

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-78-86>
УДК 664.641.1/2:664.66
© 2023



Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

Комплексная оценка качества мучных композитных смесей из пшеничной и льняной муки для производства обогащенного хлеба

Нина А. Ревякина, Наталья В. Сокол*

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»;
ул. Калинина 13, г. Краснодар, 350044, Российская Федерация*

Аннотация. В современном мире происходят постоянные широкомасштабные изменения, которые говорят о необходимости разработок и внедрения в производство новых продуктов питания для обеспечения потребностей организма в энергии и питательных веществах, так как большинство продуктов на продовольственном рынке несбалансированны по основным компонентам. Для обогащения продуктов питания используют нетрадиционные виды сырья. Изучение и применение различных композитных смесей из муки пшеничной и льняной в технологии хлеба позволит обогатить готовые изделия нутриентами, обеспечить необходимый уровень реологических характеристик при замесе теста и получить продукцию высокого качества. Цель работы состояла в изучении пшенично-льняных композитных смесей по комплексу показателей качества, характеризующих хлебопекарные свойства. Объектами исследования были пшенично-льняные композитные смеси с различной дозировкой льняной муки (2,5; 5,0; 7,5; 10%) к массе мучной смеси. В качестве контрольного образца был взят образец, содержащий 100% муки пшеничной высшего сорта. Исследование реологических свойств композитных смесей проводили с использованием прибора фаринограф. Выпечку хлеба осуществляли методом пробной лабораторной выпечки. Установили, что композитные смеси с содержанием льняной муки 5,0 и 7,5% от массы мучной смеси имеют показатели качества, способствующие формированию реологических свойств теста на протяжении всего технологического процесса, необходимых для производства готовых изделий высокого качества. Полученные данные могут использоваться при проектировании рецептур обогащенных хлебобулочных изделий, разработке инновационных технологий в отрасли хлебопечения.

Ключевые слова: мука из семян льна, композитная смесь, показатели качества, реология теста, фаринограф, хлеб обогащенный

Для цитирования: Ревякина Н.А., Сокол Н.В. Комплексная оценка качества мучных композитных смесей из пшеничной и льняной муки для производства обогащенного хлеба. *Новые технологии / New technologies.* 2023; 19(3): 78-86. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-78-86>

Comprehensive assessment of the quality of flour wheat-flax composite mixtures for the production of enriched bread

Nina A. Revyakina, Natalya V. Sokol*

FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»;
13 Kalinin str., Krasnodar, 350044, the Russian Federation

Abstract. In the modern world there are constant large-scale changes that indicate the need for the development and launching new food products to meet the body's needs for energy and nutrients, since most products on the food market are unbalanced in the main food components. To fortify food products, non-traditional types of raw materials are used. The study and use of various composite mixtures of wheat and flax flour in bread technology will make it possible to enrich finished products with nutrients, ensure the required level of rheological characteristics when kneading dough and obtain high-quality products.

The purpose of the research was to study wheat-flax composite mixtures according to a set of quality indicators characterizing baking properties.

The objects of the study were wheat-flax composite mixtures with different dosages of flax flour (2.5; 5.0; 7.5; 10%) to the weight of the flour mixture. A sample containing 100% of premium wheat flour was taken as a control sample. The study of the rheological properties of composite mixtures was carried out using a farinograph device. Bread baking was carried out using the test laboratory baking method.

It was found that composite mixtures containing flaxseed flour of 5.0 and 7.5% by weight of the flour mixture had quality indicators that contribute to the formation of the rheological properties of the dough throughout the entire technological process, that are necessary for the production of high-quality finished products.

The obtained data can be used in designing recipes for enriched bakery products and developing innovative technologies in the bakery industry.

