

Научная статья/Research Article

УДК 577.112.385.4:633.655:631.52(571.61)

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-26-32

Сергей Евгеньевич Низкий<sup>1✉</sup>, Галина Александровна Кодирова<sup>2</sup>,  
Галина Викторовна Кубанкова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup>agrofak06@mail.ru

<sup>2</sup>kgv@vniisoi.ru

<sup>3</sup>kgv.galina@mail.ru

## АНАЛИЗ БЕЛКОВ СОИ НА СОДЕРЖАНИЕ ТРИПТОФАНА

*Цель исследования – оценка белков зерна амурских сортов сои на содержание триптофана. Задача: подбор наиболее подходящих сортов сои для создания продуктов функционального назначения. Объекты исследования – 26 сортов сои, созданных селекционерами ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои (Амурская область) за последние несколько лет, внесенные в реестр селекционных достижений и районированные как в области, так и за ее пределами. Химический анализ сои проведен в лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции ВНИИ сои с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-205» («Люмэкс», Россия). Исследуемые сорта выращены на опытных полях лаборатории селекции и первичного семеноводства (с. Садовое, Тамбовского района Амурской области). Наибольшее количество белка отмечено в зерне сои сорта Сентябринка (42,3 %), наименьшее – у сортов МК 100 и Алена (38,4 %). Содержание триптофана в белке зерна сои амурских сортов колеблется от 0,99 до 1,21 г/100 г белка. Наилучшими показателями по содержанию триптофана отмечены сорта ВНИИС 18 (1,21 г) и Невеста (1,17 г). Только один из изученных сортов – Сентябринка в составе белка имеет менее 1 г триптофана (0,99 г). У 25 сортов содержание триптофана в белке зерна превышает стандарт FAO/WHO (1 г/100 г белка), из этого следует, что данные сорта сои хорошо подходят для создания пищевых продуктов. Также наилучшими показателями для создания продуктов функциональной направленности с учетом лечебных свойств триптофана являются сорта сои ВНИИС 18, Невеста, Золотница, Журавушка и Персона.*

**Ключевые слова:** триптофан, соя, амурские сорта, белок, аминокислотный индекс

**Для цитирования:** Низкий С.Е., Кодирова Г.А., Кубанкова Г.В. Анализ белков сои на содержание триптофана // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 26–32. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-26-32.

Sergey Evgenievich Nizky<sup>1✉</sup>, Galina Aleksandrovna Kodirova<sup>2</sup>, Galina Viktorovna Kubankova<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>All-Russian Soybean Research Institute, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup>agrofak06@mail.ru

<sup>2</sup>kgv@vniisoi.ru

<sup>3</sup>kgv.galina@mail.ru

## ANALYSIS PROTEINS IN SOYBEAN FOR TRYPTOPHAN CONTENT

*The purpose of the study is to evaluate grain proteins of Amur soybean varieties for tryptophan content. Task: selection of the most suitable soybean varieties for creating functional products. The objects of the study are 26 soybean varieties created by breeders of the Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Soybeans (Amur Region) over the past few years, included in the register of breeding achievements and zoned both in the region and beyond. Chemical analysis of soybeans was carried out in the laboratory for processing agricultural products of the All-Russian Research Institute of Soybeans using the Kapel-205 capillary electrophoresis system (Lumex, Russia). The studied varieties were grown in the ex-*

perimental fields of the laboratory of selection and primary seed production (the village of Sadovoe, Tambov District, Amur Region). The largest amount of protein was observed in soybean grain of the Sentyabrinka variety (42.3 %), the smallest in the MK 100 and Alena varieties (38.4 %). The content of tryptophan in the protein of soybean grains of Amur varieties ranges from 0.99 to 1.21 g/100 g of protein. The best indicators for tryptophan content were noted for the varieties of All-Russian Research Institute of Soybean Husbandry – 18 (1.21 g) and Nevesta (1.17 g). Only one of the studied varieties, Sentyabrinka, has less than 1 g of tryptophan (0.99 g) in its protein composition. In 25 varieties, the tryptophan content in grain protein exceeds the FAO/WHO standard (1 g/100 g protein), which means that these soybean varieties are well suited for creating food products. Also, the best indicators for creating functional products taking into account the medicinal properties of tryptophan are soybean varieties of All-Russian Research Institute of Soybean Husbandry – 18, Nevesta, Zolotnitsa, Zhuravushka and Persona.

