

# **Технологические особенности и перспективы использования растительных белков в индустрии питания.**

## **Часть 2. Способ снижения антипитательных свойств растительного сырья**

**Бычкова Елена Сергеевна**

*кандидат технических наук*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования*

*Новосибирский государственный технический университет*

*Адрес: 630073, город Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20*

*E-mail: sib\_lena@ngs.ru*

**Рождественская Лада Николаевна**

*кандидат экономических наук, доцент*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования*

*Новосибирский государственный технический университет*

*Адрес: 630073, город Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20*

*E-mail: lada2006job@mail.ru*

**Погорова Вероника Дмитриевна**

*магистрант*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования*

*Новосибирский государственный технический университет*

*Адрес: 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20*

*E-mail: nikusha.666@mail.ru*

**Госман Дарья Владиславна**

*бакалавр*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования*

*Новосибирский государственный технический университет*

*Адрес: 630073, город Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20*

*E-mail: gosman-dasha@mail.ru*

**Бычков Алексей Леонидович**

*кандидат химических наук*

*Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН*

*Адрес: 630128, город Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18*

*Новосибирский государственный университет*

*Адрес: 630090, город Новосибирск, ул. Пирогова, 2*

*E-mail: bychkov.a.l@gmail.com*

Большинство растительных белков, в том числе горох, лимитированы по одной или нескольким незаменимым аминокислотам. Белки злаковых культур лимитированы по лизину и треонину, бобовых культур – по метионину и цистеину. Биологическая ценность таких белков может быть повышена путем добавления лимитирующей аминокислоты. Известно, что белки растительных культур усваиваются только на 62-80 %. Причиной такого уровня усвоения белка является наличие антипитательных веществ. Частично проблемы усвоения растительного белка можно решить химическим путем отчистки исходного сырья от компонентов-ингибиторов небелковой природы: фитиновой кислоты, стахиозы, раффинозы и др. Реализация данного

метода достигается путем получения концентратов и изолятов белка, которые отличаются по способу получения, степени очистки от сопутствующих компонентов, природой исходного сырья и содержанием суммарного белка. Более результативный способ борьбы с антиалиментарными компонентами растительного сырья является метод проращивания. Но проращивание зерна в естественных условиях – это достаточно трудоемкий и длительный процесс (до 35 часов), который в настоящее время повсеместно на территории России не реализован. Более достижимым направлением улучшения питательных свойств бобовых является внедрение процесса ферментативного гидролиза искусственным путем. На кафедре Технологии и организации пищевых производств Новосибирского государственного технического университета совместно с Институтом химии твердого тела и механохимии СО РАН проведен ряд первичных экспериментов по разработке функциональных и специализированных продуктов питания с использованием горохового гидролизата. Ведется работа по приготовлению блюд и изделий на основе комплексной механоферментативной обработки растительного сырья. На данный момент разработаны супы и хлебобулочные изделия.

*Ключевые слова:* растительный белок, горох, антипитательные свойства, концентраты и изоляты, механоферментативный гидролиз

Рост популярности здорового образа жизни, индивидуализация рациона определяют повышение спроса на функциональное и персонализированное питание (Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года, 2010). В настоящее время доказано, что эффективной основой для производства качественно новых высокобелковых продуктов питания может служить растительное сырье, в том числе зерно гороха.

Большинство растительных белков, в том числе горох, лимитированы по одной или нескольким незаменимым аминокислотам. Белки злаковых культур лимитированы по лизину и треонину, бобовых культур – по метионину и цистеину. Биологическая ценность таких белков может быть повышена путем добавления лимитирующей аминокислоты.

Концентраты и изоляты как очищенные формы растительных белков с обезличенным вкусом и запахом, являются экономически более целесообразными формами белковых продуктов, что позволяет использовать их в больших дозировках. При этом, растительное сырье для производства белков значительно дешевле, чем сырье животного происхождения, более доступно и требует меньших затрат для хранения и транспортировки. Особенно это важно для стран с ограниченными экономическими ресурсами (Компанцев, Попов, Привалов, Степанова, 2016).

