



ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья/Research Article

УДК 664.38

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-130-139

Лада Николаевна Рождественская¹, Павел Станиславович Бикбулатов²,

Ольга Викторовна Чугунова^{3✉}, Наталия Валерьевна Заворохина⁴

¹Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

^{2,3,4}Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

¹rozhdestvenskaya@corp.nstu.ru

²bikbulatovpavel@mail.ru

³chugunova@usue.ru

⁴ip@usue.ru

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОЛЯТА ГОРОХОВОГО БЕЛКА

*Цель исследования – анализ различных методов экстракции, направленных на получение изолята горохового белка, разработка технологии получения изолята горохового белка методом мягкого фракционирования. Задачи: анализ химического состава желтого полевого гороха (*Pisum sativum* L.); определение оптимальных условий получения изолята белка гороха; исследование физико-химических свойств полученного изолята белка гороха и определение его биологической ценности. Объект – бобы гороха урожая 2023 г. и полученный методом мягкого фракционирования изолят из них. С целью определения актуальности исследования применения изолята горохового белка как высокобелкового компонента рациона и альтернативы животным белкам был проведен анализ рынка и общего оборота данного продукта, показан рост продаж изолята гороха на территории Европы в последние годы в 1,2 раза соответственно. Анализ химического состава исходного сырья показал общее содержание воды 9–14 %, белка 22–24, жира 1,2–2 и 41–46 % крахмала на 100 г продукта. С целью сохранения общей структуры белка и его свойства для получения изолята была выбрана мягкая фильтрация, являющаяся щадящим способом получения белка, несмотря на частичное снижение функциональных свойств, путем соединения измельченных семян с водой с последующей фильтрацией суспензии высушиванием полученного сухого остатка. Полученный изолят горохового белка содержит 5 % воды, 88 % белка, 0,9 % жира и 1 % крахмала в сравнении с исходным сырьем. Содержание незаменимых аминокислот данного изолята показывает преимущество исследуемого образца с эталонными показателями ФАО/ВОЗ. Так, например, содержание по финилаланину и тирозину в изоляте растительного белка превосходит на 52 мг/г белка, а лизину на 17 мг/г белка. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения изолята белка гороха как высокобелкового компонента для производства продуктов питания с повышенной пищевой ценностью.*

Ключевые слова: изолят, белок, горох, экстракция, фракционирование

Для цитирования: Потенциальные возможности промышленного получения изолята горохового белка / Л.Н. Рождественская [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 8. С. 130–139. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-130-139.

Lada Nikolaevna Rozhdestvenskaya¹, Pavel Stanislavovich Bikbulatov²,

Olga Viktorovna Chugunova^{3✉}, Natalia Valeryevna Zavorokhina⁴

¹Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

^{2,3,4}Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

¹rozhdestvenskaya@corp.nstu.ru

²bikbulatovpavel@mail.ru

³chugunova@usue.ru

⁴ip@usue.ru

POTENTIAL POSSIBILITIES OF INDUSTRIAL PEA PROTEIN ISOLATE PRODUCTION

*The aim of the study is to analyze various extraction methods aimed at obtaining pea protein isolate, to develop a technology for obtaining pea protein isolate using the soft fractionation method. Objectives: to analyze the chemical composition of yellow field peas (*Pisum sativum* L.); to determine the optimal conditions for obtaining pea protein isolate; to study the physicochemical properties of the obtained pea protein isolate and to determine its biological value. The object is pea beans harvested in 2023 and the isolate obtained from them using the soft fractionation method. In order to determine the relevance of the study on the use of pea protein isolate as a high-protein component of the diet and an alternative to animal proteins, an analysis of the market and the total turnover of this product was carried out, showing an increase in sales of pea isolate in Europe in recent years by 1.2 times, respectively. Analysis of the chemical composition of the raw material showed a total water content of 9–14 %, protein 22–24, fat 1.2–2 and starch 41–46 % per 100 g of product. In order to preserve the overall protein structure and properties, soft filtration was chosen to obtain the isolate. This is a gentle method for obtaining protein, despite the partial reduction in functional properties, by combining crushed seeds with water, followed by filtration of the suspension and drying the resulting dry residue. The resulting pea protein isolate contains 5 % water, 88 % protein, 0.9 % fat and 1% starch compared to the original raw material. The content of essential amino acids in this isolate shows the advantage of the studied sample with FAO/WHO reference indicators. For example, the content of phenylalanine and tyrosine in the plant protein isolate exceeds that of 52 mg/g protein, and lysine by 17 mg/g protein. The results indicate the possibility of using pea protein isolate as a high-protein component for the production of food products with increased nutritional value.*

Keywords: isolate, protein, pea, extraction, fractionation

For citation: Potential possibilities of industrial pea protein isolate production / L.H. Rozhdestvenskaya [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(8): 130–139 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-130-139.