**Keywords:** tryptophan, soybean, Amur varieties, protein, amino acid index

**For citation:** Nizkii S.E., Kodirova G.A., Kubankova G.V. Analysis proteins in soybean for tryptophan content // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 26–32. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-26-32.

**Введение.** Триптофан (Трп) – незаменимая аминокислота, которая относится к группе ароматических α-аминокислот (β-(β-индолил)-α-аминопропионовая кислота). Химическая формула C<sub>11</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (рис. 1). Триптофан представлен двумя оптически-изомерными формами, L и D, и в виде рацемической смеси (DL) [1,2].

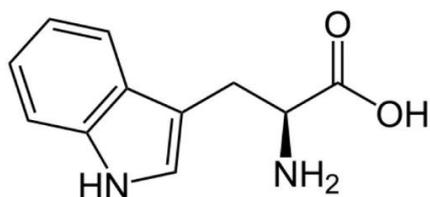


Рис. 1. Структурная формула триптофана

Триптофан входит в состав многих белков и является гидрофобной аминокислотой, так как в своей структуре содержит ароматическое ядро индола. В живой клетке триптофан служит пре-

курсором серотонина и ниацина. Серотонин выполняет функцию нейромедиатора и нейромодулятора в центральной нервной системе и служит субстратом для синтеза мелатонина, так называемого гормона сна, вырабатываемого в головном мозге. Снижение уровня триптофана вызывает гипофункцию сератониновой системы, что может стать причиной бессонницы и депрессивных расстройств [3–5]. Кроме того, триптофан является предшественником индольных алкалоидов и важнейшей из незаменимых аминокислот, необходимых для роста и поддержания азотистого равновесия. Участвует в биосинтезе белков сыворотки крови и гемоглобина. Он играет важную роль в образовании витамина В<sub>3</sub>, недостаточное количество которого приводит к пеллагре (вид авитаминоза) [6–8].

Триптофан присутствует в большинстве растительных белков, особенно им богато соевое зерно (табл. 1) [9, 10].

Таблица 1

**Среднее содержание триптофана в некоторых продуктах и семенах различных культур, г/100 г продукта**

Продукт	Триптофан
Говядина	0,13
Телятина	0,25
Курица	0,29
Мясо кролика, индейки	0,33
Куриное яйцо	1,50
Рыба	0,74
Красная икра	0,96
Сыр плавленый	0,50
Соевые бобы	0,96
Горох, фасоль	0,26
Пшеница	0,14
Рис	0,09
Кукуруза	0,08

Исходя из данных, приведенных в таблице 1, содержание триптофана в белке сои значительно выше, чем во многих других продуктах, в т. ч. животного происхождения, и при перерасчете на белок почти в 2 раза превышает стандарт FAO/WHO (идеальный белок), который по триптофану составляет 0,85 г/100 г белка [11]. Данный стандарт установлен Продовольственной и сельскохозяйственной Организацией Объединенных Наций (FAO) совместно с Всемирной организацией здравоохранения (WHO) и используется для оценки пищевой и биологической ценности белков пищевых продуктов [12].

Известно, что соевый белок в целом имеет очень высокое качество, так как содержит все незаменимые аминокислоты и сбалансирован по аминокислотному составу, т. е. содержит необходимые для организма человека и животных аминокислоты в полном наборе [13].

Основное производство сои в РФ сосредоточено в регионах Дальнего Востока, в которых наибольшие посевные площади под сою отведены в Амурской области, где в настоящее время сою возделывают на площади более 1 млн га [14]. Основные сорта сои, возделываемые в области, это сорта, выведенные во Всероссийском научно-исследовательском институте сои (ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои), что делает достаточно актуальным изучение химического состава зерна этих сортов.