Keywords: flax seed flour, composite mixture, quality indicators, dough rheology, farinograph, enriched bread

For citation: Revyakina N.A., Sokol N.V. Comprehensive assessment of the quality of flour wheat-flax composite mixtures for the production of enriched bread. *Novye tehnologii / New technologies*. 2023; 19(3): 78-86. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-78-86>

Введение. Современные условия жизнедеятельности человека диктуют новые направления в создании рецептур и технологий пищевых продуктов. Продукт питания современного человека должен быть не только вкусным, но и полезным. Достичь такого результата можно благодаря использованию принципов пищевой комбинаторики и новых видов растительного сырья в технологии хлеба. Производство нового ассортимента обогащенной продукции позволит обеспечить полноценный рацион питания человека полезными веществами, необходимыми

для жизнедеятельности человеческого организма [12, 13].

Благодаря созданию новых пищевых сортов льна продукты его переработки всё чаще находят применение в пищевых отраслях агропромышленного комплекса РФ [6, 7]. Повышенный интерес к семенам льна и льняной муке обусловлен их уникальным биохимическим составом. Семена льна богаты высоким содержанием белка и жира, обладают уникальным составом макроэлементов. В них содержатся полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), эссенциальные

аминокислоты (аминокислотный скор белка по лизину составляет 83%), пищевые волокна, лигнаны, микроэлементы (калий, магний, цинк), витамины (РР, В1, В2, В6, фолиевая кислота) и другие ценные компоненты [4]. Поэтому семена льна и продукты его переработки можно считать идеальным ингредиентом для обогащения пищевой продукции.

Наиболее востребованным продуктом питания в Российской Федерации является хлеб, поэтому введение льняной муки в его рецептуру в качестве обогащающего ингредиента приобретает особую актуальность [2, 5].

В связи с чем, целью исследования явилось формирование композитных смесей из муки пшеничной и льняной на основах принципа комбинаторики и их комплексная оценка для обоснования использования в производстве хлеба, обогащенного функциональными пищевыми ингредиентами [1, 8].

Объекты и методы исследования. При выполнении исследований была использована мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017), мука льняная (ТУ № 10.41.42-007-0069224072), мучные композитные смеси с массовой долей муки льняной 2,5% (смесь 1); 5,0% (смесь 2); 7,5% (смесь 3); 10,0% (смесь 4). Контролем служил образец 100% пшеничной муки.

Для определения количества и качества клейковины использовали методику согласно ГОСТ Р 54478-2011. Показатель числа падения (ЧП) определяли на приборе ПЧП-7 в соответствии с ГОСТ 27676-88 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения». Для изучения реологических свойств теста применяли прибор фаринограф, позволяющий оценить изменения вязкоупругих свойств теста опытных образцов композитных смесей и с высокой точностью прогнозировать качество готовой продукции [10]. Хлеб выпекали в лабораторных условиях методом пробной выпечки из мучных композитных смесей с добавлением льняной муки в дозировках от 2,5 до 10%, с разницей между образцами в 2,5% [10].

Анализы проводились в трех повторностях, с представлением результатов в виде среднего арифметического, при доверительной вероятности $P=0,95$.

Результаты исследований. Влияние льняной муки на белково-протеиназный комплекс пшеничной муки определяли путем отмывания клейковины в различных композитных смесях, содержащих льняную муку в количествах 2,5, 5,0, 7,5, 10,0% с разницей между образцами в 2,5% [10]. В опытных образцах определяли количество клейковины и ее качество (таблица 1).

Таблица 1
 Свойства клейковины пшеничной муки в зависимости от дозировки льняной муки в композитной смеси

Table 1

Properties of wheat flour gluten depending on the dosage of flax flour in the composite mixture

| Вариант | Дозировка льняной муки, % от общей массы муки | Технологический показатель | | |
|---------|---|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| | | количество клейковины, % | качество клейковины, ед.пр. ИДК-3М | группа качества |
| 1 | Контроль (0) | 28,0 | 72,0 | I |
| 2 | 2,5 | 27,2 | 70,0 | I |
| 3 | 5,0 | 26,2 | 52,8 | I |
| 4 | 7,5 | 25,6 | 47,6 | I |
| 5 | 10,0 | 16,0 | 45,5 | I |

Полученные результаты в таблице 1 показывают, что количество сырой клейковины в контрольном образце было 28,0%, а качество – 72 усл. ед. прибора ИДК-3М. В композитных смесях при возрастании дозировки льняной муки содержание клейковины снижалось, что можно объяснить большим количеством слизи и водорастворимых белков – альбуминов в составе белков льняной муки.

