

Василий Викторович Матюшев<sup>1✉</sup>, Ирина Александровна Чаплыгина<sup>2</sup>,  
Александр Викторович Семенов<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>1</sup>don.matyusheff2015@yandex.ru

<sup>2</sup>ledum\_palustre@mail.ru

<sup>3</sup>semenov02101960@mail.ru

## ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДОХОДА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТУРИРОВАННОЙ МУКИ

*Цель исследования – повышение энергетического дохода технологии производства текстурированной муки за счет применения пророщенной кукурузы, разработанного и запатентованного оборудования. Задачи: разработка технологии производства текстуратов на основе нативной пшеницы и зерна пророщенной кукурузы и оценка ее энергетического дохода. Объекты исследования – технология и оборудование производства текстуратов на основе зерна пшеницы Новосибирская 15 и пророщенной кукурузы Россо 140. Экспериментальные исследования по сравнительной оценке технологий получения текстурированной муки были организованы в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет». Сравнимые технологии основывались на получении текстуратов из нативной пшеницы влажностью 8,5–9,0 % и из смеси нативной пшеницы и пророщенного зерна кукурузы влажностью 15–16,5 %. Проращивание зерна кукурузы осуществлялось на запатентованной установке, позволяющей получать пророщенное зерно до 2 мм в течение 48 ч. В экструдированных смесях на основе зерна пшеницы и пророщенной кукурузы, в расчете на сухое вещество, выявлено наибольшее содержание клетчатки – 8,64 % (10 % кукурузы), крахмала – 40,67 % (20 % кукурузы); БЭВ – 78,5–78,74 % (15–25 % кукурузы). Обменная энергия экструдата из пшеницы и экструдата с включением пророщенной кукурузы (25 %) составляла соответственно 12,78 и 12,95 МДж/кг. Несмотря на увеличение затрат на производство экструдата в технологии с проращиванием зерна кукурузы по сравнению с технологией получения экструдата из пшеницы на 0,013 МДж/кг, энергетический доход увеличился на 0,16 МДж/кг.*

**Ключевые слова:** пшеница, кукуруза, пророщенное зерно, текстурированная мука, технология, оборудование, проращивание, экструзия, энергетический доход

**Для цитирования:** Матюшев В.В., Чаплыгина И.А., Семенов А.В. Оценка энергетического дохода технологии производства текстурированной муки // Вестник КрасГАУ. 2024. № 4. С. 209–215. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-209-215.

Vasily Viktorovich Matyushev<sup>1✉</sup>, Irina Alexandrovna Chaplygina<sup>2</sup>,  
Alexander Viktorovich Semenov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>1</sup>don.matyusheff2015@yandex.ru

<sup>2</sup>ledum\_palustre@mail.ru

<sup>3</sup>semenov02101960@mail.ru

## ASSESSMENT OF TEXTURED FLOUR PRODUCTION TECHNOLOGY ENERGY INCOME

The purpose of the study is to increase the energy income of the technology for the production of textured flour through the use of sprouted corn, developed and patented equipment. Objectives: development of technology for the production of texturates based on native wheat and sprouted corn grain and assessment of its energy income. The objects of research are the technology and equipment for the production of texturates based on Novosibirskaya 15 wheat grain and Rosso 140 sprouted corn. Experimental studies on the comparative assessment of technologies for producing textured flour were organized at the Engineering Center of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Krasnoyarsk State Agrarian University". The compared technologies were based on the production of textures from native wheat with a moisture content of 8.5–9.0 % and from a mixture of native wheat and sprouted corn grain with a moisture content of 15–16.5 %. The germination of corn grain was carried out on a patented installation, which made it possible to obtain sprouted grain up to 2 mm within 48 hours. In extruded mixtures based on wheat grain and sprouted corn, calculated on a dry matter basis, the highest fiber content was revealed – 8.64 % (10 % corn), starch – 40.67 % (20 % corn); BEV – 78.5–78.74 % (15–25 % corn). The metabolic energy of the wheat extrudate and the extrudate containing sprouted corn (25 %) was 12.78 and 12.95 MJ/kg, respectively. Despite the increase in the cost of extrudate production in the technology with corn germination compared to the technology for producing extrudate from wheat by 0.013 MJ/kg, energy income increased by 0.16 MJ/kg.