**Цель исследования** – оценка белков зерна амурских сортов сои на содержание триптофана.

**Объект и методы.** Объектом исследования служили семена 26 сортов сои, созданных во ВНИИ сои. Все исследуемые сорта включены в государственный реестр селекционных достижений [15]. Семена были получены в 2022 г. в коллекционном питомнике опытного поля лаборатории селекции и первичного семеноводства и предоставлены для химических анализов в лабораторию переработки сельскохозяйственной продукции. Определение триптофана в зерне сои проводили методом капиллярного электрофореза на системе «Капель-205» («Люмэкс», Россия) [16]. Вследствие разрушения триптофана при кислотном гидролизе применяли метод, основанный на разложении проб щелочным гидролизом, с использованием фонового электролита, содержащего 0,02 М тетрабората натрия. Таким образом, используемый на стадии подготовки проб щелочной гидролиз разрушает все аминокислоты, кроме триптофана (рис. 2). Для определения эффективности аналитической методики было произведено электрофоретическое разделение аналитического стандарта и получены данные о времени удерживания аналита, построен градуировочный график площади пика в зависимости от концентрации исследуемого компонента. В качестве аналитического стандарта использовали триптофан производства фирмы Sigma-Aldrich, каталожный номер T0254, с массовой долей основного вещества не менее 98 %.

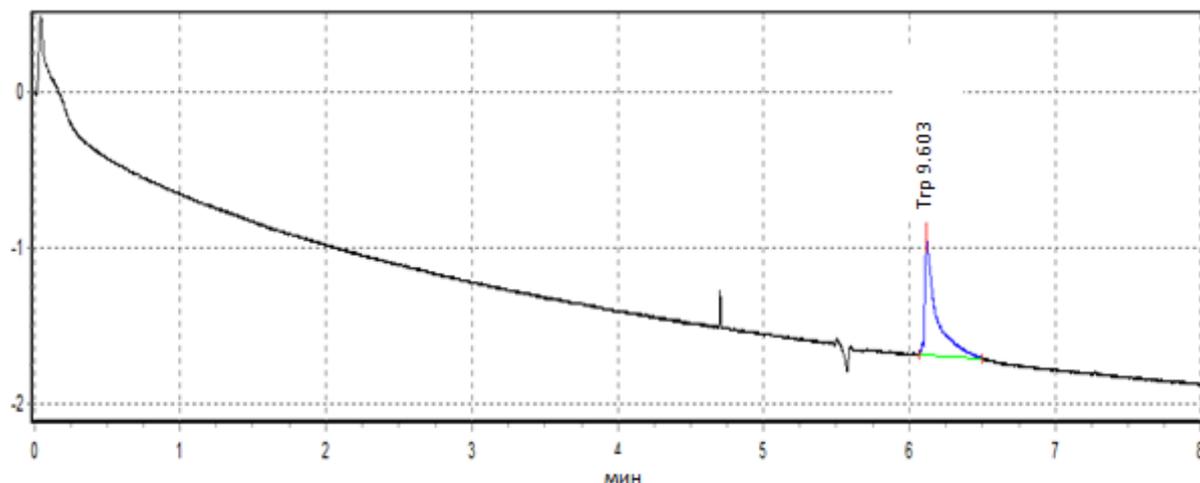


Рис. 2. Электрофореграмма аналитического стандарта триптофана

Анализ включал три этапа: гидролиз раствора триптофана из основной цепи белка; разделение триптофана с помощью аналитической процедуры; обнаружение и определение массо-

вой концентрации триптофана. Условия проведения анализа – кварцевый капилляр, фотометрический детектор, УФ-детектирование при длине волны 219 нм. Обработку электрофоре-

грамм осуществляли при помощи программного обеспечения «Эльфоран» [15].

Одновременно определяли содержание белка в зерне исследуемых сортов методом диффузного отражения света в инфракрасной области спектра на ИК-сканере модели FOSS NIRSystems 5000. При этом использовали стандартные калибровочные уравнения для определения белка (фирма FOSS Analytical A/S, Дания) [17, 18].

