ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-281-288
УДК 663.875:577.152.351

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Фитохимический потенциал и ингибиторная активность новых сортов зернобобовых культур

А. Л. Вебер[1,*], С. А. Леонова[2], Ф. А. Давлетов[3]

[1] *ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина», 644008, Россия, г. Омск, Институтская пл., 1*

[2] *ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34*

[3] *ФГБНУ «Башкирский НИИ сельского хозяйства», 450059, Россия, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19*

Дата поступления в редакцию: 25.03.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

**e-mail: anna.web@mail.ru*

© А. Л. Вебер, С. А. Леонова, Ф. А. Давлетов, 2019

Аннотация. Магистральным направлением в расширении ассортимента и повышении качества продуктов здорового питания является использование новых отечественных сортов зерна бобовых культур, отвечающих требованиям современного производства, имеющих низкую активность ингибиторов и высокий фитохимический потенциал. Учитывая отсутствие генных модификаций, высокую пищевую и биологическую ценность, низкую себестоимость, высокий уровень рентабельности, объемы производства зерна, горох и фасоль отечественной селекции имеют высокий потенциал для расширения сырьевой базы пищевой промышленности. Лидером по выращиванию гороха является Республика Башкортостан. Об этом свидетельствует значительное количество сортов (свыше 10), включенных в Государственный реестр селекционных достижений. Селекционерами Омского ГАУ созданы высокоурожайные сорта фасоли с улучшенными потребительскими качествами, адаптированные к условиям сибирского региона. Однако качественные показатели новых сортов мало изучены. Таким образом, актуальность работы заключается в расширении сырьевой базы производства продуктов здорового и функционального питания за счет использования новых селекционных сортов зернобобовых культур, адаптированных к условиям западно-сибирского и уральского регионов. Целью настоящей работы является исследование характеристики зерна бобовых культур продовольственной группы Сибирского и Уральского экотипа с целью расширения информационного банка данных фитохимического потенциала новых селекционных сортов. Материалом для исследования послужили фасоль селекции Омского ГАУ и горох Башкирского НИИСХ (урожай 2018 г.). Основными задачами исследования явились определение показателей, формирующих пищевую и биологическую ценность сырья: содержания белка, пищевых волокон, наличие и количество макро- и микроэлементов, а также активности ряда ферментов и ингибитора трипсина, в том числе в процессе проращивания.

Ключевые слова. Антиферменты, проращивание, фасоль зерновая, горох посевной, массовая доля белка, ингибитор трипсина, протеолитическая активность, уреаза

Для цитирования: Вебер, А. Л. Фитохимический потенциал и ингибиторная активность новых сортов зернобобовых культур / А. Л. Вебер, С. А. Леонова, Ф. А. Давлетов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 281–288. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-281-288.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Phytochemical Potential and Inhibitory Properties of New Varieties of Leguminous Plants

A.L. Veber[1,*], S.A. Leonova[2], F.A. Davletov[3]

[1] *Stolypin Omsk State Agrarian University, 1, Institutskaya square, Omsk, 644008, Russia*

[2] *Bashkir State Agrarian University, 34, 50-letiya Oktyabrya Str., Ufa, 450001, Russia*

[3] *Bashkir Research Institute of Agriculture, 19, Rikharda Zorge Str., Ufa, 450059, Russia*

Received: March 25, 2019
Accepted: June 21, 2019

**e-mail: anna.web@mail.ru*

© A.L. Veber, S.A. Leonova, F.A. Davletov, 2019

Abstract. New varieties of leguminous plants expand the range and improve the quality of healthy food products. The new legumes meet the requirements of modern food production. In addition, they demonstrate low inhibitory properties and possess a high phytochemical potential. Domestic non-GM peas and beans have a high nutritional and biological value; they are cheap, highly profitable, and can be produced in large volumes. Thus, they have a high potential for expanding the raw material base of the food industry. The Republic of Bashkortostan is the leader in pea production: the State Register of Breeding Achievements contains over 10 varieties cultivated by Bashkir scientists. Researchers of the Omsk State Agrarian University have created high-yielding varieties of beans with improved consumer qualities that are adapted to Siberian environment. However, the qualitative indicators of the new varieties remain understudied. The present research expands the raw material base for the production of healthy and functional foods with the new legumes adapted to the conditions of West Siberia and the Urals. The study features the characteristics of legumes of Siberian and Ural ecotype, which helps to expand the information database on the phytochemical potential of the new varieties. The beans were provided by the Omsk State Agrarian University, the peas – by the Bashkir Research Institute of Agriculture (harvest of 2018). The main objectives of the study were to determine the indicators that form the nutritional and biological value of the raw materials: protein content, dietary fiber, the presence and quantity of macro and microelements, enzymes, and trypsin inhibitor, also during germination.