В настоящее время лидером рынка концентратов и изолятов является соевый и пшеничный белок, но постепенно нарастает интерес и к гороховому белку. Среди основных драйверов развития рынка растительного белка можно выделить следующие: распространение вегетарианства; экологическая безопасность; универсальность и функциональность белка. Основные барьеры

развития рынка заключаются в аллергических реакциях и антипитательных свойствах полученных продуктов (ингибиторы Кунитца; ингибиторы Баумана-Кирк), которые полностью невозможно нивелировать по рассматриваемым технологиям (Отчёт по результатам проведения маркетингового исследования рынка белковых концентратов..., 2018).

## Материалы и методы

Пищевая ценность гороха представлена на Рисунке 1. Из диаграммы видно, что рассматриваемая растительная культура является источником широкого спектра ценных биологически активных веществ (Химический состав пищевых продуктов, 1987).

Известно, что белки растительных культур усваиваются только на 62-80%. Причиной такого уровня усвоения белка является наличие антипитательных веществ (Возиян, Таран, Якобуца, Авадэний, 2013). Информация по составу и действию на организм основных веществ-ингибиторов растительного происхождения представлена в Таблице 1.

Частично проблемы усвоения растительного белка можно решить химическим путем очистки исходного сырья от компонентов-ингибиторов небелковой природы: фитиновой кислоты, стахиозы, раффинозы и др. Реализация данного метода достигается путем получения концентратов и изолятов белка, которые отличаются по способу получения, степени очистки от сопутствующих компонентов, природой исходного сырья и содержанием суммарного белка. Технологическая схема переработки растительных культур в высокобелковые препараты представлено на Рисунке 2.