Достоверность различий между разными сортами оценивалась по среднеквадратическому отклонению серии аналитических определений с расчетом критических значений диапазона различий для 95 % уровня значимости по Fisher and Frank [19].

**Результаты и их обсуждение.** В таблице 2 приведены данные о содержании белка и триптофана в зерне изученных сортов сои, а также результаты аналитических определений методом капиллярного электрофореза, где содержание аминокислоты выражается как массовая доля в белковой вытяжке (%/100 мг пробы). Для более корректной оценки качества белка приведен перерасчет содержания аминокислоты на 100 г белка.

Наибольшее количество белка отмечено в зерне сои сорта Сентябринка (42,3 %), наименьшее – у сортов МК 100 и Алена (38,4 %). Различие между сортами по этому показателю статистически достоверно, что подтверждает данные, приведенные нами в предыдущих публикациях [20].

Таблица 2

**Содержание белка и триптофана в зерне сои**

Сорт сои	Белок, % от сухого вещества	Триптофан	
		Массовая доля в пробе, %	г/100 г белка
Топаз	40,8	0,41	1,01
Лидия	40,2	0,42	1,05
Грация	39,3	0,41	1,04
Статная	39,3	0,44	1,12
Умка	39,5	0,41	1,08
Кружевница	40,1	0,43	1,07
Сентябринка	42,3	0,42	0,99
Золотница	39,0	0,45	1,15
Гармония	38,6	0,41	1,05
Персона	39,4	0,45	1,14
Даурия	38,8	0,43	1,11
Пепелина	39,1	0,43	1,10
Куханна	41,3	0,43	1,04
Лазурная	40,1	0,42	1,05
МК 100	38,4	0,41	1,07
Евгения	38,7	0,41	1,06
Нега 1	39,1	0,40	1,02
Китросса	38,9	0,40	1,03
Лебедушка	39,5	0,42	1,06
Журавушка	38,5	0,44	1,14
Невеста	40,1	0,47	1,17
Интрига	39,4	0,42	1,07
Золушка	39,3	0,43	1,10
ВНИИС 18	40,3	0,49	1,21
Алена	38,4	0,43	1,12
Бонус	39,0	0,42	1,07
Критический диапазон различий CR	0,93	0,02	0,05

Среди исследуемых сортов сои самое низкое содержание в белке триптофана отмечено у сорта Сентябринка (0,99 г), у остальных сортов этот показатель превышал стандарт FAO/WHO (1 г/100 г белка). Значение парного коэффициента корреляции по Пирсону между содержанием белка в зерне исследуемых сортов сои и содержанием триптофана показывало слабую, отрицательную взаимосвязь этих признаков ( $r = -0,3$ ).

Наилучшими показателями по содержанию триптофана отмечены сорта ВНИИС 18 (1,21 г) и Невеста (1,17 г). При этом существенных различий по этому признаку между сортами ВНИИС 18, Невеста, Золотница, Журавушка и Персона не выявлено, но в целом они достоверно превышали другие сорта, что делает их пригодными для создания продуктов функционального назначения.

**Заключение.** Содержание триптофана в белке зерна сои сортов селекции ФНЦ ВНИИ сои колеблется от 0,99 до 1,24 г/100 г белка. Только один из изученных сортов – Сентябринка в составе белка имеет менее 1 г триптофана. У 25 сортов амурской селекции содержание триптофана в белке зерна превысило 1 г/100 г белка, что говорит о хорошей перспективе использования этих сортов при создании пищевых продуктов. Наилучшими показателями для создания продуктов функциональной направленности с учетом лечебных свойств аминокислоты триптофан являются сорта сои ВНИИС 18, Невеста, Золотница, Журавушка и Персона.