Keywords. Anti-enzymes, germination, grain beans, sowing pea, protein mass fraction, trypsin inhibitor, proteolytic activity of enzymes

For citation: Veber AL, Leonova SA, Davletov FA. Phytochemical Potential and Inhibitory Properties of New Varieties of Leguminous Plants. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):281–288. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-281-288.

Введение

Зерновые бобовые культуры включают в себя горох, сою, нут, люпин, вику, чечевицу и фасоль [1, 2]. В последнее время наибольшее внимание исследователей уделяется сое, нуту и другим менее привычным для нашей страны культурам, продукты переработки которых находят широкое применение в пищевой промышленности. Однако не меньшего внимания заслуживают, традиционно выращиваемые на территории России, такие зернобобовые культуры, как фасоль зерновая и горох посевной. Ежегодно создаются и включаются в Реестр селекционных достижений новые селекционные сорта фасоли и гороха, которые недостаточно изучены с точки зрения их потребительских свойств, способности к комбинированию с иными ингредиентами и пр.

В Омском и Башкирском ГАУ проведены комплексные исследования таких сортов гороха селекции ФГБНУ Башкирский НИИСХ, как «Чишминский 95» (стандарт), «Чишминский 229», «Памяти Хангильдина», «Юлдаш», а также сортов фасоли селекции Омского ГАУ «Омичка», «Лукерья», «Нерусса» (стандарт), позволившие установить существенные сортовые различия. Применительно к исследованным сортам фасоли усовершенствованы технологические приемы переработки указанных культур в продукты питания [3–7].

Химический состав фасоли и гороха позволяет отнести эти культуры к сырью, которое способно обеспечить население основными нутриентами, в том числе белком. Однако пищевую ценность белков фасоли и гороха в значительной степени снижают природные биологически активные антиалиментарные вещества, такие как фитаты, лектины, конденсированные танины, ингибиторы трипсина и α-амилазы, что затрудняет их использование.

Известны методы, способы и технологические приемы, которые снижают активность антиалиментарных веществ. Например, замачивание и последующая обработка ИК-лучами при 70 °С; тепловая обработка при 120–170 °С; экструдирование; бланширование при температуре 100 °С в течение 30 минут и др [8].

Самым простым и доступным методом является проращивание. Применение процесса проращивания не только снижает содержание антиалиментарных веществ, но и позволяет увеличивать фитохимический потенциал зерна [9]. Как проращивание, так и тепловая обработка зерновых и бобовых культур широко используется в настоящее время, но информация о снижении активности ингибиторов носит эпизодический характер.

Объекты и методы исследования

Основные этапы работы выполнены на кафедре продуктов питания и пищевой биотехнологии

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Table 1. Characteristics of the research subjects

Сорт зерна	Код сорта	Регион выращивания	Год урожая
Фасоль			
«Нерусса»	8800626	Западно-сибирский регион, Омская область	2018
«Омичка»	передан в Госсортоиспытание в 2014 году		
«Лукерья»	8954127		
Горох			
«Чишминский 95»	9601708	Уральский регион, Республика Башкортостан	2018
«Чишминский 229»	9610174		
«Памяти Хангильдина»	9154334		
«Юлдаш»	передан в Госсортоиспытание в 2016 году		

ФГБОУ ВО Омского ГАУ, а также на кафедре технологий общественного питания и переработки растительного сырья ФГБОУ ВО Башкирского ГАУ.

В качестве объекта исследования выбрано зерно фасоли селекции ФГБОУ ВО Омский ГАУ (сорт «Омичка», сорт «Лукерья», сорт стандарт «Нерусса») и гороха (сорт «Чишминский 229», сорт «Юлдаш», сорт «Памяти Хангильдина», сорт-стандарт «Чишминский 95») селекции ФГБНУ БНИИСХ урожая 2018 г. Характеристика объектов исследования приведена в таблице 1.

Исследование химического состава, органолептических и физико-химических показателей осуществляли с использованием как общепринятых, современных инструментальных методов анализа, так и специальных методов исследования свойств сырья.

Содержание кальция определяли по ГОСТ 26570-95, железа – по ГОСТ 27998-88, цинка – по ГОСТ 30178-96.

Для оценки безопасности зерна бобовых культур определяли содержание микотоксинов: афлотоксин B_1 (ГОСТ 30711-2001), Т-2 токсин (МУ 3184-84), дезоксиниваленол и зеараленон (МУ 5177-90). Содержание пестицидов в сырье определяли хроматографией в тонком слое (МУ 1218-75), радионуклидов – на спектрометре ДГДК-80В (МУК 2.6.1.717-98).

Для классификации сортов по показателю разваримости использовали метод, разработанный в лаборатории технологической оценки сельскохозяйственных культур ВИРа [10].