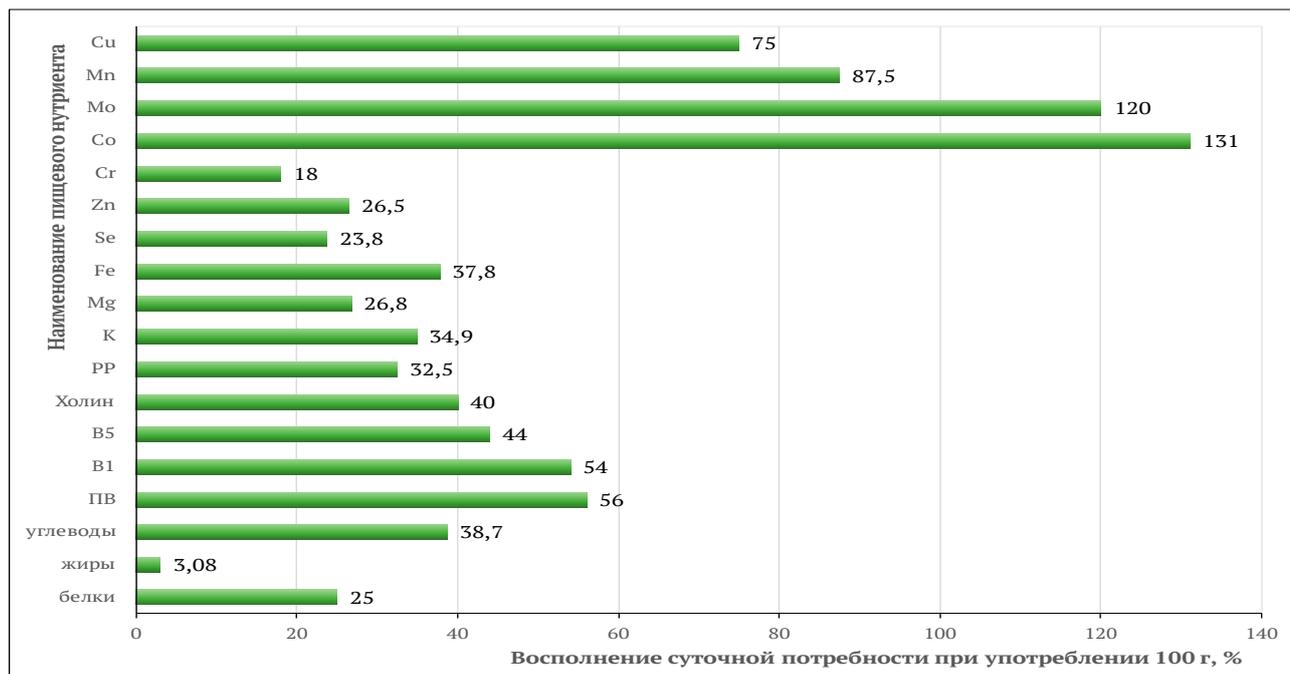


Рисунок 1. Пищевая ценность зерна гороха.

Таблица 1

*Антипитательные вещества продуктов растительного происхождения*

Наименование антипитательного вещества	Химическое строение молекулы	Воздействие на организм
Ингибиторы протеолитических ферментов	Водорастворимый белок (ингибиторы Кунитца; ингибиторы Баумана-Кирк)	Образуют устойчивые соединения с ферментами, разрушающими белки до аминокислот
Фитиновая кислота	Сложный эфир циклического шестиатомного полиспирта миоинозитола и шести остатков ортофосфорной кислоты	В пищеварительном тракте человека нет ферментов для переваривания фитиновой кислоты. Попадая в желудочно-кишечный тракт, этот антинутриент ухудшает усвоение железа, цинка, кальция, фосфора и других минералов из того продукта, вместе с которым поступает.
Стахиоза	Невосстанавливающий тетрасахарид, состоящий из двух остатков галактозы, одного глюкозы и одного фруктозы	Не усваиваются в тонком кишечнике полностью, что приводит к повышенному газообразованию
Раффиноза	Трисахарид, состоящий из остатков D-галактозы, D-глюкозы и D-фруктозы	
Лектины	Гликопротеины	Повышают проницаемость стенок кишечника и повреждают его внутреннюю оболочку. Нарушают переваривание пищи и ухудшают усвоение питательных веществ. подавляют действие мальтазы и аминопептидазы.

Белковый концентрат – это очищенный белковый продукт, содержащий до 56-66% белка. Для его получения исходное сырье должно пройти стадии обезжиривания, суспендирования, солевой (или щелочной) экстракции, центрифугирования, осаждения и разделения веществ по фракциям (Щеколдина, 2015). В настоящее время получение белковых концентратов осуществляется двумя способами: турбосепарацией («сухой» способ)

и экстрагированием в жидкой среде («мокрый» способ).

Белковый изолят представляют собой предельно очищенный продукт с содержанием белка, превышающим 90%. Классическая схема получения белкового изолята включает экстрагирование белков, последующее добавление кислоты для осаждения белка в изоэлектрической точке,