Качество клейковины в образце с содержанием льняной муки 2,5% изменилось незначительно: с 72 ед. пр. ИДК-3М на 70 ед. пр. ИДК-3М. При дальнейшем увеличении дозировки льняной муки 5,0, 7,5, 10% привело к существенному укреплению клейковины. Качество клейковины было 52,8, 47,6, 45,5 усл. ед. прибора ИДК-3М соответственно. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что льняная мука оказывает укрепляющее действие на качество клейковины пшеничной муки. Такой результат, вероятно, связан с присутствием фермента липазы в льняной муке, что приводит к изменению взаимодействия между белками и липидами муки.

Влияние льняной муки на углеводно-амилазный комплекс пшеничной муки в зависимости от дозировки изучали по показаниям прибора ПЧП-7 [3, 9]. Данные исследований приведены в таблице 2.

Увеличение дозировки льняной муки в составе смеси приводит к увеличению показателя «число падения» за счет

уменьшения содержания альфа-амилазы в исследуемых композитных смесях. В этом случае наблюдается обратная зависимость показателя «число падения» с активностью альфа-амилазы. При составлении рецептур хлебобулочных изделий и выборе обогащающего ингредиента пшеничной муки в мучных смесях необходимо учитывать значения показателя «число падения», чтобы получить продукт с требуемой активностью амилазы.

Влагосвязывающая способность (ВСС) является важным технологическим показателем и влияет на выход хлеба [11], поэтому он изучался в опытных образцах композитных смесей (таблица 3).

В образцах пшенично-льняной муки показатель (ВСС) возрастал при увеличении дозировки льняной муки, что обусловлено большим количеством пищевых волокон и слизи в ее составе.

На основании полученных данных, их анализа и с учетом функциональности будущего продукта для изучения влияния льняной муки на реологию теста были выбраны две смеси с дозировками льняной муки 5,0, и 7,5%. Реологические показатели композитных смесей определяли на приборе фаринограф фирмы Brabender. Показатели фаринографа позволяют судить о влиянии компонентов смесей друг на друга, оценить изменения вязкоупругих свойств теста и спрогнозировать качество готовой продукции (таблица 4).

Таблица 2

Изменение числа падения в зависимости от дозировки льняной муки

Table 2

Change in falling number depending on the dosage of flaxseed flour

| Вариант | Дозировка льняной муки,% от общей массы муки | Показатель числа падения, с |
|---------|--|-----------------------------|
| 1 | Контроль (0) | 426 |
| 2 | 2,5 | 501 |
| 3 | 5,0 | 547 |
| 4 | 7,5 | 589 |
| 5 | 10,0 | 672 |

Таблица 3

Изменение влагосвязывающей способности в композитных смесях

Table 3

Change in moisture-binding capacity in composite mixtures

| Опытные образцы | Дозировка льняной муки, % от общей массы муки | Влагосвязывающая способность, % |
|-----------------|--|------------------------------------|
| Контроль | 0 | 74,7 |
| Смесь 1 | 2,5 | 80,8 |
| Смесь 2 | 5,0 | 84,2 |
| Смесь 3 | 7,5 | 90,2 |
| Смесь 4 | 10,0 | 105,7 |