Введение. В последние годы возрос интерес к функциональному потенциалу растительных белков [1]. На сегодняшний день общий объем мирового рынка растительных белков оценивается в 10 млрд долл. По мнению экспертов, к 2025 г. объем продаж достигнет уровня 15,6 млрд долл. При этом основой данного скачка послужит существенный рост потребления растительных белков за счет повышенного интереса к использованию данной продукции в пищевой промышленности, где на данный момент они используются в трех основных сегментах: продукты питания, БАДы и спортивное питание, корма для животных.

Изолят горохового белка является концентратом горохового протеина, полученного в результате производства из желтого колотого гороха (*Pisum sativum* L.). Изолят горохового бел-

ка имеет в своем составе около 85–90 % белка от общей массы и потому может представлять собой высокую ценность для людей, ведущих здоровый и активный образ жизни, соблюдающих определенные формы диеты и питания, или для людей, рассматривающих отказ от продуктов животного происхождения. Изолят горохового белка находит широкое применение в пищевой промышленности благодаря аминокислотному профилю, ввиду наличия большого количества незаменимых аминокислот и других питательных свойств.

Широкое применение изолята горохового белка в пищевой промышленности и развитие различных вегетарианских направлений говорит о его широком спросе на мировом рынке. Мировые показатели оборота изолята горохового белка представлены на рисунке 1 [2, 3].

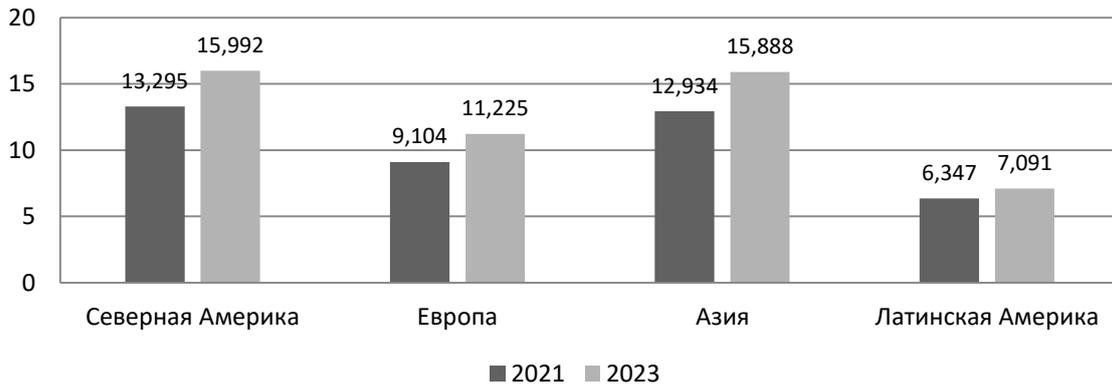


Рис. 1. Мировые продажи изолята горохового белка, млрд долл.

Таким образом, мировые показатели продаж изолята горохового белка за 2021 и 2023 гг. говорят о существенном росте данного растительного продукта на территории всех стран. Так, например, на территории Европы отмечается повышение спроса на 2,121 млрд долл. К основным причинам повышения мировых продаж можно отнести все большую заинтересованность потребителей в снижении потребления продуктов животного происхождения и поиске альтернатив с целью восполнения необходимого аминокислотного уровня в организме.

Несмотря на рост интереса к изоляту горохового белка, на территории России отмечается существенно невысокое количество производств, направленных на получение данного продукта, что говорит о данном рынке как о нишевом, открытом для новых инвестиций и направленном на поиск решений по снижению себестоимости и повышению функциональных свойств.

Основной проблемой, заключающей в себе расширение рынка изолятов белка растительного происхождения, является отсутствие глубокой переработки данной сельскохозяйственной

культуры в стране. Однако в 2022 г. ООО «Уралхим Инновация» на базе инновационного центра «Сколково» запустило опытное производство горохового изолята – натурального растительного высокоочищенного протеина, полученного из желтого гороха.

При этом также строительство завода по глубокой переработке гороха мощностью 70 тыс. т сырья в год в Тюменской области осенью 2021 г. начал агрохолдинг «Юбилейный». Основной продукцией переработки гороха на новом «ПротеинСибире» станет изолят с содержанием белка более 85 %. Мощность производства – 11,9 тыс. т в год – будет составлять 5 % от общего потребления изолята горохового белка в мире [4–7].