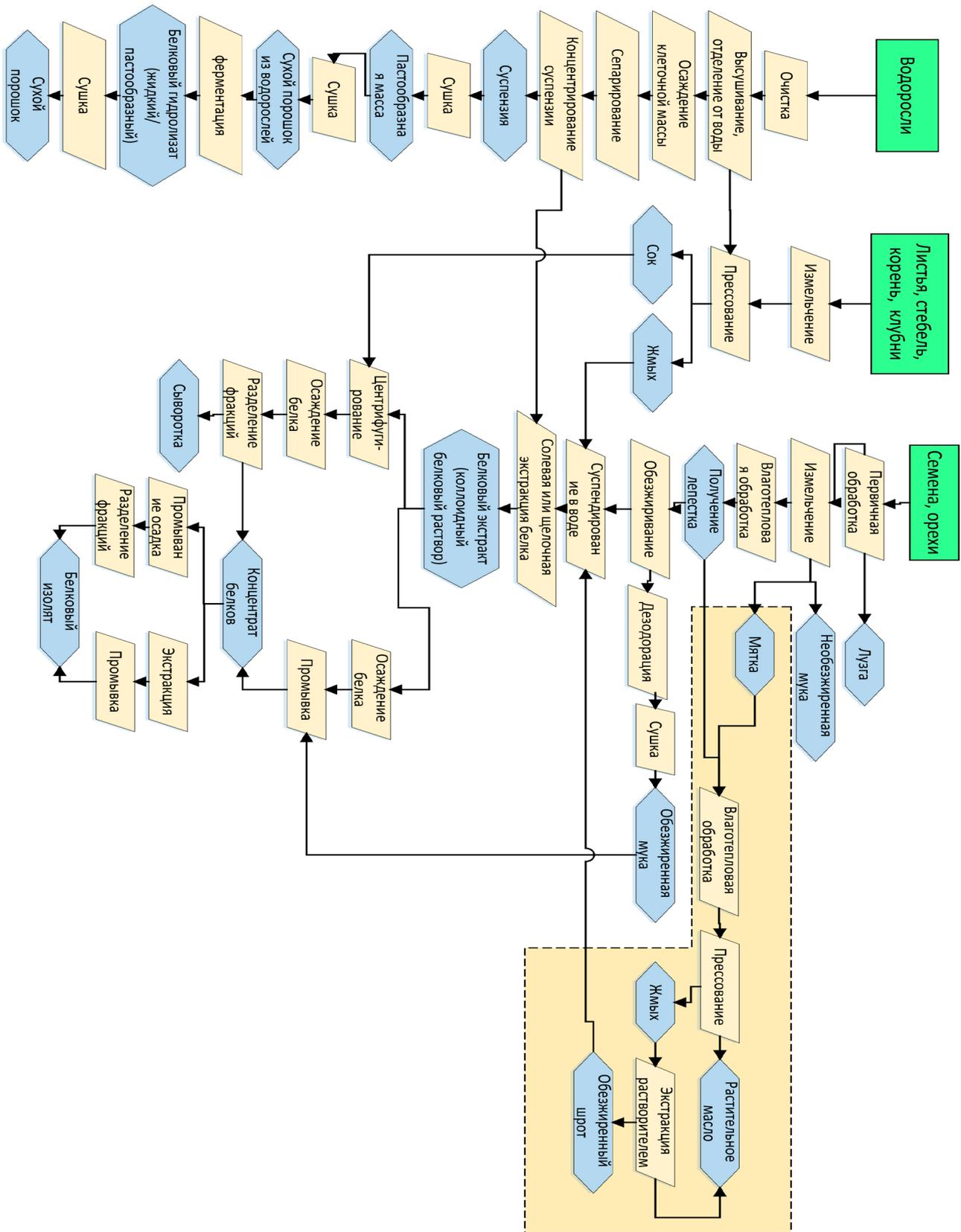


Рисунок 2. Схема получения белкового концентрата и изолята.

центрифугирование, промывание и высушивание (Щеколдина, 2015).

Более результативный способ борьбы с антилиментарными компонентами растительного сырья является метод проращивания. Проращивание – это переход семени из состояния покоя к росту зародыша, при котором происходит модификация химической структуры веществ. Набухание и запуск проращивания последовательно приводят к размыванию, распаду пептидных зон и синтезу новых, в результате чего повышается доступность аминокислот. Находящиеся в семенах ферменты расщепляют сложные белки, жиры и углеводы на более простые вещества, которые необходимы для роста будущего растения (Сафронова, Самофалова, Бобков, 2013). Именно поэтому при использовании в пищу прорастающих зерен организм человека получает и усваивает уже обработанные вещества с меньшим воздействием веществ-ингибиторов (Коцаева, Хмара, Федоренко, Шкредов, 2014; Заятуева, Нямдорж Болорцэцэг, Ринчинова, 2015). Но проращивание зерна в естественных условиях – это достаточно трудоемкий и длительный процесс (до 35 часов), который в настоящее время повсеместно на территории России не реализован. Более достижимым направлением

улучшения питательных свойств бобовых является внедрение процесса ферментативного гидролиза искусственным путем.