Для классификации сортов по показателю разваримость предлагается шкала:
– I группа – отличная (до 90 мин);
– II группа – хорошая (91–124 мин);
– III группа – удовлетворительная (125–161 мин);
– IV группа – неудовлетворительная (162–299 мин).

Для определения химического состава образцов исследовали содержание белка методом Къельдаля. Содержание липидов определяли по ГОСТ 29033-91. Содержание углеводов определяли фотометрическим методом (ГОСТ 26176-91). Определение клетчатки проводили методом Кюшнера и Ганека. Зольность определяли по ГОСТ Р 51411-99.

Для определения протеаз, гидролизирующих N,a-бензоил-DL-аргинин-паранитроанилид (БАПНА, Sigma, США), использовали метод Эрлангера с модификациями [11].

Активность ингибиторов трипсина определяли по методике Гофмана-Вайсблая с модификациями. Определение проводили аналогично определению ферментативной активности. Буферный раствор содержал 1 мг/мл трипсина.

Для достоверной оценки протеолитической активности ферментов, учитывая что общая протеолитическая активность является суммарным эффектом протеолиза того набора ферментов, который содержится в изучаемых объектах, образцы подвергали температурному воздействию при t = 60 °C, τ = 20 мин, с целью денатурации собственных ферментов, т. е. собственной протеолитической активности в экстрактах не было. Трипсина во всех пробах было одинаковое количество.

При определении активности уреазы в единицах pH на pH-метре использовался метод, основанный на измерении pH фосфатного буферного раствора pH = 6,86, которое изменяется в результате воздействия уреазы на содержащуюся в растворе мочевину.

Статистическая обработка результатов экспериментов, в т. ч. расчет средних величин, стандартного отклонения и доверительного интервала, а также регрессионный анализ и определение достоверности различия выборочных средних проводилась в компьютерной программе MS Excel.

Каждый эксперимент проводили не менее трех раз. Аналитическая повторность опыта при количественных определениях составляла не менее четырех проб для опытного и контрольного образцов. В таблицах приведены средние значения исследованных величин и значения доверительного интервала выборочного среднего.

Результаты и их обсуждение

По органолептическим показателям исследуемые селекционные сорта зерна фасоли и гороха соответствуют требованиям ГОСТ 28674-90. «Горох. Требования при заготовках и поставках» и ГОСТ 7758-75. «Фасоль продовольственная. Технические условия».

Зерно фасоли сорта «Лукерья» крупнее зерна сортов «Омичка» и «Нерусса», но имеет интенсивную черную окраску, интенсивность которой в процессе гидротермической обработки снижается. Зерно фасоли

Таблица 2. Хозяйственно-ценные признаки исследованных образцов бобовых культур (урожай, 2018 г.) [12]

Table 2. Economic characteristics of the legumes (2018) [12]

Сорт бобовых культур	Период вегетации, сут.	Количество бобов с растения, шт	Масса семян с растения, г	Масса 1000 зерен, г	Окраска семян	Разваримость, мин
Фасоль						
«Лукерья»	90	19	28,7	406	Черная	89
«Омичка»	80	19	21,1	362	Белая	82
«Нерусса»	91	20	24,5	232	Белая	100
Горох						
«Чишминский 95»	60–70	27	88	240–274	Желтая	90
«Чишминский 229»	82	25	78	277	Желтая	90
«Памяти Хангильдина»	60–68	35	77	245–250	Желтая	75
«Юлдаш»	65–72	33	60	220–254	Желтая	135

сортов «Омичка» и «Нерусса» окрашены в белый цвет, не меняющийся при гидротермической обработке.

Все сорта гороха имеют желтый цвет разной степени интенсивности и оттенков (с просвечивающими через семенную кожуру семядолями), сохранявшийся в процессе гидротермической обработки.

Технологические свойства зерна бобовых культур оценивали по показателю разваримости. Все сорта фасоли и сорта гороха, за исключением сорта «Юлдаш», отнесены к I группе развариваемости (отличная). Показатели, характеризующие хозяйственно-ценные признаки, приведены в таблице 2.

Анализируя хозяйственно-ценные признаки фасоли и гороха отечественной селекции, следует отметить, что новые сорта обладают достаточно высокой массой 1000 зерен и массой семян с растений. Следовательно, чем выше масса семян с растений, тем больше его масса в единице объема, а значит, в нем содержится больше полезных веществ и, как следствие, больший выход пищевых продуктов.

С целью дальнейшего использования зерна фасоли и гороха провели оценку показателей безопасности, которые нормируются техническим регламентом таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна». В изученных образцах отмечается отсутствие вредных примесей, зараженности вредителями и микотоксинами. Содержание токсичных элементов, радионуклидов и пестицидов не превышало допустимый уровень безопасности. Для характеристики пищевой ценности селекционных сортов гороха и фасоли определяли наличие и количество микроэлементов цинка, кальция, железа и сопоставили полученные результаты с литературными данными (табл. 3) [13].