При этом стоит отметить, что несмотря на невысокий уровень количества производств, направленных на получение изолята горохового белка, отмечается рост годового валового сбора гороха. На рисунке 2 представлен рост валового сбора гороха за 2023 г. в сравнении с предыдущими годами [2, 3].

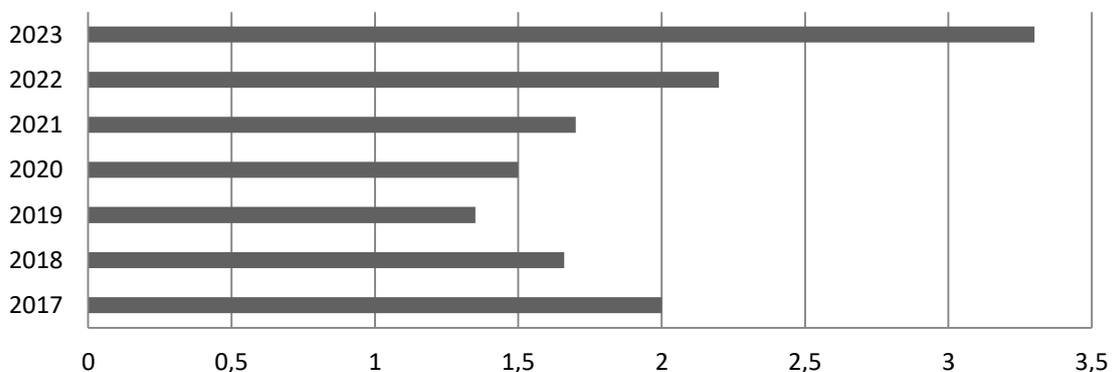


Рис. 2. Валовой сбор гороха, млн т

Таким образом, анализ общих сборов гороха за последние 7 лет показал, что 2019 г. оказался самым слабым и принес 1,35 млн т, что существенно ниже показателей 2023 г., чьи сборы составили 3,3 млн т. Рост общего количества сбора гороха можно обусловить постоянным повышением интереса людей к новым источникам питательных веществ и расширением собственного рациона за счет внедрения новых продуктов. Стоит учитывать, что данный рост может быть обусловлен повышением уровня экспорта данного продукта, что обуславливает более низкий уровень продаж изолята горохового белка в Европе в сравнении с Азией и Северной Америкой (см. рис. 1).

Основной процесс получения белка гороха из первоначального сырья основан на комбинации физической термической обработки и использования ферментативной обработки с целью отделения белка от компонентов, снижающих питательные свойства готового продукта, – крахмала и клетчатки.

Использование физических методов воздействия для интенсификации синтеза биологически активных веществ и направленного протекания технологических процессов является перспективным направлением переработки растительного сырья [8].

Гороховый белок состоит из альбуминов (8,0–21,5 %), имеющих относительно небольшую молекулярную массу, глобулинов (58,6–76,6 %), отличающихся повышенной молекулярной массой и растворимостью, и глютеина (10,0–19,8 %) [9]. Стоит отметить, что изолят горохового белка не содержит глютена и лактозы, имеет высокий уровень усвояемости и содержит мало аллергенов, что делает его высококачественным белком с возможностью его использования в рационе людей с особыми потребностями в питании (геродиетическое, безмолочная диета, вегетарианство, для наращивания мышечной массы и др.).

Благодаря своему широкому спектру применения в производстве пищевых продуктов белки гороха способны выступать в качестве стабилизаторов эмульсий ввиду своей возможности адсорбироваться на несмешивающейся границе раздела фаз жидкостей, уменьшая межфазное натяжение [3, 10, 11]. Белки гороха являются высокоэффективными эмульгаторами и способны оказывать действие как в нейтральных, так и

в кислых условиях. При этом стоит отметить, что эмульгирование жидкостей при pH среды < 7 с использованием изолята белка гороха приводит к образованию капель масла гораздо меньшего размера в сравнении с эмульгированием при нейтральном pH [12, 13]. Также изолят горохового белка можно использовать в качестве загустителя, что способствует увеличению срока годности готовой продукции. Благодаря свойствам изолята горохового белка как загустителя он приводит к увеличению вязкости жидкостей и способен улучшить вкус некоторых жидких и вязких продуктов [7, 12], характеризующихся повышенной влагосвязывающей способностью и растворимостью [14].

Цель исследования – анализ различных методов экстракции, направленных на получение концентратов и изолятов горохового белка, оценка функционально-технологических свойств концентрата горохового белка, полученного методом мягкого фракционирования.

Задачи: анализ химического состава желтого полевого гороха (*Pisum sativum* L.); получение концентрата белка гороха методом мягкого фракционирования; исследование физико-химических свойств полученного концентрата белка гороха и определение его биологической ценности.