**Keywords:** wheat, corn, sprouted grain, textured flour, technology, equipment, germination, extrusion, energy income

**For citation:** Matyushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V. Assessment of textured flour production technology energy income // Bulliten KrasSAU. 2024;(4): 209–215 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-209-215.

**Введение.** Совершенствование существующих и создание новых технологий переработки зерновых культур является актуальной задачей для обеспечения сохранности и эффективного использования урожая, решение которой возможно в процессе экструзии, который позволяет изменить физико-механические и биохимические свойства зерна [1–4].

Перспективным направлением для формирования качества пищевых систем является использование пророщенного зерна как компонента, позволяющего обогатить готовую продукцию биологически активными веществами [5–8].

Представляет интерес с научной и практической точки зрения использование зерна кукурузы в экструзионных технологиях, так как оно применяется в качестве сырья для производства крупы, муки, масла, крахмала, спирта и имеет высокое содержание углеводов. Кукурузное зерно используют также при изготовлении аскорбиновой и глютаминовой кислот.

Недостатками, снижающими эффективность проращивания зерна, являются высокие энергетические затраты, продолжительность и материалоемкость применяемого для этих целей оборудования.

В связи с этим актуальными являются исследования, направленные на повышение энергетического дохода применяемых технологий, использование разработанного и запатентованного оборудования в линии производства экструдатов на основе зерновых культур и пророщенных компонентов.

**Цель исследования** – повышение энергетического дохода технологии производства текстурированной муки за счет применения пророщенной кукурузы и разработанного и запатентованного оборудования.

**Задачи:** разработать технологию производства текстуратов на основе нативной пшеницы и зерна пророщенной кукурузы и оценить ее энергетический доход.

**Объект и методы.** Объектом исследования являлась не только технология производства текстуратов на основе зерна пшеницы, но и используемое в технологическом процессе разработанное и запатентованное оборудование. Экспериментальные исследования проводились в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет». Текстурированную муку получали из нативной пшеницы сорта Новосибирская 15 влаж-

ностью 8,5–9 % и из смеси нативной пшеницы и пророщенного зерна кукурузы сорта Россо 140 влажностью 15–16,5 %.

Проращивание зерна кукурузы осуществлялось на запатентованной установке, позволяющей получать пророщенное зерно до 2 мм в течение 48 ч [9]. Исходное сырье и текстураты исследовались по аккредитованным методикам в НИИЦ Красноярского ГАУ и ФГБУ ГЦАС «Красноярский». Для оценивания энергетического дохода определяли энергосодержание продукта, совокупную энергию, расходуемую электрическую энергию, трудовые затраты согласно [10].

**Результаты и их обсуждение.** Технология производства текстурированной муки на основе нативного зерна пшеницы и пророщенного зерна кукурузы заключается в следующем (рис. 1).

Зерно пшеницы и кукурузы отделяется от примесей. Зерно кукурузы замачивается и проращивается в устройстве для проращивания зерна.

Дозированная масса нативной пшеницы и пророщенной кукурузы подается в смеситель, где осуществляется процесс смешивания компонентов.



Рис. 1. Схема технологического процесса производства текстурированной муки с предварительным проращиванием зерна кукурузы

Смесь нативного зерна пшеницы и пророщенной кукурузы подается в экструдер ЭК-100. После процесса экструзии продукт с температурой 110–120 °С транспортируется в охладитель и далее в измельчитель. Готовая текстурированная мука упаковывается и поступает на хранение или в производство.

Перечень и характеристики оборудования, применяемого в технологии получения текстурата на основе зерна нативной пшеницы и пророщенной кукурузы, представлены в таблице.

Химический состав исходного сырья и экструдата в зависимости от соотношения нативного и пророщенного компонентов представлен на рисунке 2, а изменение обменной энергии на рисунке 3.