Несмотря на выявленное преимущество отдельных сортов по ряду качественных признаков, для определения лучших селекционных сортов фасоли и гороха для продовольственного использования необходимо учитывать активность ингибиторов протеаз, имеющую немаловажное значение для потребителя.

Основные регуляторы активности белков – протеазы локализуются в зерне и могут выполнять функцию запасных белков. В зерне фасоли и гороха присутствуют различные по химическому строению, уровню активности, субстратной специфичности (одноцентровые и двухцентровые) конституционные и индуцированные ингибиторы протеаз, каждый из которых осуществляет специфическую функцию. В клетке они могут находиться как в свободном состоянии, так и в связанном, т. е. в комплексе с ферментом [14, 15]. Действие ингибиторов протеаз неоднозначно. С одной стороны, они обладают способностью образовывать стабильные, обратимые, субстратоподобные комплексы и приводить к подавлению активности протеолитических ферментов. В результате происходит неполное переваривание белков рациона питания, снижается их усвоение организмом [16]. С другой стороны, авторами Ш. Абу-Афифе и др. установлено положительное влияние ингибитора трипсина на организм человека в постоперационном периоде [17].

Мы провели исследования, позволившие выявить сортовые различия активности протеолитических ферментов, гидролизующих субстрат БАПНА, а также активности ингибиторов трипсина и фермента уреазы в селекционных сортах фасоли и гороха. При этом также выявили характер изменения активности протеаз и их ингибиторов при проращивании зерна бобовых культур.

Для проращивания использовали экспериментальную установку «Росинка» [18]. Предварительно подвергнутые гидротермической обработке образцы селекционных сортов зерна фасоли и гороха помещали в устройство для проращивания. Данное устройство позволяет поддерживать оптимальный температурно-влажностный режим для проращивания зерна. Для характеристики процесса в данном устройстве определяли долю проросших зерен, среднее время прорастания и индекс прорастания при условии, что наличие ростка 5–7 мм у 90 % зерна является основным контролируемым показателем.

Процесс проращивания образцов зерна фасоли вели до появления ростка заданного размера в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % и температуре 24 °С в течение 17–20 часов.

Таблица 3. Характеристика фитохимического потенциала образцов фасоли и гороха (урожай 2018 г.)

Table 3. Phytochemical potential of the beans and peas (2018)

Сорт	Содержание							
	цинка, мг/кг	кальция, %	железа, мг/кг	белка, %	жира, %	крахмала,%	пищевых волокон,%	золы, %
Фасоль								
Зерно (литературные данные)	32,1	0,150	59,0	21,0	2,0	43,8	12,4	3,6
«Омичка»	36,6	0,03	80,0	21,44	1,4	42,5	14,2	3,5
«Лукерья»	20,9	0,03	57,0	19,40	1,4	44,5	16,3	3,6
«Нерусса» (стандарт)	30,9	0,03	64,0	20,87	1,7	42,0	14,0	4,23
Горох								
Зерно (литературные данные)	31,8	0,115	68,0	20,5	2,0	44,9	11,2	2,8
«Чишминский 95»	21,16	0,02	0,0	23,0	2,1	46,5	6,8	3,6
«Чишминский 229»	20,9	0,02	0,0	18,63	1,6	46,0	7,0	3,6
«Памяти Хангильдина»	21,0	0,17	0,0	22,28	1,9	44,3	6,1	3,01
«Юлдаш»	21,13	0,02	0,0	22,6	1,6	44,19	6,3	2,8

Таблица 4. Протеолитическая активность селекционных сортов фасоли и гороха (урожай 2018 г.) в состоянии покоя зерна и после проращивания

Table 4. Proteolytic activity of the beans and peas (2018) during grain dormancy and after germination

Сорт зерна бобовых культур	Протеолитическая активность непрогретых образцов, Е		Протеолитическая активность прогретых образцов, Е		Протеолитическая активность, собственных протеаз, Е	
	Зерно в состоянии покоя	Проросшее зерно	Зерно в состоянии покоя	Проросшее зерно	Зерно в состоянии покоя	Проросшее зерно
Фасоль						
«Омичка»	166,1	83,05	120,3	60,15	45,8	91,6
«Лукерья»	184,5	102,5	117,3	48,87	65,29	143,3
«Нерусса»	165	71,73	119,8	39,93	35	105
Горох						
«Чишминский 95»	242,2	80,73	140,3	46,67	98,48	196,96
«Чишминский 229»	233,9	64,97	146,6	41,25	110,48	187,86
«Памяти Хангильдина»	200,72	132,43	151,1	75,5	67,72	169,29
Юлдаш	264,86	50,18	136,3	34,05	121,5	125,86

При этом доля проросших зерен составляет 96 %, индекс прорастания равен 9,0. Для образцов зерна гороха процесс проращивания вели в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % при температуре 21 °С в течение 13–15 часов до появления ростка 5–7 мм. Доля проросших зерен составляет 97 %, индекс прорастания 9,2.

