhibitors has been established. The best result of the inactivation of anti-nutritional substances was obtained by extruding the pea grain with its preliminary soaking in an aqueous solution of the food additive «Glimalask». The proposed method of inactivating anti-nutritional substances allows to obtain a product with minimal content, which can be used in the development of technology for socially-oriented food products, including sports.

Ключевые слова: горох, ингибиторы трипсина, фитиновая кислота, экструзионная обработка, биологическая ценность.

Key words: *peas, trypsin inhibitors, phytic acid, extrusion treatment, biological value.*

Введение. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности РФ, все больший интерес вызывают продукты социально-ориентированного питания. Особенностью такого питания является его соответствие по составу физиологическим потребностям организма человека с учетом возраста, физиологического состояния и нагрузок, условий окружающей среды [5].

В ассортиментную линейку входят группы продуктов для питания беременных и кормящих женщин, геродиетического и спортивного назначения. Спортивное питание представляет собой группу функциональных продуктов, которые предназначены для людей,

ведущих активный образ жизни, занимающихся спортом как на любительском, так и профессиональном уровне.

В настоящее время вследствие принятия Правительством РФ государственных программ по активному привлечению к занятиям спортом широких слоев населения это направление пищевой индустрии получило динамическое развитие.

Одним из основных ингредиентов спортивного питания являются высокобелковые продукты (изоляты, концентраты сои, гороха, белки молочной сыворотки и т.д.) [3]. Наибольший интерес представляют белки гороха, так как содержат большое количество заменимых и незаменимых аминокислот, таких как аргинин, лизин, лейцин, глутаминовая кислота [4]. Аргинин играет важную роль в реализации потенциала мышц, способствует активации гормона роста, участвует в синтезе креатина, в процессе образования окиси азота, играет существенную роль в обменных процессах организма человека. Горох практически не содержит жиров и холестерина, что снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний, а также не входит в список основных аллергенов и продуктов, имеющих противопоказания, что позволяет использовать его в качестве безаллергенного источника белка [9, 14]. Однако, как и все бобовые культуры, горох содержит антипитательные вещества, которые снижают его пищевую ценность и вызывают пищеварительный дискомфорт.

Основными антипитательными веществами являются ингибиторы протеиназ, характерной их особенностью является то, что с ферментами, расщепляющими белки, они образуют устойчивые соединения, лишенные ферментативной активности [6, 11]. Как отмечают ряд ученых [1, 7, 10], особенностью многих ингибиторов является наличие в их химическом составе аминокислоты цистина, имеющей в своем составе дисульфидные связи. Именно они придают структурную жесткость молекулам ингибиторов и обуславливают их устойчивость к протеолитическому расщеплению, воздействию температуры, обработке щелочами, солями, кислотами [13, 15].

Для устранения антинутрициальных факторов необходимо применять технологические способы с целью их разрушения, а также различные физические и химические способы воздействия: обработку химическими соединениями, механическое измельчение, температурную обработку – нагрев инфракрасным излучением, СВЧ-токами и др. [8, 12, 16]. Однако различные способы обработки не всегда эффективны, так как значительная часть ингибиторов пищевых ферментов остается в растительном сырье.

В связи с этим разработка способа инактивации антипитательных веществ в горохе, предназначенном для социально-ориентированного питания, в том числе спортивного, представляет научный и практический интерес.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся горох луцильный сорта Рамонский 77, произрастающий в Волгоградской области, отличающийся высокоурожайностью и нетребовательностью к почве.

Научные исследования проводились в аккредитованной лаборатории ООО «Городищенская испытательная лаборатория» и комплексной аналитической лаборатории ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции».

Анализ биохимических исследований проводился по общепринятым методикам. Исследования аминокислотного состава гороха проводились по ГОСТ Р 55569-2013 при помощи системы капиллярного электрофореза «Капель 105 М». Активность ингибиторов трипсина определяли по методу Бенкина И.И. (1982), концентрацию фитиновой кислоты – методом непрямого количественного анализа фитатов в пищевых продуктах. Метод основан на экстракции фитатов 2,4% раствором HCl с последующим центрифугированием полученной

суспензии и пропусканием через анионообменную колонку, где фитаты элюируются раствором NaCl. Полученный элюат используется для определения фитатов спектрофотометрическим способом.

Достоверность результатов исследований обеспечена трехкратной повторностью опыта и обработкой экспериментальных данных методом математической статистики.

Результаты и обсуждение. Известны различные способы обработки бобовых культур с целью снижения антипитательных веществ: замачивание, проращивание, тепловая обработка.

Наиболее перспективным является экструдирование зерен гороха, так как при кратковременной тепловой обработке белок не успевает коагулировать, а аминокислоты – разрушаться.