Анализ химического состава исходного сырья и экструдата позволяет сделать вывод, что при увеличении содержания пророщенной кукурузы в смеси отмечается рост содержания сахаров, крахмала, БЭВ и каротина в готовой продукции. Количество сырого протеина и сырой клетчатки, напротив, незначительно уменьшается.

В расчете на сухое вещество экструдированные смеси на основе зерна пшеницы и пророщенной кукурузы содержали наибольшее количество клетчатки – 8,64 % в варианте с использованием в смеси 10 % кукурузы, крахмала – 40,67 % (20 % кукурузы); БЭВ – 78,5–78,74 % (15–25 % кукурузы).

Перечень и характеристики оборудования линии производства текстурированной муки

Оборудование	Марка	Кол-во, шт.	Производительность, т/ч	Установленная мощность, МДж
Нория	Н-3	2	3	4,0
Бункер	БГП-5	2	3,85	–
Шнековый транспортер	ТШ-100	7	3,85	4,0
Дозатор	УРЗ-1	3	0,7	1,0
Сепаратор зерна	МС-4/2 «Алмаз»	1	4	7,9
Проращиватель зерна	Пат. 2769803	1	0,2	4,0
Лопастной смеситель	Пат. №192831	1	1,25	5,4
Экструдер	ЭК-100	1	0,1	40,1
Отсекатель стренга экструдата	–	1	0,1	2,7
Охладитель	СО-1	1	0,1	4,0
Молотковая дробилка	«МОЛОТ 200»	1	0,1	4,0
Мельница жерновая	АКИТАJP akdmjr-40	2	0,07	10,8
Машина фасовочноупаковочная	МФДШ НОТИС-1,0	1	1,44	4,3