Ведение процесса проращивания в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % и температуре 20–23 °С для образцов зерна фасоли и 18–20 °С для образцов зерна гороха характеризуется низким значением индекса прорастания (для фасоли 8,17, для гороха 8,12). Время проращивания увеличивается для образцов фасоли до 38–42 часов, для образцов гороха до 26–38 часов. При этом доля проросших зерен снижается и составляет 82 % для образцов фасоли и 89 % для гороха.

Ведение процесса проращивания в температурном диапазоне от 24 до 26 °С для образцов зерна фасоли и гороха от 21–23 °С в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % приводит к частичной порчи зерна. Наблюдается наибольшее количество не проросших зерен, что не желательно. Время появления ростка 5–7 мм для образцов зерна фасоли составляет 18–22 часов, для образцов зерна гороха 14–17 часов.

Из рассматриваемых условий проращивания активнее всего зерно фасоли прорастает при температуре 24 °С в течение 17–20 часов, зерно гороха при температуре 21 °С в течение 13–15 часов в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 %. Данные режимы рекомендованы для ведения процесса проращивания с использованием установки «Росинка».

Полученные результаты протеолитической активности, представленные в таблице 4, свидетельствуют о наличии различий между образцами селекционных сортов фасоли и гороха. В таблице приведены результаты ферментативной (протеолитической) активности в присутствии ингибитора (в оптических единицах, Е).

Результаты, приведенные в таблице 4, свидетельствуют о разной активности ингибитора из экстракта образцов. Чем выше значение в оптических единицах, тем меньше ингибиторная активность. Протеолитическая активность в присутствии ингибиторов трипсина в образцах зерна фасоли оказалась выше, по сравнению с образцами зерна гороха, как в состоянии покоя, так и в пророщенном зерне. Высокая активность ингибиторов трипсина и низкая протеолитическая активность отмечена в образцах гороха сорта «Юлдаш». Низкая активность в состоянии покоя зерна гороха отмечена в образцах сортов «Памяти Хангильдина», «Чишминский 229», «Чишминский 95» от 151,1 до 140,3 оптических единиц соответственно. В пророщенном зерне гороха низкая активность отмечена в образцах «Памяти Хангильдина», «Чишминский 95».

Зерно фасоли сортов «Омичка» и «Нерусса» в состоянии покоя обладает меньшей активностью ингибитора трипсина. В пророщенном зерне наблюдается снижение активности, но наилучшие результаты отмечены у сортов фасоли «Омичка» и «Лукерья».

Протеолитическая активность в присутствии ингибиторов трипсина пророщенного зерна фасоли снижалась во всех образцах, в среднем в 2–2,5 раза, у зерна гороха посевного в 3–4 раза.

Протеолитическая активность собственных протеаз при прорастании зерна фасоли сортов «Омичка», «Лукерья», «Нерусса» увеличивалась, в среднем в 2; 2,19; 3 раза. У всех образцов гороха «Чишминский 95», «Чишминский 229», «Памяти Хангильдина» протеолитическая активность при прорастании, по сравнению с активностью зерна в состоянии покоя, увеличилась в 1,4–2,5 раза, за исключением сорта «Юлдаш», в котором произошли незначительные изменения протеолитической активности собственных протеаз.

Результаты определения активности уреазы приведены в таблице 5 .

Установлено, что активность фермента уреазы приближена к нулю во всех исследуемых сортах гороха селекции ФГБНУ Башкирского НИИСХ. Полученные результаты согласуются с данными исследований активности уреазы в других сортах гороха,

Таблица 5. Активность фермента уреазы образцов фасоли и гороха в состоянии покоя, урожай 2018 г.

Table 5. Enzyme urease of the beans and peas during grain dormancy (2018)

Активность уреазы, ед. pH	Сорт						
	Фасоль			Горох			
	«Омичка»	«Лукерья»	«Нерусса»	«Чишминский 95»	«Чишминский 229»	«Памяти Хангильдина»	«Юлдаш»
	0,011	0,02	0,014	0,00	0,00	0,00	0,00

проведенных В. И. Вознян и др [19]. Эти результаты позволяют сделать вывод о следовых количествах данного ингибитора в сортах гороха, независимо от селекционного сорта.

В сортах фасоли «Лукерья», «Омичка», «Нерусса» активность уреазы обнаружена в пределах от 0,011 до 0,02 ед. pH. Исследование активности уреазы в образцах зерна фасоли после проращивания свидетельствуют об остаточных количествах данного фермента.