### Результаты и их обсуждение

На кафедре Технологии и организации пищевых производств НГТУ совместно с Институтом химии твердого тела и механохимии СО РАН проведен ряд первичных экспериментов по разработке функциональных и специализированных продуктов питания с использованием горохового гидролизата, технологическая схема приготовления которого представлена на Рисунке 3.

Так как каждый фермент имеет высокую специфичность и индивидуальное трехмерное строение, важным этапом является подбор ферментативного препарата для конкретного сырья. Оптимальным для горохового зерна является препарат Протосубтилин (ООО ПО «Сиббиофарм», г. Бердск), содержащий в своем составе комплекс ферментов (нейтральные и щелочные протеиназы, альфа-амилазу, бета-глюканазу, ксиланазу и целлюлазу). Протосубтилин получают путем высушивания культуральной жидкости микроорганизмов *Bacillus subtilis*. Он представляет собой



Рисунок 3. Технологическая схема приготовления горохового гидролизата.

гигроскопичный однородный порошок светло-бежевого цвета, растворимый в воде. Компоненты выбранного препарата оптимально подходят для гороховой муки, содержащей белок (23 %), крахмал (47 %) и пищевые волокна (11 %). Протеолитическая активность фермента по модифицированному методу Ансона составляет  $70 \pm 7$  ПС/г, диапазон действия соответствует области рН 4,5-10,0 и температуре 30-60°C. Протосубтилин является наиболее доступным на рынке и экономически более выгодным по сравнению с зарубежными аналогами (ГОСТ 23636-90 Препарат ферментный протосубтилин ГЗх, 1990; Технологическая инструкция по использованию ферментативных препаратов., 2005).

Для более эффективного воздействия ферментативного препарата целесообразным является обработка исходного сырья путем применения механохимических технологий. Под механохимической обработкой понимают процесс измельчения, в результате которого получается продукт с частицами более мелкого размера. Механодеструкция сопровождается изменением свойств исходного сырья, а именно уменьшением молекулярной массы веществ, изменением растворимости, появлением новых свойств. Это значительно повышает усвояемость блюд и изделий за счет разрушения структуры тканей, что сказывается на последующем процессе экстракции. При этом, важным технологическим этапом является проведение механической обработки сырья в комплексе с ферментативным препаратом. Именно при таком воздействии более эффективно проходит последующий ферментативный гидролиз. К негативным последствиям применения механической обработки относится снижение концентрации нестабильного витамина С (Голязимова, Политов, Ломовский, 2009; Vychkov, Bukhtoyarov, Lomovskii, 2015).

### Заключение

Ведется работа по приготовлению блюд и изделий на основе комплексной механоферментативной обработки растительного сырья. На данный момент разработаны супы и хлебобулочные изделия. Полученные образцы были исследованы по органолептическим и физико-химическим показателям качества, были обоснованы их

функциональные свойства и целесообразность введения горохового гидролизата (Бычкова, Госман, Бычков, Акименко, Ломовский, Гусельникова, Черноносков, Бейзель, 2017; Бычкова, Погорова, Бычков, Ломовский, Огиенко, Бейзель, Зубарева, 2016). Также отмечено, что оптимизация технологии получения гидролизата требует проведения более глубоких фундаментальных исследований.

Новые подходы к переработки горохового сырья на основе физико-химических и биохимических превращений не только обеспечивают целенаправленное превращение структурных элементов клетки и сохранение на исходном уровне биологически активных веществ, но и позволяют наиболее полно использовать все ресурсы, заложенные в этом растении.

### Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-73-10223).