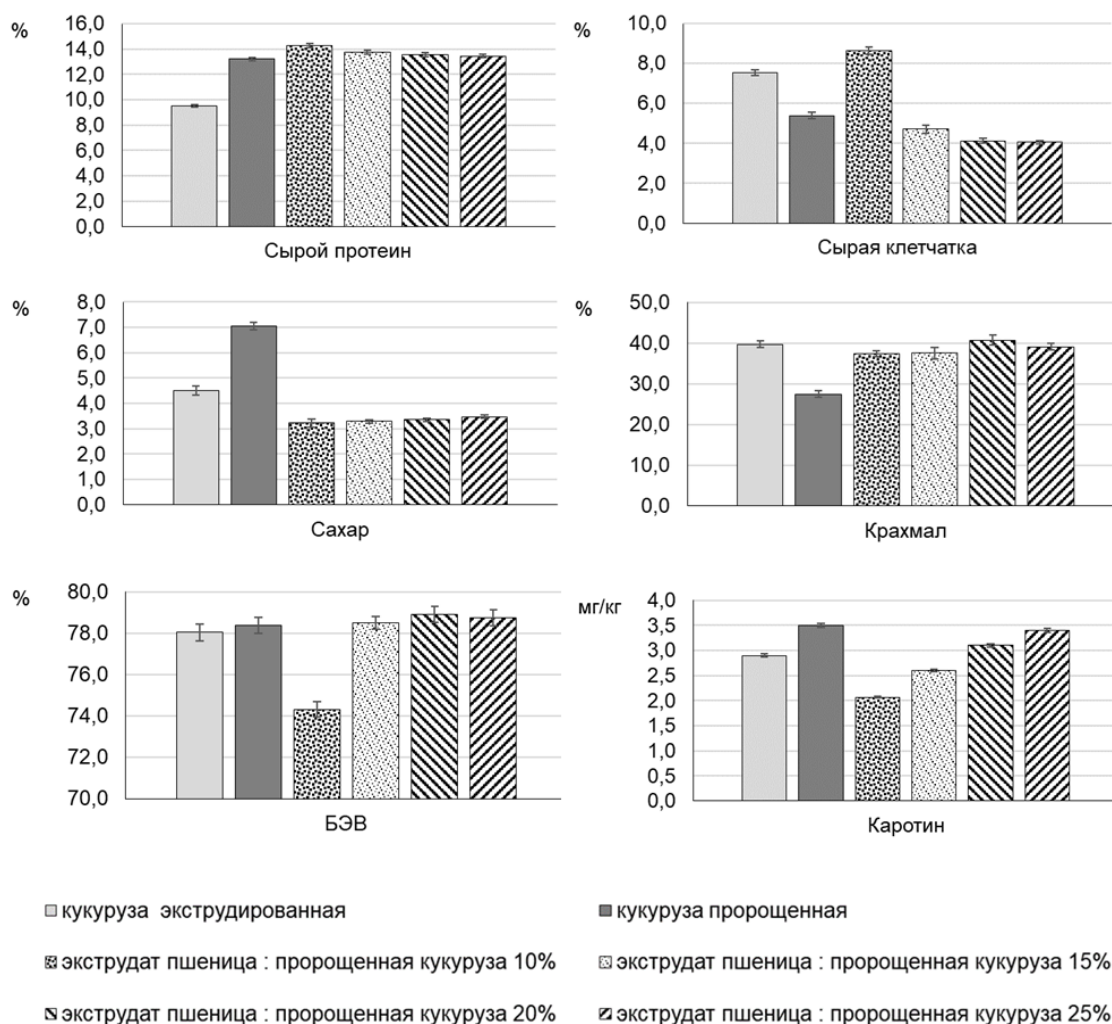


Рис. 2. Химический состав исходного сырья и экструдата (на сухое вещество)

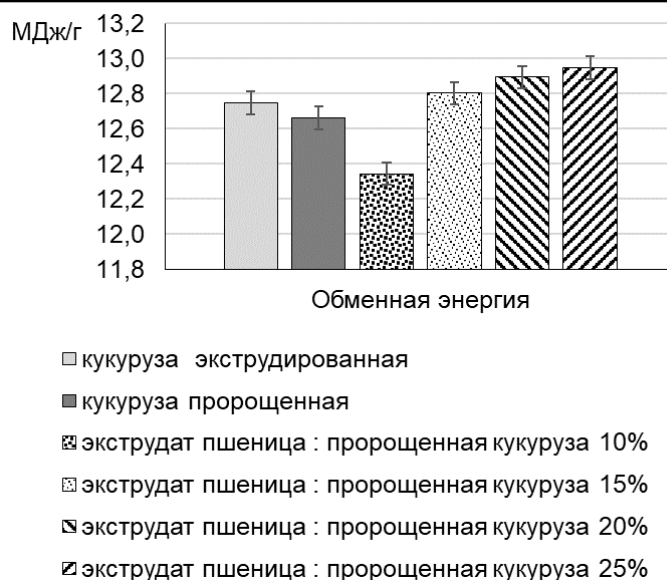


Рис. 3. Обменная энергия исходного сырья и экструдата (на сухое вещество)

Обменная энергия экструдата с включением пророщенной кукурузы увеличивалась прямо пропорционально увеличению доли пророщенного зерна кукурузы в нем. Наибольшее количество обменной энергии отмечено в варианте, содержащем 25 % пророщенной кукурузы. Обменная энергия экструдата из пшеницы и экструдата с включением пророщенной кукурузы (25 %) составляла соответственно 12,78 и 12,95 МДж/кг.

Наиболее энергоемкими операциями технологического процесса производства текстурата

являются экструдирование и измельчение готового продукта, на долю которых приходится соответственно 51,3 и 41,7 % энергозатрат.

Причем при использовании технологии производства текстурата на основе пшеницы и пророщенной кукурузы (25 %) энергозатраты за счет применения дополнительного оборудования увеличиваются на 0,013 МДж/кг. Графические зависимости энергетических показателей производства текстуратов для сравниваемых технологий представлены на рисунке 4.