Таким образом, использование проращивания зерна бобовых культур позволяет снизить активность ингибиторов протеаз на 50–60 %. Результаты протеолитической активности в присутствии ингибиторов трипсина пророщенного зерна бобовых культур не превышают предельно допустимое количество фермента-ингибитора трипсина (не более 0,5 %) указанное в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Также отмечается увеличение протеолитической активности собственных протеаз.

Выводы

1. Все исследованные образцы селекционных сортов фасоли и гороха обладают высоким фитохимическим потенциалом, но характеризуется существенными сортовыми различиями. Сорта имеют высокое содержание белка, пищевых волокон, золы и крахмала. Образцы сортов фасоли селекции Омского ГАУ превосходят по микроэлементарному составу сорта гороха селекции Башкирского НИИСХ. Однако питательная ценность образцов гороха остаётся высокой из-за нулевой активности уреазы и сравнительно низкой активности ингибитора трипсина. По совокупности показателей для производства продуктов питания целесообразно рекомендовать сорта фасоли «Лукерья» и «Омичка», сорта гороха «Памяти Хангильдина» и «Чишминский 95». Зерно гороха сорт «Юлдаш», несмотря на повышенное содержание белка (22,6 %), отличается высокой активностью ингибиторов трипсина при низкой протеолитической активности и плохой разваримости. Рекомендовано использовать этот сорт для производства комбикормов.

2. Установлены оптимальные параметры гидротермической обработки и проращивания зерна бобовых культур с использованием установки «Росинка». Процесс проращивания фасоли следует вести в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % и температуре 24 °С в течение 17–20 часов, для образцов зерна гороха в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % и температуре 21 °С в течение 13–15 часов до появления длины ростка 5–7 мм.

3. Доказано, что проращивание фасоли и гороха при установленных параметрах позволяет снизить активность ингибиторов трипсина на 50–60 % от начального значения, что повышает усвояемость и пищевую ценность продуктов на основе зернобобового сырья.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность

Выражаем благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору Н. Г. Казыдуб за предоставленные селекционные сорта фасоли.

Список литературы

1. Панкина, И. А. Перспективные направления использования нетрадиционного растительного сырья для создания функциональных пищевых продуктов / И. А. Панкина, Л. М. Борисова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в производстве функциональные продуктов питания» / Мичуринский государственный аграрный университет. – Мичуринск, 2014. – С. 149–151.

2. Зотиков, В. И. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации / В. И. Зотиков, В. С. Сидоренко, Н. В. Грядунова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – Т. 26, № 2. – С. 4–10. DOI: https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10008.

3. Пат. 2661119C1 Российская Федерация, МПК A23C 9/12. Способ производства сквашенного продукта / Вебер А. Л., Забодалова Л. А., Казыдуб Н. Г. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина». – № 2017110964; заявл. 31.03.1017; опубл. 11.07.2018; Бюл. № 20. – 7 с.

4. Вебер, А. Л. Изучение возможности использования фасоли зерновой сорта Омского ГАУ и тритикале в составе композитных смесей для функциональных видов хлеба / А. Л. Вебер, Ю. В. Петушкова // Оборудование и технологии пищевых производств: тематический сборник научных работ. – 2017. – Т. 34, № 1. – С. 129–139.

5. Пат. 2599569C1 Российская Федерация, МПК A23L11/00. Пищевой функциональный продукт из пророщенного зерна фасоли / Вебер А. Л., Буякова А. А., Казыдуб Н. Г. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский госу-

дарственный аграрный университет имени П. А. Столыпина». – № 2015124300/13; заявл. 22.06.2015; опубл. 10.10.2016; Бюл. № 28. – 5 с.

6. Получение биологически активного компонента из пророщенных бобов фасоли с целью его последующего использования / А. Л. Вебер, Н. Г. Казыдуб, С. А. Леонова [и др.] // Хлебопродукты. – 2017. – № 6. – С. 35–38.

7. Пат. 2616864C2 Российская Федерация, МПК A23C9/12. Способ получения кисломолочного напитка / Вебер А. Л., Буякова А. А., Казыдуб Н. Г. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина». – № 2015124672; заявл. 23.06.2015; опубл. 10.01.2017; Бюл. № 1. – 7 с.

8. Валуева, Т. А. Белки-ингибиторы протеолитических ферментов у растений / Т. А. Валуева, В. В. Мосолов // Прикладная биохимия и микробиология. – 1995. – Т. 31, № 6. – С. 579–589.

9. Шаскольский, В. Антиоксидантная активность прорастающих семян / В. Шаскольский, Н. Шаскольская // Хлебопродукты. – 2007. – № 8. – С. 58–59.