### Литература

- [1] Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года [Электронный ресурс]. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. №1873-р г. Москва. Режим доступа: <https://rg.ru/2010/11/03/pravila-dok.html> (дата обращения: 29.03.2018).
- [2] Химический состав пищевых продуктов. Кн. 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина и проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.
- [3] Возиян В. И., Таран М. Г., Якобуца М. Д., Авадэний Л. П. Питательная ценность сортов сои, гороха, фасоли и содержание в них антипитательных веществ // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. №1(5). С. 26-29.
- [4] Шеколдина Т. В. Технология получения белоксодержащего сырья из продуктов

- переработки семян подсолнечника // Научный журнал КубГАУ. 2015. №109(05). С. 1-19.
- [5] Компанцев Д. В., Попов А. В., Привалов И. М., Степанова Э. Ф. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья // Современные проблемы науки и образования. 2016. №1. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24132> (дата обращения: 04.04.2018).
- [6] Отчёт по результатам проведения маркетингового исследования рынка белковых концентратов и текстурированных белковых веществ (код ТН ВЭД 2106) государств-членов Европейского союза [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.crpp.ru/Belkovie.pdf> (дата обращения: 04.04.2018).
- [7] Сафронова О. В., Самофалова Л. А., Бобков С. В. Биологическая модификация семян сои и получение целевых напитков // Вестник ВГУИТ. 2013. №2. С.195-199.
- [8] Кощаева О. В., Хмара И. В., Федоренко К. П., Шкредов В. В. Влияние проращивания на химический состав и содержание антипитательных веществ в семенах сои // Научный журнал КубГАУ. 2014. №97 (03). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-proraschivaniya-na-himicheskiy-sostav-i-soderzhanie-antipitatelnyh-veschestv-v-semenah-soi> (дата обращения 04.04.2018).
- [9] Золотарева А. М., Заятуева М. Г., Болорцэцэг Н., Ринчинова С. Б. Разработка технологии получения пророщенных семян облепихи // Химия растительного сырья. 2015. №3. С. 177–183.
- [10] ГОСТ 23636-90 Препарат ферментный протосубтилин Г3х. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1990. 5 с.
- [11] Технологическая инструкция по использованию ферментативных препаратов ООО по «Сиббиофарм» при производстве спирта из зерна ТИ 10-00334587-2-2005. М., 2005. 17 с.
- [12] Голязимова О. В., Политов А. А., Ломовский О. И. Механическая активация ферментативного гидролиза лигноцеллюлозы // Химия растительного сырья. 2009. №2. С. 59 – 63.
- [13] Bychkov A. L., Bukhtoyarov V. A., Lomovskii O. I. Stabilization of cellulolytic enzymes by sorption on the plant raw materials surface // Russian Chemical Bulletin. 2015. vol. 64:5. P. 1189-1191.
- [14] Бычкова Е. С., Госман Д. В., Бычков А. Л., Акименко З. А., Ломовский О. И., Гусельникова Т. Я., Чернонос А. А., Бейзель Н. Ф. Оценка пищевой ценности хлебцев из нетрадиционных видов муки = Evaluation of nutritive value of bread from alternative flours // Пищевая промышленность. 2017. № 7. С. 22-25.
- [15] Бычкова Е. С., Погорова В. Д., Бычков А. Л., Ломовский О. И., Огиенко А. Г., Бейзель Н. Ф., Зубарева А. П. Разработка рецептур супов-пюре на основе горохового гидролизата. Ч. 2. Оценка качества супов-пюре специализированного назначения = Development of Puree-Soups Recipes, Based on pea Hydrolyzate // Пищевая промышленность. 2016. № 11. С. 50-52.