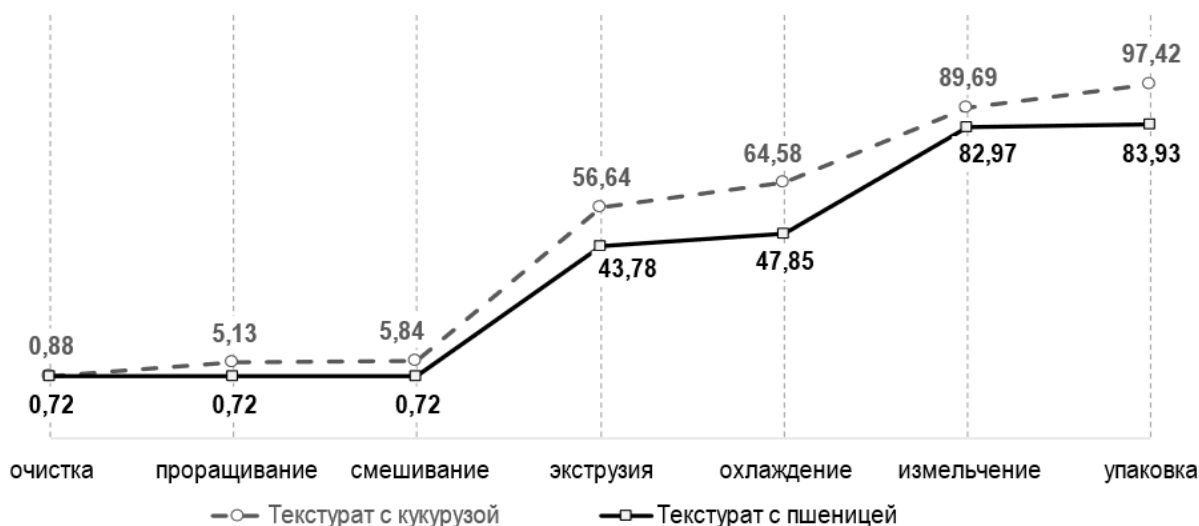


Рис. 4. Кумулятивные кривые энергонасыщения текстурата в процессе его производства, МДж/т: 1 – технология производства текстурата на основе пшеницы; 2 – технология производства текстурата на основе пшеницы и пророщенной кукурузы

Ломаные линии, проведенные через средние точки циклов операций, представляют собой кумулятивные кривые энергонасыщения текстурированной муки. Несмотря на увеличение затрат на производство экструдата в технологии с проращиванием зерна кукурузы по сравнению с технологией получения экструдата из пшеницы на 0,013 МДж/кг, энергетический доход увеличился на 0,16 МДж/ кг.

**Заключение.** Проведенное исследование показало, при увеличении в смеси содержания пророщенной кукурузы в готовой продукции возрастает количество сахаров, крахмала, БЭВ и каротина, а количество сырого протеина и сырой клетчатки незначительно уменьшается. Обменная энергия из экструдата с включением 25 % пророщенной кукурузы возросла по сравнению с экструдатом из пшеницы на 0,17 МДж/кг. Экструдирование и измельчение экструдата являются наиболее энергоемкими операциями, на долю которых приходится соответственно 51,3 и 41,7 % энергозатрат. Несмотря на увеличение затрат на производство экструдата в технологии с проращиванием зерна кукурузы по сравнению с технологией получения экструдата из пшеницы на 0,013 МДж/кг, энергетический доход увеличился на 0,16 МДж/ кг.

#### Список источников

1. *Филатов О.К.* Гуманитас. Humanitas. Т. 3. История российской пищевой промышленности. М.: МГУТУ, 2006. 272 с.
2. Совершенствование технологии производства текстурированной муки / *В.В. Матюшев* [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 5. С. 240–245.
3. Оценка эффективности производства экструдированных кормов на основе смеси зерна и растительных компонентов / *В.В. Матюшев* [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2015. № 11. С. 140–145.
4. Использование корнеклубнеплодов в экструдированных кормах / *В.В. Матюшев* [и др.] // Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 24–25.
5. *Околелова Т.М.* Повышение ценности зерна проращиванием // Комбикорма. 1999. № 2. С. 36–37.