Нами предложен новый способ инактивации антипитательных веществ зерен гороха, заключающийся в предварительном замачивании зерен гороха в водном растворе пищевой добавки «Глималаск» (состоящей из органических кислот: аминокислотной, яблочной, аскорбиновой) при pH 5,0-5,2 и температуре $32 \pm 2^\circ\text{C}$, экспозиция – 4 часа. Раствор кислот более активно гидратирует белки с низкой молекулярной массой, имеющие ферментную природу – альбумины. В белках гороха они составляют 10-11%. Происходят деструкция клеточных стенок зерна и активная гидратация антипитательных веществ [4].

Заключительным этапом является экструдирование зерен гороха, способствующее дальнейшей инактивации антипитательных веществ (ингибиторов трипсина и химотрипсина), а также улучшению пищевой ценности за счет увеличения концентрации аминокислот протеина гороха [2].

Эффективность предлагаемого способа определяли по концентрации фитиновой кислоты и по активности ингибиторов трипсина, наиболее стойких к инактивации, поэтому снижение их активности свидетельствует о деструкции остальных антипитательных веществ (лектины, гликозиды, рафиноза, стехноза и др.). Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание антипитательных веществ в зернах гороха
Table 1 – Content of anti-nutrient substances in pea grains

Наименование образца <i>The name of the sample</i>	Антипитательные вещества <i>Anti-nutrients</i>		
	ТИА, мг/г <i>Activity of trypsin inhibitors, mg/g</i>	ХИА, мг/г <i>Activity of chymotrypsin inhibitors, mg/g</i>	Фитиновая кислота, % <i>Phytic acid, %</i>
Образец № 1 – исходное зерно гороха <i>Sample No. 1 – the original grain of peas</i>	2,47±0,012	2,49±0,011	1,32
Образец № 2 – экструдированное зерно гороха <i>Sample No. 2 – extruded pea grain</i>	0,30±0,005	0,34±0,006	0,78
Образец № 3 – экструдированное зерно гороха с предварительным замачиванием в водном растворе пищевой добавки «Глималаск» <i>Sample No. 3 – extruded pea grain with preliminary soaking in an aqueous solution of the food supplement «Glimalask»</i>	0,21±0,001	0,25±0,001	0,06

Активность ингибиторов трипсина (ТИА) в образцах № 2 и № 3 по сравнению с образцом № 1 уменьшилась на 87,8 и 86,3% соответственно, химотрипсина (ХИА) – на 91,5 и 90,0% соответственно.

Концентрация фитиновой кислоты в образцах № 2 и № 3 уменьшилась соответственно в 1,7 и 22 раза по сравнению с образцом № 1.

Достоверно доказано, что образец № 3 имеет лучшие результаты по снижению содержания антипитательных веществ, особенно фитиновой кислоты, которая нейтрализуется фитазами, активизирующимися под воздействием кислой среды.

В процессе исследований был изучен аминокислотный состав образца исходного зерна гороха и экструдированного зерна гороха с предварительным замачиванием в водном растворе пищевой добавки «Глималаск» (таблица 2).

Таблица 2 – Аминокислотный состав зерна гороха
Table 2 – Amino Acid composition of pea grains

Аминокислоты	Образец № 1 (исходные зерна гороха), г/100 г белка <i>Sample No. 1</i> (<i>the original grain of peas</i>), g/100g protein	Образец № 3 (экструдированные зерна гороха с предварительным замачиванием), г/100 г белка <i>Sample No. 3</i> (<i>extruded pea grains with preliminary soaking</i>), g/100g protein
Аспаргиновая <i>Aspartic</i>	13,43±0,010	15,90±0,060
Треонин <i>Threonine</i>	4,14±0,007	4,15±0,008
Серин <i>Serine</i>	5,10±0,010	5,73±0,009
Глутаминовая <i>Glutamic</i>	18,07±0,006	21,72±0,012
Пролин <i>Proline</i>	4,04±0,006	4,54±0,003
Глицин <i>Glycine</i>	4,07±0,008	5,84±0,009
Аланин <i>Alanine</i>	5,41±0,010	6,32±0,010
Цистин <i>Cystine</i>	0,74±0,002	0,86±0,004
Валин <i>Valine</i>	3,83±0,009	4,40±0,010
Метионин <i>Methionine</i>	0,96±0,001	1,16±0,001
Изолейцин <i>Isoleucine</i>	3,62±0,012	4,21±0,009
Лейцин <i>Leucine</i>	6,52±0,016	7,63±0,012
Тирозин <i>Tyrosine</i>	2,71±0,004	4,27±0,008
Фенилаланин <i>Phenylalanine</i>	4,62±0,010	5,21±0,010
Гистидин <i>Histidine</i>	1,19±0,004	2,20±0,003
Лизин <i>Lysine</i>	7,09±0,016	8,45±0,010
Аргинин <i>Arginine</i>	7,50±0,012	9,72±0,012
Триптофан <i>Tryptophan</i>	0,92±0,001	1,16±0,005