10. Казыдуб, Н. Г. Сравнительная оценка хозяйственно-ценных признаков образцов фасоли (*Phaseolus Vulgaris* L.) и создание на их основе нового селекционного материала для условий южной лесостепи Западной Сибири: монография / Н. Г. Казыдуб, Т. В. Маракаева. – Омск : ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина», 2015. – 160 с.

11. Соломинцев, М. В. Определение активности ингибиторов протеолитических ферментов в пищевых продуктах / М. В. Соломинцев, М. П. Могильный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2009. – Т. 307, № 1. – С. 13–16.

12. Казыдуб, Н. Г. Фасоль – перспективная овощная культура для южной лесостепи Западной Сибири / Н. Г. Казыдуб, А. П. Клинг, О. Ю. Гурина // «Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы» : сборник II Международной научно-практической конференции / Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур. – М., 2010. – С. 281.

13. Скурихин, И. М. Химический состав российских продуктов питания / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

14. Леонова, С. А. Ферментативная активность зерна пшеницы различной крупности / С. А. Леонова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – Т. 314–315, № 2–3. – С. 13–14.

15. Петибская, В. С. Ингибиторы протеолитических ферментов / В. С. Петибская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1999. – Т. 252–253, № 5–6. – С. 6–10.

16. Валуева, Т. А. Ингибиторы протеолитических ферментов при абиотических стрессах у растений (обзор) / Т. А. Валуева, В. В. Мосолов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2011. – Т. 47, № 5. – С. 501–507.

17. Абу-Афифе, Ш. Применение ингибиторов трипсина при склеропластике у детей и подростков с прогрессирующей близорукостью / Ш. Абу-Афифе, Н. Н. Бушуева, С. Г. Коломийчук // Офтальмологический журнал. – 2005. – № 2. – С. 11–14.

18. Пат. 160896U1 Российская Федерация, МПК A23C 9/12. Устройство для выращивания растений / Алгазин Д. Н., Воробьев Д. А., Забудский А. И. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина». – № 2015150588/13; заявл. 25.11.2015; опубл. 10.04.2016; Бюл. № 10. – 5 с.

19. Питательная ценность сортов сои, гороха, фасоли и содержание в них антипитательных веществ / В. И. Возиян, М. Г. Таран, М. Д. Якобуца [и др.] // Зернобобовые и крупяные изделия. – 2013. – Т. 5, № 1. – С. 26–29.

References

1. Pankina IA, Borisova LM. Perspektivnye napravleniya ispol′zovaniya netraditsionnogo rastitel′nogo syr′ya dlya sozdaniya funktsional′nykh pishchevykh produktov [Promising areas of use of non-traditional plant materials in functional foods]. Materialy Vseros-siyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ‘Innovatsionnye tekhnologii v proizvodstve funktsional′nye produktov pitaniya’ [Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference ‘Innovative Technologies in the Functional Food Production’]; 2014; Michurinsk. Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University; 2014. p. 149–151. (In Russ.).

2. Zotikov VI, Sidorenko VS, Gryadunova NV. Development of production of leguminous crops in the Russian Federation. Legumes and groat crops. 2018;26(2):4–10. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10008.

3. Veber AL, Zabodalova LA, Kazydub NG, Petushkova YuV, Zhiarno M. Sposob proizvodstva skvashennogo produkta [Method of fermented foods production]. Russia patent RU 2661119C1. 2018.

4. Veber AL, Petushkova YuV. Izuchenie vozmozhnosti ispol′zovaniya fasoli zernovoy sorta Omskogo GAU i tritikale v sostave kompozitnykh smesey dlya funktsional′nykh vidov khleba [Applicability of beans cultivated in the Omsk State Agrarian University and triticale as part of composite mixtures for functional breads]. Oborudovanie i tekhnologii pishchevykh proizvodstv: tematicheskiy sbornik nauchnykh rabot [Equipment and Technology of Food Production: thematic collection of scientific works]. 2017;34(1):129–139. (In Russ.).

5. Veber AL, Buyakova AA, Kazydub NG, de Kastro DKM, Staurskaya NV, da Koshta RM. Pishchevoy funktsional′nyy produkt iz proroshchennogo zerna fasoli [Functional food products from germinated beans]. Russia patent RU 2599569C1. 2016.

6. Veber AL, Kazydub NG, Leonova SA, Zhiarno M. Obtaining biologically active component from germinated beans for further use. Bread products. 2017;(6):35–38. (In Russ.).

7. Veber AL, Buyakova AA, Kazydub NG, de Kastro DKM, da Koshta RM. Sposob polucheniya kislomolochnogo napitka [Fermented milk drinks production method]. Russia patent RU 2616864C2. 2017.