Таблица 4

Реологические показатели теста из композитных смесей

Table 4

Rheological parameters of dough from composite mixtures

| Показатели фаринографа | Контроль | Смесь 2 (5,0%) | Смесь 3 (7,5%) |
|--------------------------------|----------|----------------|----------------|
| ВПС,% | 60 | 63 | 66 |
| Время образования теста, мин. | 21,5 | 5,1 | 4,2 |
| Устойчивость теста, мин. | 28,3 | 10,0 | 7,4 |
| Разжижение, е.ф. | 39 | 46 | 61 |
| Валориметрическая оценка, е.в. | 97 | 63 | 56 |

Из данных, представленных в таблице 4, видно, что добавление льняной муки в мучную смесь оказывает существенное влияние на реологические свойства теста. Водопоглотительная способность теста по сравнению с контрольным образцом увеличивалась. Остальные показатели, такие как время образования, устойчивость теста, разжижение, валориметрическая оценка с увеличением доли льняной муки в смеси уменьшались по сравнению с контрольным образцом, поэтому при замесе теста следует применять щадящий замес.

В лабораторных условиях была проведена пробная выпечка хлеба из композитных смесей безопасным способом. Образцы готовых изделий опытных образцов представлены на рисунке 1.

Оценку качества опытных образцов хлеба проводили по органолептическим и физико-химическим показателям.

Данные органолептической оценки хлеба из композитных смесей с различной дозировкой льняной муки и контрольного образца из пшеничной муки высшего сорта представлены в виде профилограммы на рисунке 2.

Изучая характер влияния льняной муки на органолептические показатели хлеба, следует отметить, что они зависят от дозировки вносимой добавки в композитную мучную смесь. Контрольный образец хлеба имел правильную форму, округлую, с достаточным подъемом, со слегка шероховатой поверхностью корку, без трещин, цвет корки светло-желтый. Мякиш хлеба имел светлый цвет, упругий на ощупь, с равномерным промесом, поры мелкие, тонкостенные. Вкус хлеба соответствовал вкусу пшеничной муки. Удельный объем хлеба – 3,6 см³/100 г. Результаты исследования показали, что образец с добавлением льняной муки в количестве 2,5%