6. *Матюшев В.В., Чаплыгина И.А., Семенов А.В.* Использование пророщенного зерна пшеницы в экструзионных технологиях // Вестник КрасГАУ. 2020. № 11. С. 184–189.
7. *Matyushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V.* Method of increasing the mixed fodder nutritional and energy value // IOP Conf Agribusiness Environmental Engeneering and Biotechnologies. Vol. 421. Krasnoyarsk, 2019. P. 62033.
8. Химический состав и питательность зерна пшеницы, ячменя и кукурузы в зависимости от способов подготовки их к скармливанию / *Н.Н. Швецов* [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 12 (134). С. 101–106.
9. Пат. № 2769803 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/02. Устройство для проращивания зерна / *Матюшев В.В., Невзоров В.Н., Семенов А.В.* [и др.]; заявитель Красноярский ГАУ. № 2020131218; заявл. 21.09.2020; опубл. 06.04.2022.
10. *Матюшев В.В.* Энергосберегающая технология и технические средства производства растительных, экологически безопасных кормов в условиях Красноярского края: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2005. 36 с.

#### References

1. *Filatov O.K.* Gumanitas. Humanitas. T. 3. Istoriya rossijskoj pischevoj promyshlennosti. M.: MGUTU, 2006. 272 s.
2. Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva teksturirovannoj muki / *V.V. Matyushev* [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2023. № 5. S. 240–245.
3. Ocenka `effektivnosti proizvodstva `ekstrudirovannyh kormov na osnove smesi zerna i rastitel'nyh komponentov / *V.V. Matyushev* [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2015. № 11. S. 140–145.
4. Ispol'zovanie korneklubneplodov v `ekstrudirovannyh kormah / *V.V. Matyushev* [i dr.] // Sel'skij mehanizator. 2017. № 4. S. 24–25.
5. *Okolelova T.M.* Povyshenie cennosti zerna proraschivaniem // Kombikorma. 1999. № 2. S. 36–37.
6. *Matyushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V.* Ispol'zovanie proroschennogo zerna pshenicy

- v `ekstruzionnyh tehnologiyah // Vestnik KrasGAU. 2020. № 11. S. 184–189.
7. *Matyushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V.* Method of increasing the mixed fodder nutritional and energy value // IOP Conf Agribusiness Environmental Engineering and Biotechnologies. Vol. 421. Krasnoyarsk, 2019. P. 62033.
  8. Himicheskij sostav i pitatel'nost' zerna pshenicy, yachmenya i kukuruzy v zavisimosti ot sposobov podgotovki ih k skarmlivaniyu / *N.N. Shvecov* [i dr.] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 12 (134). S. 101–106.
  9. Pat. № 2769803 G2 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 1/02. Ustrojstvo dlya proraschivaniya zerna / *Matyushev V.V., Nevzorov V.N., Semenov A.V.* [i dr.]; zayavitel' Krasnoyarskij GAU. № 2020131218; zayavl. 21.09.2020; opubl. 06.04.2022.
  10. *Matyushev V.V.* `Energosberegayuschaya tehnologiya i tehicheskie sredstva proizvodstva rastitel'nyh, `ekologicheski bezopasnyh kormov v usloviyah Krasnoyarskogo kraja: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk. Krasnoyarsk, 2005. 36 s.

Статья принята к публикации 04.09.2023 / The article accepted for publication 04.09.2023.

Информация об авторах:

**Василий Викторович Матюшев**<sup>1</sup>, заведующий кафедрой товароведения и управления качеством продукции АПК, доктор технических наук, профессор

**Ирина Александровна Чаплыгина**<sup>2</sup>, доцент кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК, кандидат биологических наук, доцент

**Александр Викторович Семенов**<sup>3</sup>, доцент кафедры механизации и технического сервиса в АПК, кандидат технических наук

Information about the authors:

**Vasily Viktorovich Matyushev**<sup>1</sup>, Head of the Department of Commodity Research and Quality Management of Agricultural Products, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Irina Alexandrovna Chaplygina**<sup>2</sup>, Associate Professor at the Department of Commodity Science and Quality Management of Agricultural Products, Candidate of Biological Sciences, Docent

**Alexander Viktorovich Semenov**<sup>3</sup>, Associate Professor at the Department of Mechanization and Technical Service in the Agro-Industrial Complex, Candidate of Technical Sciences