#### Список источников

1. Молекулярная биология клетки. Т. 1 / Б. Альбертс [и др.]; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ин-т компьютерных исследований. М.: Ижевск, 2012. 5-е изд. 796 с.
2. Формула Триптофана структурная химическая. URL: <http://formula-info.ru/khimicheskie-formuly/t/formula-triptofana-strukturnaya-khimicheskaya> (дата обращения: 01.03.2023).
3. Turner E.H., Loftis J.M., Blackwell A.D. Serotonin a la carte: supplementation with the serotonin precursor 5-hydroxytryptophan // *Pharmacol Ther.* 2006. 109 (3): 325–338. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2005.06.004.
4. Бокуть С.Б., Герасимович Н.В., Милютин А.А. Молекулярная биология: молекулярные механизмы хранения, воспроизведения и реализации генетической информации / под ред. Л.С. Мельник, Л.Д. Касьяновой. Минск: Выш. шк., 2005. 463 с.
5. Роль незаменимой аминокислоты триптофана в возникновении нарушений сна и тревожно-депрессивных расстройств / В.Е. Карнаухов [и др.] // *Человек и его здоровье.* 2022. № 25 (2). С. 13–23. DOI: 10.21626/vestnik/2022-2/02.
6. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. 3-е изд. М.: Медицина, 2008. 704 с.
7. Биологическая химия / Е.С. Северин [и др.]. М.: Медицинское информационное агентство, 2008. 364 с.
8. Pitche P.T. Pellagra // *Sante.* 2005. V. 15, № 3. P. 205–208.
9. Лысиков Ю.А. Аминокислоты в питании человека // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2012. № 2. С. 88–105.
10. Питебская В.С. Соя: химический состав и использование. Майкоп: Полиграф-Юг, 2012. 432 с.
11. Баранов В.Ф., Кочегура А., Лукомец В.М. Соя на Кубани. Краснодар, 2009. 321 с.
12. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAQ Expert Consultation. FAO Food Nutr Pap. 2013;92:1-66. PMID: 26369006. URL: <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57-aa4593304ffc17f06.pdf>.
13. Аминокислотный состав запасных белков современных сортов сои / С.В. Бобков [и др.] // *Вестник ОрелГАУ.* 2013. № 1 (40). С. 66–70.
14. Соя на Дальнем Востоке / А.П. Ващенко [и др.]. Владивосток: Дальнаука, 2010. 435 с.
15. Каталог сортов сои / Е.М. Фокина [и др.]; под общ. ред. В.Т. Синеговской // ВНИИ сои. Благовещенск: Одеон, 2021. 69 с.
16. М 04-38-2009. Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». СПб., 2014. 49 с.
17. Determination of grain protein content by near-infrared spectrometry and multivariate calibration in barley / Ch. Lin [et al.] // *Food Chemistry.* 2014. 162:10-15. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.04.056.

18. Оценка содержания белка в семенном материале самоклональных линий сои / Г.А. Кодирова [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 3 (55). С. 41–47.
19. Fehr W.R., Caviness Ch.E. Stages of Soybean Development // Special Report 80. IOWA STATE UNIVERSITY of Science and Technology, Ames, Iowa, 1977. 13 p.
20. Низкий С.Е., Кодирова Г.А., Кубанкова Г.В. Оценка сортов сои амурской селекции на содержание лизина // Вестник КрасГАУ. 2021. № 12. С. 46–52. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13032.
9. Lysikov Yu.A. Aminokisloty v pitanii cheloveka // `Eksperimental'naya i klinicheskaya gastro`enterologiya. 2012. № 2. S. 88–105.
10. Pitebskaya V.S. Soya: himicheskij sostav i ispol'zovanie. Majkop: Poligraf-Yug, 2012. 432 s.
11. Baranov V.F., Kochegura A., Lukomec V.M. Soya na Kubani. Krasnodar, 2009. 321 s.
12. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAQ Expert Consultation. FAO Food Nutr Pap. 2013;92:1-66. PMID: 26369006. URL: <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57-aa4593304ffc17f06.pdf>.
13. Aminokislotnyj sostav zapasnyh belkov sovremennyh sortov soi / S.V. Bobkov [i dr.] // Vestnik OreIGAU. 2013. № 1 (40). S. 66–70.
14. Soya na Dal'nem Vostoke / A.P. Vaschenko [i dr.]. Vladivostok: Dal'nauka, 2010. 435 s.
15. Katalog sortov soi / E.M. Fokina [i dr.]; pod obsch. red. V.T. Sinegovskoj // VNII soi. Blagoveschensk: Odeon, 2021. 69 s.
16. М 04-38-2009. Korma, kombikorma i syr'e dlya ih proizvodstva. Metodika izmerenij massovoj doli aminokislot metodom kapillyarnogo `elektroforeza s ispol'zovaniem sistemy kapillyarnogo `elektroforeza «Kapel'». SPb., 2014. 49 s.
17. Determination of grain protein content by near-infrared spectrometry and multivariate calibration in barley / Ch. Lin [et al.] // Food Chemistry. 2014. 162:10-15. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.04.056.
18. Ocenka soderzhaniya belka v semennom materiale samoklonal'nyh linij soi / G.A. Kodirova [i dr.] // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2020. № 3 (55). S. 41–47.
19. Fehr W.R., Caviness Ch.E. Stages of Soybean Development // Special Report 80. IOWA STATE UNIVERSITY of Science and Technology, Ames, Iowa, 1977. 13 p.
20. Nizkij S.E., Kodirova G.A., Kubankova G.V. Ocenka sortov soi amurskoj selekcii na soderzhanie lizina // Vestnik KrasGAU. 2021. № 12. S. 46–52. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13032.