Рис. 1. Образцы хлеба из композитных смесей

Fig. 1. Samples of bread made from composite mixtures

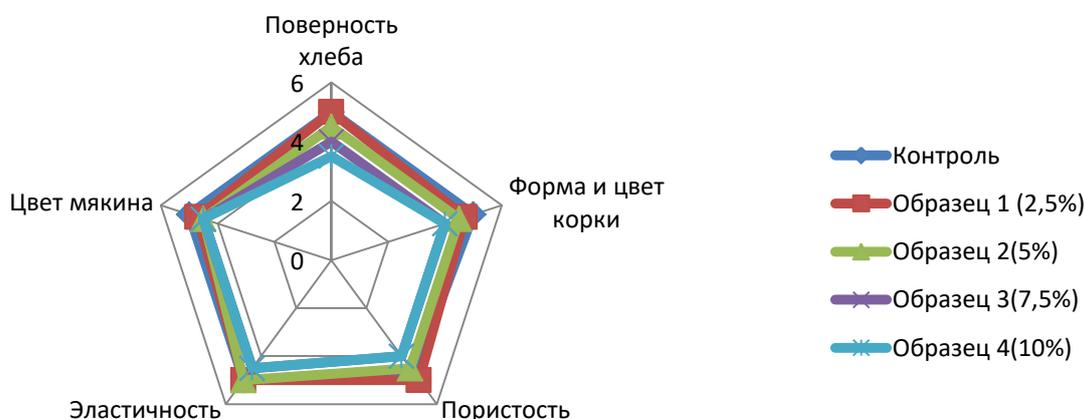


Рис. 2. Балльная оценка качества опытных образцов хлеба

Fig. 2. Score assessment of the quality of prototypes of bread

по органолептическим оценкам был на уровне контрольного образца, а удельный объем хлеба увеличился по сравнению с контролем и составил $3,9 \text{ см}^3/100 \text{ г}$. Образец, в который добавили 5,0% льняной муки, имел показатели практически на уровне контроля и удельный объем хлеба такой же, как у контрольного образца – $3,6 \text{ см}^3/100 \text{ г}$. При внесении 7,5% льняной муки удельный объем хлеба уменьшился и составил $3,4 \text{ см}^3/100 \text{ г}$. Хлеб имел шероховатую поверхность, без трещин и подрывов, цвет корки коричневый. Цвет мякиша у образца был интенсивно-коричневый с хорошей эластичностью и слегка уплотненной пористостью. Уплотнение структуры мякиша хлеба связано с тем, что в льняной

муке присутствует большое количество оболочек зерна, пищевых волокон, способных уплотнять структуру мякиша. Вкус хлеба можно охарактеризовать как специфический льняной [13]. В образце с дозировкой 10% льняной муки органолептические показатели отличались от других вариантов эксперимента более низкими показателями. Мякиш хлеба не эластичный, заминающийся, уплотненный.

В таблице 5 приведены данные экспериментальных образцов, отражающие физико-химические показатели.

Как можно видеть из данных таблицы 5, в зависимости от дозировки добавляемой льняной муки физико-химические показатели, такие как пористость

Физико-химические показатели хлеба из композитных смесей

Table 5

Physical and chemical parameters of bread from composite mixtures

| Показатели | Контроль | смесь 1 | смесь 2 | смесь 3 | смесь 4 |
|---------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Пористость мякиша, % | 76 | 77 | 76 | 70 | 64 |
| Влажность мякиша, % | 43,0 | 43,2 | 43,7 | 43,9 | 44,2 |
| Кислотность мякиша, град. | 2,3 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,2 |

мякиша, влажность мякиша и кислотность, изменялись. Показатель пористости у образца хлеба с добавлением 2,5% льняной муки был выше на 1,0% по сравнению с контрольным образцом, а у образца с добавлением 5,0% льняной муки показатель пористости был на уровне контроля. Дальнейшее увеличение дозировки льняной муки в смеси приводило к снижению показателя пористости. При добавлении льняной муки 7,5% наблюдалось снижение показателя на 6% по сравнению с контролем, а при добавлении 10% льняной муки – на 12%. В смесях 3 и 4 отмечалось уплотнение структуры мякиша. Причиной уплотнения мякиша является большое количество частиц оболочек семян льна, а также изменения структуры белковой молекулы под действием ненасыщенных жирных кислот.

Льняная мука имеет более высокую влажность и большую кислотность по сравнению с показателями пшеничной муки. Данные таблицы 5 показывают, что с увеличением дозировки льняной муки в смеси влажность мякиша хлеба

увеличивается от 43,0% у контрольного образца хлеба до 44,2% у образца из композитной смеси с дозировкой льняной муки 10%. Данный фактор можно использовать для увеличения выхода хлеба на производстве. Кислотность опытных образцов также увеличилась по сравнению с контролем: с 2,3 град. до 3,2 град., что обусловлено наличием в льняной муке полиненасыщенных жирных кислот.

Выводы. Результаты исследования качества композитных мучных смесей из пшеничной и льняной муки, их влияние на технологические свойства пшеничной муки говорят о возможности и целесообразности их использования в качестве обогащающей добавки в производстве хлеба и придания функциональных свойств продукту.

Комплексный анализ полученных данных дает основание рекомендовать для обогащения готового продукта с учетом придания функциональности композитные смеси с количеством льняной муки 5,0 и 7,5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Буховец В.А., Каменева О.Б., Картавенко О.В. и др. Влияние муки из зерна сорго на реологические свойства пшеничного полуфабриката. Новые технологии / New technologies. 2023; 19(2): 14–21. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-2-14-21>.
2. Вихрова Е.А. Возможность использования льняной муки при производстве хлебобулочных изделий. Вестник КрасГАУ. 2022; 1: 197–203.
3. Витол И.С., Панкратов Г.Н., Мелешкина Е.П. Углеводно-амилазный и липидный комплексы муки из двухкомпонентной зерновой смеси пшеницы и льна. Технология и товарооборот инновационных пищевых продуктов. 2020; 1: 57–61.