Как следует из показателей таблицы 2, содержание аминокислот в образце № 3 увеличилось по сравнению с исходным образцом. Так, например, содержание аргинина увеличилось на 30%, глицина – на 43%, метионина – на 20%, что очень важно при использовании экструдата гороха в производстве продуктов спортивного назначения, так как креатин (важное для спортсменов вещество) может синтезироваться организмом

самостоятельно из трех аминокислот: глицина, аргинина и метионина. Креатин участвует в энергообмене в мышцах и нервных клетках и важен для придания сил и выносливости спортсмену.

Заключение. Предложенный способ инактивации антипитательных веществ в бобовых культурах позволяет получить инновационный продукт, который может быть использован при разработке технологии продуктов социально-ориентированного питания с повышенной пищевой и биологической ценностью.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Библиографический список

1. Алёшин, В.Н. Влияние органических кислот на антипитательные вещества семян сои и клеверины / В.Н. Алёшин, Г.А. Купин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 11. – С. 28-30.
2. Афанасьев, В. Производство протеиновых концентратов на основе зернобобовых культур / В. Афанасьев, А. Остриков // Комбикорма. – 2018. – № 5. – С. 30-36.
3. Гагарина, И.Н. Инновационный подход к применению белковых компонентов в биотехнологии / И.Н. Гагарина, Н.Е. Павловская // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2008. – № 1 (10). – С. 36-38.
4. Горлов, И.Ф. Новый метод снижения содержания антипитательных веществ в бобовых культурах / И.Ф. Горлов, И.А. Семенова, А.А. Мосолов, А.Б. Сложенкин, П.С. Андреев-Чадаев, А.Л. Алексеев // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 3. – С. 71-73.
5. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясopодуKтов. Специализированное питание / А.И. Жаринов, М.В. Молочников, А.С. Дыдыкин // Мясная индустрия. – 2016. – № 9. – С. 14-17.
6. Курчаева, Е.Е. Изучение процесса снижения антипитательных веществ в семенах бобовых / Е.Е. Курчаева, С.Н. Черняева, Ю.А. Сафонова // Агрэкологический вестник: мат. междунар. науч.-праKт. конф., посвящ. году экологии в России. 27-28 февраля 2017 г. – Воронеж, 2017. – С. 132-137.
7. Петибская, В.С. Ингибиторы протеолитических ферментов / В.С. Петибская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1999. – № 5-6 (252-253). – С. 6-10.
8. Русакова, Г.Г. Технология и технические средства переработки семян горчицы для извлечения из них антипитательных веществ / Г.Г. Русакова, А.В. Демьянов, С.В. Павлова // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 22. – С. 47-49.
9. Туниева, Е.К. Продукты переработки гороха – альтернатива соевым белкам / Е.К. Туниева // Мясная индустрия. – 2015. – № 5. – С. 22-23.
10. Цугленок, Н.В. Результаты исследований по инактивации антипитательных веществ в сое / Н.В. Цугленок, В.В. Матюшев, Г.И. Цугленок, А.И. Хохлова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 5 (68). – С. 394-397.
11. Шувалов, А.М. Перспективы применения, комбинированного электронагрева зерна сои для удаления антипитательных веществ / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, В.Ф. Калинин // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 3 (16). – С. 75-77.

12. Arribas, C. The impact of extrusion on the nutritional composition, dietary fiber and in vitro digestibility of gluten-free snacks based on rice, pea and carob flour blends / C. Arribas, B. Cabellos, C. Sanchez [et al.] // *Food & Function*. – 2017. – Vol. 8. – № 10. – P. 3654-3663.
13. Chougule, Mahavir B. Anti-nutritional Factors / Mahavir B. Chougule // *Pharmacological assays of plant-based natural products*. – 2016. – Vol. 71. – P. 43-47.
14. Denise, De-Paula C. Nutritional characterization and determination of phytic acid as an anti-nutritional factor of cowpea beans / De-Paula C. Denise, S. Jarma-Arroyo, H. Aramendiz-Tatis // *Agronomia mesoamericana*. – 2018. – Vol. 29. – P. 29-40.
15. Gao, Yang. Defibrillated Celluloses via Dual Twin-Screw Extrusion and Microwave Hydrothermal Treatment of Spent Pea Biomass / Yang Gao, Hao Xia, Allyn P. Sulaeman // *ACS sustainable chemistry & engineering*. – 2019. – Vol. 7. – № 13. – P. 11861-11871.
16. Li, Junguang. Inactivation of soybean trypsin inhibitor by dielectric-barrier discharge (DBD) plasma / Junguang Li, Qisen Xiang, Xiufang Liu // *Food chemistry*. – 2017. – Vol. 232. – P. 515-522.