8. Valueva TA, Mosolov VV. Belki-ingibitory proteoliticheskikh fermentov u rasteniy [Protein inhibitors of proteolytic enzymes in plant]. Applied Biochemistry and Microbiology. 1995;31(6):579–589. (In Russ.).

9. Shaskol′skiy V, Shaskol′skaya N. Antioksidantnaya aktivnost′ prorastayushchikh semyan [Antioxidant activity of germinating seeds]. Bread products. 2007;(8):58–59. (In Russ.).

10. Kazydub NG, Marakaeva TV. Sravnitel′naya otsenka khozyaystvenno-tsennykh priznakov obraztsov fasoli (*Phaseolus Vulgaris* L.) i sozdanie na ikh osnove novogo selektsionnogo materiala dlya usloviy yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri: monografiya [Comparative evaluation of economic features of bean samples (*Phaseolus Vulgaris* L.) as a basis for a new breeding material fit for the conditions of the Southern forest-steppe of Western Siberia: monograph]. Omsk: Stolypin Omsk State Agrarian University; 2015. 160 p. (In Russ.).

11. Solomintsev MV, Mogilny MP. Determination of proteinase inhibitors activity in food products. News institutes of higher education. Food technology. 2009;307(1):13–16. (In Russ.).

12. Kazydub NG, Kling AP, Gurina OYu. Fasol′ – perspektivnaya ovoshchnaya kul′tura dlya yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Beans as a promising vegetable for the Southern forest-steppe of Western Siberia]. ‘Sovremennye tendentsii v selektsii i semenovodstve ovoshchnykh kul′tur. Traditsii i perspektivy’: sbornik II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [‘Current trends in plant breeding and seed production. Traditions and prospects’: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference]; 2010; Moscow. Moscow: All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed-Growing; 2010. pp. 281. (In Russ.).

13. Skurikhin IM, Tutel′yan VA. Khimicheskiy sostav rossiyskikh produktov pitaniya [The chemical composition of Russian food]. Moscow: DeLi print; 2002. 236 p. (In Russ.).

14. Leonova SA. Enzymatic activity of wheat grain with different scale. News institutes of higher education. Food technology. 2010;314–315(2–3):13–14. (In Russ.).

15. Petibskaya VS. Ingibitory proteoliticheskikh fermentov [Proteolytic enzyme inhibitors]. News institutes of higher education. Food technology. 1999;252–253(5–6):6–10. (In Russ.).

16. Mosolov VV, Valueva TA. Inhibitors of proteolytic enzymes under abiotic stresses in plants (review). Applied Biochemistry and Microbiology. 2011;47(5):501–507. (In Russ.).

17. Abu-Afife S, Bushueva NN, Kolomiychuk SG. Primenenie ingibitorov tripsina pri skleroplastike u detey i podrostkov s progressiruyushchey blizorukost′yu [Trypsin inhibitors during scleroplasty in children and adolescents with progressive myopia]. Journal of Ophthalmology. 2005;(2):11–14. (In Russ.).

18. Algazin DN, Vorob′ev DA, Zabudskiy AI, Zabudskaya EA. Ustroystvo dlya vyrashchivaniya rasteniy [Device for growing plants]. Russia patent RU 160896U1. 2016.

19. Vozijan VI, Taran MG, Jakobutsa MD, Avadeny LP. Nutritive value of varieties of soya, peas, dry beans and content of anti-nutritive substances in them. Legumes and groat crops. 2013;5(1):26–29. (In Russ.).

Сведения об авторах

Вебер Анна Леонидовна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры продуктов питания и пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина», 644008, Россия, г. Омск, Институтская пл., 1, тел.: +7 (3812) 65-14-54, e-mail: anna.web@mail.ru

https://orcid.org/0000-0003-0715-0426

Леонова Светлана Александровна

д-р. техн. наук, профессор кафедры общественного питания и технологий, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: s.leonova@inbox.ru

Давлетов Фирзинат Аглямович

д-р. сельхоз. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Башкирский НИИ сельского хозяйства», 450059, Россия, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19, e-mail: bniish@rambler.ru

Information about the authors

Anna L. Veber

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food and Food Biotechnology, Stolypin Omsk State Agrarian University, 1, Institutskaya square, Omsk, 644008, Russia, phone: +7 (3812) 65-14-54, e-mail: anna.web@mail.ru

https://orcid.org/0000-0003-0715-0426

Svetlana A. Leonova

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Catering and Processing, Bashkir State Agrarian University, 34, 50-letiya Oktyabrya Str., Ufa, 450001, Russia, e-mail: s.leonova@inbox.ru

Firzinat A. Davletov

Dr.Sci.(Agr.), Deputy Director for Science, Bashkir Research Institute of Agriculture, 19, Rikharda Zorge Str., Ufa, 450059, Russia, e-mail: bniish@rambler.ru