Объекты и методы. В качестве объектов для исследования были использованы образцы желтого полевого гороха (*Pisum sativum* L.), выращенные в Красноуфимском районе Свердловской области в 2023 г. на частных территориях компании, предназначенные для оптовых продаж как для чистой продажи продукта, так и в качестве составляющей при производстве различных пищевых продуктов.

С целью получения белкового концентрата и сравнения полученных результатов был проведен метод мягкого фракционирования, включающий следующие этапы:

- приготовление суспензии водного раствора и измельченных зерен гороха;
- создание псевдооживленного слоя частиц измельченного гороха с помощью средства для генерирования потока и обеспечение растворения по меньшей мере части белков, присутствующих в горохе, водной среде;
- отделение растворенных белков от смеси с помощью фильтрующего средства и его высушивание с получением белкового экстракта [13].

В работе использовали общепринятые методы исследования: содержание влаги определяли по ГОСТ 13586.5-2015 «Зерно. Метод определения влажности»; общий белок определяли методом Къельдаля по ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка»; количественный аминокислотный анализ проводили методом ВЭЖХ [15]. Биологическую ценность изолята белка определяли по аминокислотному скору.

Содержание жира определяли экстракционно-весовым методом в аппарате Сокслета по ГОСТ 29033-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира»; массовую долю крахмала – по ГОСТ 10845-98 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала»; клетчатку – методом Кюшнера и Ганака [16]; содержание золы – путем сжигания навески вещества в муфельной печи по ГОСТ 28418-89 «Зерновые, бобовые и продукты их переработки. Методы определения зольности»; содержание пищевых волокон – по ГОСТ 34844-2022 «Производство пищевая. Определение массовой доли пищевых волокон»; оценку функционально-технологических свойств проводили по [17].

Результаты и их обсуждение. Изолят горохового белка является легкоусвояемым белком, для которого были разработаны и приняты общие технологии с целью снижения общего количества антипитательных факторов, влияющих на снижение общего усвоения организмом. Так, например, снижено влияние фитиновой кислоты, дубильных веществ и ингибиторов трипсина путем модификации процесса экстракции и раз-

работки различных сортов исходного сырья – гороха [10].

Получение концентратов и изолятов белка гороха и других белков растительного происхождения – сложный технологический процесс, на основные подходы к которому влияют физико-химические свойства выделяемых белковых молекул: форма молекул, молекулярная масса, суммарный заряд молекулы, соотношение полярных и неполярных групп на поверхности нативной молекулы белка, растворимость белков, а также степень устойчивости к воздействию денатурирующих агентов.

Основным методом получения концентрата или изолята белка гороха является экстракция. При этом стоит отметить, что существует несколько различных способов экстракции и каждый из них оказывает свое специфическое влияние на функциональные свойства и характеристики конечного продукта. Наиболее популярные способы экстракции и основные преимущества и недостатки каждого из методов представлены в таблице 1.

Каждый из методов фракционирования представляет собой индивидуальный способ получения изолята белка из гороха и других растительных продуктов, имеющих как общие черты технологического процесса, так и свои.

Семена гороха, являясь исходным сырьем для производства изолята белка, помимо основного выводимого компонента – белка имеют ряд примесей, снижающих общую чистоту готового продукта (табл. 2).

Таблица 1

Основные методы, преимущества и недостатки различных видов экстракции горохового белка

Метод экстракции	Преимущества метода
1	2
Щелочная экстракция и изоэлектрическое осаждение	<ul style="list-style-type: none"> – Наиболее часто используемый традиционный метод. – Нарушается нативная структура белков и дестабилизируется свернутый белок. – Высокая усвояемость и биодоступность. – Более высокое содержание крупных частиц бобовых в конечном продукте. – Чаще всего используется для улучшения текстуры и пищевых свойств продуктов [12, 15]
Щелочная экстракция и ультрафильтрация	<ul style="list-style-type: none"> – Более низкое содержание олигосахаридов и фитиновой кислоты. – Более высокое содержание белка по сравнению с солевой экстракцией [12, 15]

1	2
Сухое фракционирование	– Более низкая чистота белка. – Более высокая концентрация крахмала и клетчатки [12, 15]
Солевая экстракция	– Сравнительно более высокое содержание вицилина и конвицилина. – Получение белка с более высокой растворимостью. – Более высокая маслоудерживающая и пенообразующая способность. – Сравнительно низкая водоудерживающая способность [12, 15]
Мягкое фракционирование	– Гибридный метод. – Повышенная чистота конечного продукта [12, 15]