Reference

1. Alyoshin, V.N. Vliyanie organicheskikh kislot na antipitatel'nye veshchestva semyan soi i kleshcheviny / V.N. Alyoshin, G.A. Kupin // *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*. – 2015. – № 11. – S. 28-30.
2. Afanas'ev, V. Proizvodstvo proteinovykh koncentratov na osnove zernobobovykh kul'tur / V. Afanas'ev, A. Ostrikov // *Kombikorma*. – 2018. – № 5. – S. 30-36.
3. Gagarina, I.N. Innovacionnyj podhod k primeneniyu belkovykh komponentov v biotekhnologii / I.N. Gagarina, N.E. Pavlovskaya // *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2008. – № 1 (10). – S. 36-38.
4. Gorlov, I.F. Novyj metod snizheniya soderzhaniya antipitatel'nykh veshchestv v bobovykh kul'turah / I.F. Gorlov, I.A. Semenova, A.A. Mosolov, A.B. Slozhenkin, P.S. Andreev-Chadaev, A.L. Alekseev // *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. – 2018. – № 3. – S. 71-73.
5. Zharinov, A.I. Sovremennye trendy assortimenta myasoproduktov. Specializirovannoe pitanie / A.I. Zharinov, M.V. Molochnikov, A.S. Dydykin // *Myasnaya industriya*. – 2016. – № 9. – S. 14-17.
6. Kurchaeva, E.E. Izuchenie processa snizheniya antipitatel'nykh veshchestv v semenah bobovykh / E.E. Kurchaeva, S.N. Chernyaeva, Yu.A. Safonova // *Agroekologicheskij vestnik: mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. godu ekologii v Rossii. 27-28 fevralya 2017 g.* – Voronezh, 2017. – S. 132-137.
7. Petibskaya, B.C. Ingibitory proteoliticheskikh fermentov / B.C. Petibskaya // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*. – 1999. – № 5-6 (252-253). – S. 6-10.
8. Rusakova, G.G. Tekhnologiya i tekhnicheskie sredstva pererabotki semyan gorchicy dlya izvlecheniya iz nih antipitatel'nykh veshchestv / G.G. Rusakova, A.V. Dem'yanov, S.V. Pavlova // *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*. – 2015. – T. 18. – № 22. – S. 47-49.
9. Tunieva, E.K. Produkty pererabotki goroha – al'ternativa soevym belkam / E.K. Tunieva // *Myasnaya industriya*. – 2015. – № 5. – S. 22-23.
10. Cuglenok, N.V. Rezul'taty issledovanij po inaktivacii antipitatel'nykh veshchestv v soe / N.V. Cuglenok, V.V. Matyushev, G.I. Cuglenok, A.I. Hohlova // *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2012. – № 5 (68). – S. 394-397.
11. Shuvalov, A.M. Perspektivy primeneniya, kombinirovannogo elektronagreva zerna soi dlya udaleniya antipitatel'nykh veshchestv / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, V.F. Kalinin // *Vestnik VIESKH*. – 2014. – № 3 (16). – S. 75-77.

12. Arribas, C. The impact of extrusion on the nutritional composition, dietary fiber and in vitro digestibility of gluten-free snacks based on rice, pea and carob flour blends / C. Arribas, B. Cabellos, C. Sanchez [et al.] // *Food & Function*. – 2017. – Vol. 8. – № 10. – P. 3654-3663.
13. Chougule, Mahavir B. Anti-nutritional Factors / Mahavir B. Chougule // *Pharmacological assays of plant-based natural products*. – 2016. – Vol. 71. – P. 43-47.
14. Denise, De-Paula C. Nutritional characterization and determination of phytic acid as an anti-nutritional factor of cowpea beans / De-Paula C. Denise, S. Jarma-Arroyo, H. Aramendiz-Tatis // *Agronomia mesoamericana*. – 2018. – Vol. 29. – P. 29-40.
15. Gao, Yang. Defibrillated Celluloses via Dual Twin-Screw Extrusion and Microwave Hydrothermal Treatment of Spent Pea Biomass / Yang Gao, Hao Xia, Allyn P. Sulaeman // *ACS sustainable chemistry & engineering*. – 2019. – Vol. 7. – № 13. – P. 11861-11871.
16. Li, Junguang. Inactivation of soybean trypsin inhibitor by dielectric-barrier discharge (DBD) plasma / Junguang Li, Qisen Xiang, Xiufang Liu // *Food chemistry*. – 2017. – Vol. 232. – P. 515-522.

E-mail: niimmp@mail.ru