# Technological Features and Prospects of Using Vegetable Proteins in the Food Industry

## Part 2. Method for reducing the anti-nutritional properties of plant materials

**Elena S. Bychkova**

*Novosibirsk State Technical University, NSTU  
20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russian Federation  
E-mail: sib\_lena@ngs.ru*

**Lada N. Rozhdestvenskaya**

*Novosibirsk State Technical University, NSTU  
20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russian Federation  
E-mail: lada2006job@mail.ru*

**Veronika D. Pogorova**

*Novosibirsk State Technical University, NSTU  
20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russian Federation  
E-mail: nikusha.666@mail.ru*

**Daria V. Gosman**

*Novosibirsk State Technical University, NSTU  
20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russian Federation  
E-mail: gosman-dasha@mail.ru*

**Aleksey L. Bychkov**

*Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB RAS  
Kutateladze 18, Novosibirsk, 630128, Russian Federation  
Novosibirsk State University  
Pirogova 2, Novosibirsk, 630090, Russian Federation  
E-mail: bychkov.a.l@gmail.com*

Most plant proteins, including peas, are limited to one or more essential amino acids. Cereals proteins are limited by lysine and threonine, legumes – by methionine and cysteine. The biological value of such proteins can be increased by adding a limiting amino acid. It is known that vegetable proteins are digested only by 62-80 %. The reason for this level of protein absorption is the presence of anti-nutrients. Partially problems of assimilation of vegetable protein can be solved by chemical cleaning of initial raw materials from components-inhibitors of non-protein nature: phytic acid, stachyose, raffinose, etc. The implementation of this method is achieved by obtaining concentrates and protein isolates, which differ in the method of production, the degree of purification from related components, the nature of initial raw materials and the total protein content. A more effective way to combat the anti-alimentary components of plant raw materials is the method of germination. But the germination of grain in natural conditions is a rather laborious and long process (up to 35 hours), which is currently not implemented everywhere in Russia. A more achievable direction for improving the nutritional properties of legumes is the introduction of enzymatic hydrolysis by artificial means. At the Department of Technology and organization of food production of Novosibirsk state technical University together with the Institute of solid state chemistry and Mechanochemistry SB RAS held a number of primary experiments on the development of functional and specialized food products using pea hydrolysate. Work on preparation of dishes and products on the basis of complex mechano-enzymatic processing of vegetable raw materials is conducted. At the moment soups and bakery products are developed.

*Keywords:* vegetable protein, peas, anti-nutritional properties, concentrates and isolates, mechano-enzymatic hydrolysis