Таблица 2

Состав исходного сырья для производства изолята горохового белка, %

Показатель	Фактические данные	Литературные данные	
		Содержание, %	Источник
Крахмал	41,2±0,5	41–46	[5, 10]
Белок	22,8±0,5	22–24	[4, 12]
Жиры	1,4±0,1	1,2–2,0	[4, 13]
Моно- и дисахариды	7,2±0,2	3,4–8,1	[5, 13]
Пищевые волокна	8,4±0,2	8,2–11,2	[4, 12]
Зола	2,6±0,1	2,5–3,0	[5, 12]
Вода	12,8±0,4	9–14	[4, 10]

Проведение экстракции позволяет существенно снизить содержание примесей в готовом продукте и получить изолят с высокой биологической ценностью и содержанием белка [8]. При этом каждый из методов представляет конечный продукт различной чистоты и процент отходов.

В работе использовали метод мягкого фракционирования – традиционный метод экстракции белка, направленный на получение белковых продуктов высокой чистоты и более высокого выхода в соотношении с исходным сырьем.

Способ мягкого фракционирования использовался для получения фракций гороха, богатых белком, и его дальнейшего исследования. Горох перемалывали в муку со средним размером частиц 100 мкм. Последующий этап включал в себя диспергирование полученной муки в деионизированной воде в соотношении 1 : 10, после чего доводили pH до 8,0 с помощью 1 М NaOH. Белки и другие компоненты муки растворялись не менее 4 ч при комнатной температуре при постоянном перемешивании в фосфатном буфере (смесь Na₂HPO₄ и NaH₂PO₄ с pH 7,0).

После чего растворимые и нерастворимые компоненты отделяли методом центрифугирования (6 000 об/мин в течение 15 мин, 20 °С). Полученная надосадочная жидкость и осадок подвергали фильтрации с использованием мембраны 2 кДа. Полученный осадок лиофилизировали. Лиофилизацию проводили в сублимационной сушилке VLP-1 (ООО «Вилитек»): температура замораживания –40...–30 °С; вакуум 0,1–1,0 мбар, температура сублимации –20 °С, время сушки 20 ч, до влажности не более 6 %, что способствует лучшей сохраняемости продукта, снижению эмульгирующих свойств конечного продукта и возможности более широкого применения в пищевой промышленности.

Проведение экстракции является основным и главным технологическим процессом получения изолята горохового белка, имеющего высокую биологическую ценность и биодоступность. Состав изолята горохового белка, полученного методом мягкой экстракции, представлен на рисунке 3.

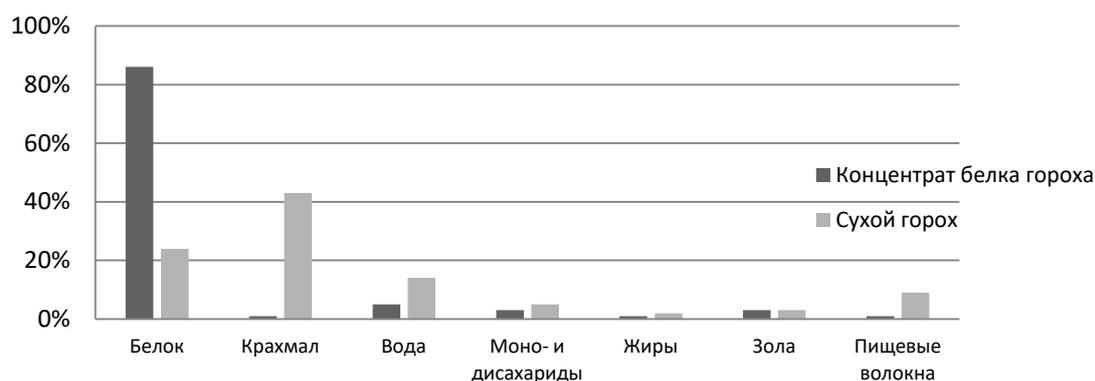


Рис. 3. Состав концентрата горохового белка, полученного методом мягкого фракционирования

Исходя из вышеприведенных данных, можно говорить, что концентрат горохового белка представляет собой продукт с высоким содержанием белка и его легкой усвояемостью. При этом стоит отметить, что несмотря на существование большого количества методов получения данного продукта, невозможно достижение абсолютного чистого белка [1].

Для оценки возможности использования концентратов в пищевых системах изучены их функциональные свойства (табл. 3).

Гороховый белок содержит в своем составе все восемь незаменимых аминокислот и считается одним из наиболее «полноценных» растительных белков. Сравнение содержания незаменимых аминокислот в эталонном белке и гороховом протеине представлено на рисунке 4.