### References

1. Molekulyarnaya biologiya kletki. T. 1 / B. Al'berts [i dr.]; NIC «Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika», In-t komp'yuternyh issledovanij. M.; Izhevsk, 2012. 5-e izd. 796 s.
2. Formula Triptofana strukturnaya himicheskaya. URL: <http://formula-info.ru/khimicheskie-formuly/t/formula-triptofana-strukturnaya-khimicheskaya> (data obrascheniya: 01.03.2023).
3. Turner E.H., Loftis J.M., Blackwell A.D. Serotonin a la carte: supplementation with the serotonin precursor 5-hydroxytryptophan // Pharmacol Ther. 2006. 109 (3): 325–338. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2005.06.004.
4. Bokut' S.B., Gerasimovich N.V., Milyutin A.A. Molekulyarnaya biologiya: molekulyarnye mehanizmy hraneniya, vosproizvedeniya i realizacii geneticheskoy informacii / pod red. L.S. Mel'nik, L.D. Kas'yanovoj. Minsk: Vysh. shk., 2005. 463 s.
5. Rol' nezamenimoj aminokisloty triptofana v vzniknovenii narushenij sna i trevozhno-depressivnyh rasstrojstv / V.E. Karnauhov [i dr.] // Chelovek i ego zdorov'e. 2022. № 25 (2). S. 13–23. DOI: 10.21626/vestnik/2022-2/02.
6. Berezov T.T., Korovkin B.F. Biologicheskaya himiya. 3-e izd. M.: Medicina, 2008. 704 s.
7. Biologicheskaya himiya / E.S. Severin [i dr.]. M.: Medicinskoe informacionnoe agentstvo, 2008. 364 s.
8. Pitche P.T. Pellagra // Sante. 2005. V. 15, № 3. P. 205–208.

Статья принята к публикации 06.09.2023 / The article accepted for publication 06.09.2023.

Информация об авторах:

**Сергей Евгеньевич Низкий**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, кандидат биологических наук, доцент

**Галина Александровна Кодирова**<sup>2</sup>, ведущий научный сотрудник лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции, кандидат технических наук

**Галина Викторовна Кубанкова**<sup>3</sup>, старший научный сотрудник лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции, кандидат технических наук

Information about the authors:

**Sergey Evgenievich Nizky**<sup>1</sup>, Senior Researcher, Laboratory of Plant Physiology, Candidate of Biological Sciences, Docent

**Galina Aleksandrovna Kodirova**<sup>2</sup>, Leading Researcher at the Laboratory of Agricultural Products Processing, Candidate of Technical Sciences

**Galina Viktorovna Kubankova**<sup>3</sup>, Senior Researcher, Laboratory of Agricultural Products Processing, Candidate of Technical Sciences