## References

- [1] Osnovy gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti zdorovogo pitaniya naselenija na period do 2020 goda [Bases of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy food of the population for the period till 2020] [Elektronnyj resurs]. Rasporjazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25 oktjabrja 2010 g. №1873-r g. Moscow. URL: <https://rg.ru/2010/11/03/pravila-dok.html> (date: 29.03.2018).
- [2] Himicheskij sostav pishhevyh produktov. Kn. 1. Spravochnye tablicy sodержaniya osnovnyh pishhevyh veshhestv i jenergeticheskoj cennosti pishhevyh produktov [Chemical composition of food products. Book. 1. Reference tables for basic nutrients and energy value of food] / Ed. by Prof., Dr. I. M. Skurikhina, Prof., Dr. M. N. Volgareva. 2-nd edition. M.: Agropromizdat, 1987. 224 p.
- [3] Voziyan V. I., Taran M. G., Yakobuca M. D., Avadehnij L. P. Pitatel'naja cennost' sortov soi, goroha, fasoli i sodержanie v nih antipitatel'nyh veshhestv [Nutritional value of soybean varieties, peas, beans and their content of anti-nutrients]. Zernobobovye i krupjanye kultury, 2013, 1(5), 26-29.
- [4] Shhekoldina T. V. Tehnologija poluchenija belksoderzhashhego syrja iz produktov pererabotki semjan podsolnechnika [Technology of production of protein-containing raw materials from sunflower seed processing products]. Nauchnyj zhurnal KubGAU, 2015, no. 109(05), 1-19.
- [5] Kompancev D. V., Popov A. V., Privalov I. M., Stepanova J. F. Belkovye izoljaty iz rastitelnogo syrja: obzor sovremennogo sostojanija i analiz perspektiv razvitija tehnologii poluchenija belkovyh izoljatov iz rastitel'nogo syrja [Protein isolates from vegetable raw materials: review of the current state and analysis of the prospects for the development of technology for the production of protein isolates from vegetable raw materials]. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, 2016, no. 1. URL <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24132> (date: 04.04.2018).
- [6] Otchjot po rezultatam provedenija marketingovogo issledovanija rynka belkovyh koncentratov i teksturovannyh belkovyh veshhestv (kod TN VJeD 2106) gosudarstv-chlenov Evropejskogo sojuza [Report on the results of marketing research of the market of protein concentrates and textured protein substances (HS code 2106) of the European Union member states] [Electronic resource]. URL: <http://www.crpp.ru/Belkovie.pdf> (date: 04.04.2018).
- [7] Safronova O. V., Samofalova L. A., Bobkov S. V. Biologicheskaja modifikacija semjan soi i poluchenie celevykh napitkov [Biological modification of soybean seeds and production of target drinks]. Vestnik VGUIT, 2013, no. 2, 195-199.
- [8] Koshhaeva O. V., Hmara I. V., Fedorenko K. P., Shkredov V. V. Vlijanie prorashhivaniya na himicheskij sostav i sodержanie antipitatel'nyh veshhestv v semenah soi [The effect of germination on the chemical composition and content of anti-nutrients in soybean seeds]. Nauchnyj zhurnal KubGAU, 2014, no. 97(03). URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-proraschivaniya-na-himicheskij-sostav-i-soderzhanie-antipitatel'nyh-veschestv-v-semenah-soi> (date 04.04.2018).
- [9] Zolotareva A. M., Zajatueva M. G., Bolorcjecjeg N., Rinchinova S. B. Razrabotka tehnologii poluchenija proroshhennyh semjan oblepihi [Development of technology for production of sprouted sea buckthorn seeds]. Himija rastitelnogo syrja, 2015, no. 3, 177-183.
- [10] GOST 23636-90 Preparat fermentnyj protosubtilin G3h. Tehnicheskie uslovija [GOST 23636-90 Drug enzyme protosubtilin G3x. Specifications]. Moscow: Izdatelstvo standartov, 1990. 5 p.
- [11] Tehnologicheskaja instrukcija po ispol'zovaniju fermentativnyh preporatov OOO po «Sibbiofarm» pri proizvodstve spirta iz zerna TI 10-00334587-2-2005 [Technological instruction on use of enzymatic preparations of LLC regarding Sibbiopharm at production of alcohol from grain of TI 10-00334587-2-2005]. Moscow, 2005. 17 p.
- [12] Goljazimova O. V., Politov A. A., Lomovskij O. I. Mehanicheskaja aktivacija fermentativnogo gidroliza lignocelljulozy [Mechanical activation of enzymatic hydrolysis of lignocellulose]. Himija rastitelnogo syrja, 2009, no. 2, 59-63.
- [13] Bychkov A. L., Bukhtoyarov V. A., Lomovskii O. I. Stabilization of cellulolytic enzymes by sorption on the plant raw materials surface. Russian Chemical Bulletin, 2015, vol. 64:5, 1189-1191.
- [14] Bychkova E. S., Gosman D. V., Bychkov A. L., Akimenko Z. A., Lomovskiy O. I., Guselnikova T. Ya., Tchernonosov A. A., Beyzel N. F. Ocenka pishchevoj cennosti hlebcev iz netradicionnyh vidov muki [Evaluation of nutritive value of bread from alternative flours]. Pishhevaja promyshlennost, 2017, no. 7, 22-25.
- [15] Bychkova E. S., Pogorova V. D., Bychkov A. L., Lomovskiy O. I., Ogienko A. G., Beyzel N. F., Zubareva A. P. Razrabotka receptur supov-pjure na osnove gorohovogo gidrolizata. Ch. 2. Ocenka kachestva supov-pjure specializirovannogo naznachenija [Development of Puree-Soups Recipes, Based on pea Hydrolyzate]. Pishhevaja promyshlennost, 2016, no.11, 50-52.