Таблица 3

Функционально-технологические свойства горохового концентрата (n = 3)

Показатель	Значение	Показатель	Значение
ВСС, г/г	1,60±0,02	ЖЭС, %	55,0±3,0
ЖСС, г/г	1,40±0,02	СЭ, %	55,0±3,0
ВУС, г/г	3,35±0,05	СП, %	82,0±2,0
ЖУС, г/г	2,80±0,02	ПОС, %	85,5±1,5

Примечание: ВСС – водосвязывающая способность; ВУС – влагоудерживающая способность, ЖУС – жироудерживающая способность; ЖСС – жиросвязывающая способность; ПОС – пенообразующая способность; ЖЭС – жироземульгирующая способность; СЭ – стабильность эмульсии; СП – стабильность пены.

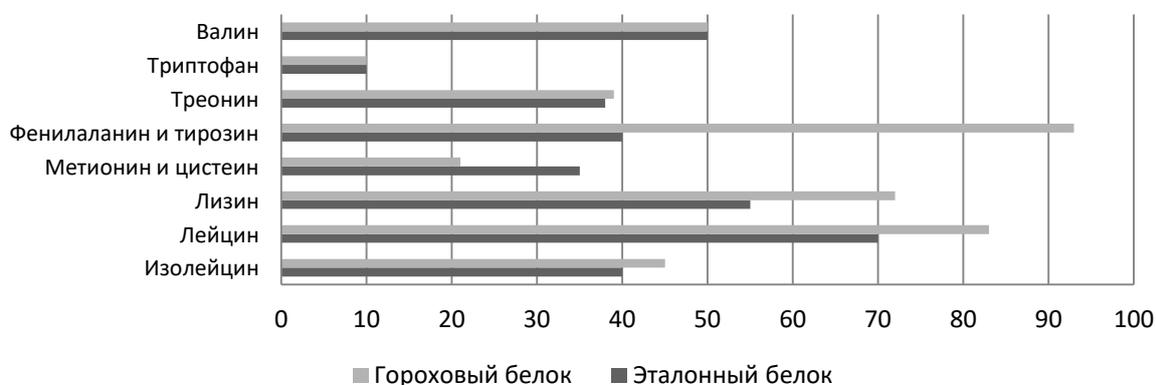


Рис. 4. Сравнение содержания незаменимых аминокислот в эталонном белке и белке гороха, мг/г белка

Гороховый белок представляет собой хороший источник лейцина, изолейцина и валина, активно способствующих росту мышц. Помимо этого, он содержит в своем составе аргинин, являющийся средством повышения выносливости и снижения общей усталости как для людей ведущих здоровый образ жизни, так и людей, не увлекающихся спортом. Данный растительный белок не содержит в своем составе распространенных аллергенов: казеин, лактозу, сою и глютен, что позволяет назвать его исключительно веганским продуктом. При этом стоит отметить, что данный белок, как и все любые растительные белки, не сопоставим с белками животного происхождения, поскольку они не могут обеспечить организм человека сопоставимым количеством аминокислот, равным всем энергетическим затратам.

Заключение. Проведенные исследования показывают, что, несмотря на широкое использование традиционных методов экстрагирования и их применение в производственных условиях, экстремальные условия, такие как высокая температура или щелочность, могут оказывать влияние на термические, конформационные и функционально-технологические свойства белковых фракций, ухудшая их пищевую ценность.

Предложена технология мягкого фракционирования горохового белка – метод экстракции белка, направленный на получение белковых продуктов высокой чистоты и более высокого выхода в соотношении с исходным сырьем, позволяющий увеличивать содержание массовой доли белка в готовом продукте до 82 %. При сухом помоле, после структурного распада сырья, мелкие частицы прилипают к более крупным, что приводит к снижению качества разделения продукта на чистые компоненты и примеси. Добавление воды способствовало «распутыванию» связанных частиц и обеспечивало их лучшее разделение. Полученный концентрат высушивается до мелкого порошка с помощью методов лиофилизации или распылительной сушки для облегчения хранения и транспортировки. При этом стоит отметить, что данный метод имеет ряд недостатков: потеря нативного состояния и необходимость дополнительной сушки; высокая стоимость энергии и воды, что приводит к повышению общей высокой стоимости производства и более высокой себестоимости готового продукта.

Полученный концентрат горохового белка характеризуется высокими функционально-технологическими свойствами: ВВС – 1,60 г/г; ВУС – 3,35; ЖУС – 2,8 г/г, что позволяет прогнозировать широкую технологическую пригодность применения горохового белка в пищевых системах.

Гороховый белок представляет собой хороший источник лейцина, изолейцина и валина, активно способствующих росту мышц. Помимо этого, он содержит в своем составе аргинин.

Таким образом, совокупность проведенных исследований показывает целесообразность дальнейшего изучения и использования гороховых белков в технологии пищевых систем.

Список источников

1. Тазеддинова Д.Р., Тошев А.Д. Характеристика изолята белка бобов нута // Вестник КрасГАУ. 2022. № 8. С. 202–206. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-202-206.
2. Хрулев А.А., Бесчетникова Н.А., Федотов И.А. Тенденции развития и экономические аспекты производства горохового протеина // Пищевая промышленность. 2016. № 4. С. 32–41.
3. Rasskazova I., Kirse-Ozolina A. Field Pea *Pisum sativum* L. as a Perspective Ingredient for Vegan Foods: A Review // Res. Rural. Dev. 2020. № 35. P. 125–131.
4. Исследование влияния высокого гидростатического давления на функциональные свойства изолята горохового белка / О.В. Чугунова [и др.] // Новые технологии. 2023. Т. 19, № 4. С. 183–189. DOI: 10.47370/2072-0920-2023-19-4-183-189.
5. Красноштанова А.А., Шульц Л.В. Получение и оценка функциональных свойств белковых изолятов и гидролизатов из растительного сырья // Химия растительного сырья. 2022. № 4. С. 64–74.
6. Бобков С.В., Уварова О.В. Разработка оптимального метода получения изолированных белков гороха для использования в селекции на качество // Аграрная наука Северо-Востока. 2020. № 4. С. 24–28.
7. «Юбилейный» перерабатывает горох в изолят и крахмал. Компания планирует построить завод в Тюменской области к 2028 году // URL: <https://agroinvestor.ru> (дата обращения: 17.01.2024).

8. Науменко Н.В., Фаткулин Р.И., Калинина И.В. Возможности получения сырьевых ингредиентов растительного происхождения повышенной биодоступности // Индустрия питания. 2023. Т. 8, № 4. С. 58–67. DOI: 10.29141/2500-1922-2023-8-4-6.
9. Кудряшов В.Л. Импортозамещающая технология производства пищевых концентрата и изолята белка, крахмала и клетчатки из гороха с применением баромембранных процессов // Пищевая индустрия. 2019. № 1 (39). С. 46–50. DOI: 10.24411/9999-008A-2019-10003. EDN YXHEST.
10. Plant proteins from green pea and chickpea: Extraction, fractionation, structural characterization, and functional properties / L. Chang [et al.] // Food Hydrocolloids. 2022. № 123. P. 107–115. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107165.
11. Functional Properties of Pea Protein Hydrolysates in Emulsions and Spray-Dried Microcapsules / F. Tamm [et al.] // Food Hydrocoll. 2016. № 58. P. 204–214. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.02.032.
12. Akharume F.U., Aluko R.E., Adedeji A.A. Modification of Plant Proteins for Improved Functionality: A Review // Compr. Rev. Food. Sci. Food Saf. 2021. № 20. P. 198–224. DOI: 10.1111/1541-4337.12688.
13. Chao D., Jung S., Aluko R.E. Physicochemical and Functional Properties of High Pressure-Treated Isolated Pea Protein // Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 2018. № 45. P. 179–185. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.10.014.
14. Шелепина Н.В. Использование продуктов переработки зерна гороха в пищевых технологиях // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6, № 4 (19). С. 110–118. DOI: 10.21285/2227-2925-2016-6-4-110-118. EDN XHYJGP.
15. МВИ.МН 1363-2000. Метод определения аминокислот в продуктах питания с помощью ВЭЖХ. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293736/4293736988.pdf?ysclid=lsrgxho8rv9416221> (дата обращения: 17.01.2024).
16. Определение содержания клетчатки в зерне. URL: <https://biagroferm.ru/tech/opredelenie-soderzhaniya-kletchatki-v-z> (дата обращения: 17.01.2024).
17. Спиридонов К.И., Туниева Е.К. Зависимость функционально-технологических свойств соевых белков от их состава // Ползуновский вестник. 2019. № 4. С. 47–51. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.011. EDN CCTGFZ.

References

1. Tazeddinova D.R., Toshev A.D. Karakteristika izolyata belka bobov nuta // Vestnik KrasGAU. 2022. № 8. S. 202–206. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-202-206.
2. Hrudev A.A., Beschetikova N.A., Fedotov I.A. Tendencii razvitiya i `ekonomicheskie aspekty proizvodstva gorohovogo proteina // Pischevaya promyshlennost'. 2016. № 4. S. 32–41.
3. Rasskazova I., Kirse-Ozolina A. Field Pea *Pisum sativum* L. as a Perspective Ingredient for Vegan Foods: A Review // Res. Rural. Dev. 2020. № 35. P. 125–131.
4. Issledovanie vliyaniya vysokogo gidrostaticheskogo davleniya na funktsional'nye svoystva izolyata gorohovogo belka / O.V. Chugunova [i dr.] // Novye tehnologii. 2023. Т. 19, № 4. S. 183–189. DOI: 10.47370/2072-0920-2023-19-4-183-189.
5. Krasnoshtanova A.A., Shul'c L.V. Poluchenie i oценка funktsional'nykh svoystv belkovykh izolyatov i gidrolizatov iz rastitel'nogo syr'ya // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2022. № 4. S. 64–74.
6. Bobkov S.V., Uvarova O.V. Razrabotka optimal'nogo metoda polucheniya izolirovannykh belkov goroha dlya ispol'zovaniya v selekcii na kachestvo // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. № 4. S. 24–28.
7. «Yubilejnyj» pererabotaet goroh v izolyat i krahmal. Kompaniya planiruet postroit' zavod v Tyumenskoj oblasti k 2028 godu // URL: <https://agroinvestor.ru> (data obrascheniya: 17.01.2024).
8. Naumenko N.V., Fatkulin R.I., Kalinina I.V. Vozmozhnosti polucheniya syr'evykh ingredientov rastitel'nogo proishozhdeniya povyshennoj biodostupnosti // Industriya pitaniya. 2023. Т. 8, № 4. S. 58–67. DOI: 10.29141/2500-1922-2023-8-4-6.
9. Kudryashov V.L. Importozameschayuschaya tehnologiya proizvodstva pischevykh koncentrata i izolyata belka, krahmala i kletchatki iz goroha s primeneniem baromembrannykh processov // Pischevaya industriya. 2019. № 1 (39). S. 46–50. DOI: 10.24411/9999-008A-2019-10003. EDN YXHEST.

10. Plant proteins from green pea and chickpea: Extraction, fractionation, structural characterization, and functional properties / L. Chang [et al.] // Food Hydrocolloids. 2022. № 123. P. 107–115. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107165.
11. Functional Properties of Pea Protein Hydrolysates in Emulsions and Spray-Dried Microcapsules / F. Tamm [et al.] // Food Hydrocoll. 2016. № 58. P. 204–214. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.02.032.
12. Akharume F.U., Aluko R.E., Adedeji A.A. Modification of Plant Proteins for Improved Functionality: A Review // Compr. Rev. Food. Sci. Food Saf. 2021. № 20. P. 198–224. DOI: 10.1111/1541-4337.12688.
13. Chao D., Jung S., Aluko R.E. Physicochemical and Functional Properties of High Pressure-Treated Isolated Pea Protein // Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 2018. № 45. P. 179–185. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.10.014.
14. Shelepina N.V. Ispol'zovanie produktov pererabotki zerna goroha v pischevyh tehnologiyah // Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2016. T. 6, № 4 (19). S. 110–118. DOI: 10.21285/2227-2925-2016-6-4-110-118. EDN XHYJGP.
15. MVI.MN 1363-2000. Metod opredeleniya aminokislot v produktah pitaniya s pomosh'yu V`EZhH. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293736/4293736988.pdf?ysclid=lsrgxxo8rv9416221> (data obrascheniya: 17.01.2024).
16. Opredelenie sodержaniya kletchatki v zerne. URL: <https://biagroferm.ru/tech/opredelenie-soderzhaniya-kletchatki-v-z> (data obrascheniya: 17.01.2024).
17. Spiridonov K.I., Tunieva E.K. Zavisimost' funktsional'no-tehnologicheskikh svoystv soevykh belkov ot ih sostava // Polzunovskij vestnik. 2019. № 4. S. 47–51. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.011. EDN CCTGFZ.

Статья принята к публикации 03.03.2024 / The article accepted for publication 03.03.2024.

Информация об авторах:

Лада Николаевна Рождественская¹, заведующая кафедрой технологии и организации пищевых производств, кандидат экономических наук, доцент

Павел Станиславович Бикбулатов², аспирант

Ольга Викторовна Чугунова³, заведующая кафедрой технологии питания, доктор технических наук, профессор

Наталья Валерьевна Заворохина⁴, профессор кафедры технологии питания, доктор технических наук, доцент

Information about the authors:

Lada Nikolaevna Rozhdestvenskaya¹, Head of the Department of Technology and Organization of Food Production, Candidate of Economic Sciences, Docent

Pavel Stanislavovich Bikbulatov², Post graduate student

Olga Viktorovna Chugunova³, Head of the Department of Nutrition Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor

Natalia Valeryevna Zavorokhina⁴, Professor at the Department of Food Technology, Doctor of Technical Sciences, Docent