4. Воронова Н.С., Бередина Л.С., Устименко А.В. Исследование витаминного и минерального комплекса обезжиренной льняной муки как нового функционального ингредиента. *International Scientific and Practical Conference World science*. 2016; 1(1): 15–17.
5. Егушова Е.А., Позднякова О.Г. Технологические аспекты производства хлеба функционального назначения. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(12): 90–93.
6. Ефремов Д.П. Перспективные отечественные разработки в области производства мучных изделий с семенами льна и продуктами их переработки. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2021; 83(4): 209–218.
7. Калинина И.В., Фаткуллин Р.И., Науменко Н.В. К вопросу использования льняной муки в хлебопекарном и кондитерском производстве. *Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2014; 4: 50–56.
8. Конева С.И., Егорова Е.Ю., Козубаева Л.А. и др. Влияние льняной муки на реологические свойства теста из смеси пшеничной и льняной муки и качество хлеба. *Техника и технология пищевых производств*. 2019; 49(1): 85–96.
9. Миневиц И.Э. Полисахариды семян льна: практическое применение. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2019; 2: 24–36.
10. Василенко И.И., Комаров В.И. Оценка качества зерна: справочник. М.: Агропромиздат, 1987.
11. Санников П.В. Исследование характеристик водопоглощения льняной муки, базирующихся на принципах микроструктурного анализа. *Пищевые системы*. 2021; 4(3S): 237–240.
12. Хатко З.Н., Беретарь С.Т., Неровных Л.П. и др. Разработка способа пектиносодержащего песочного теста (замороженного полуфабриката) для песочного печенья функционального назначения с низким содержанием глютена. *Новые технологии / New technologies*. 2023; 19(2): 83–90.
13. Goyal A. [et al.] Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal Food Sci. Technol*. 201; 51(9): 163–165.

REFERENCES:

1. Bukhovets V.A., Kameneva O.B., Kartavenko O.V. [et al.] The influence of sorghum grain flour on the rheological properties of wheat semi-finished products/ *New technologies*. 2023; 19(2): 14–21. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-2-14-21>
2. Vikhrova E.A. Possibility of using flaxseed flour in the production of bakery products // *Bulletin of KrasSAU*. 2022; 1: 197–203.
3. Vitol I.S., Pankratov G.N., Meleshkina E.P. Carbohydrate-amylase and lipid complexes of flour from a two-component grain mixture of wheat and flax. *Technology and merchandising of innovative food products*. 2020; 1: 57–61.
4. Voronova N.S., Beredina L.S., Ustimenko A.V. Study of the vitamin and mineral complex of low-fat flaxseed flour as a new functional ingredient. *International Scientific and Practical Conference World science*. 2016; 1(1): 15–17.
5. Egushova E.A., Pozdnyakova O.G. Technological aspects of the production of functional bread. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2018; 32(12): 90–93.
6. Efremov D.P. Promising domestic developments in the field of production of flour products with flax seeds and their processed products. *Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2021; 83(4): 209–218.
7. Kalinina I.V., Fatkulin R.I., Naumenko N.V. On the issue of using flaxseed flour in baking and confectionery production. *Bulletin of SUSU. Series: Food and biotechnology*. 2014; 4: 50–56.
8. Koneva S.I., Egorova E.Yu., Kozubaeva L.A. [et al.] The influence of flaxseed flour on the rheological properties of dough from a mixture of wheat and flaxseed flour and the quality of bread. *Equipment and technology of food production*. 2019; 49(1): 85–96.

9. Minevich I.E. Flax seed polysaccharides: practical application. Storage and processing of agricultural raw materials. 2019; 2: 24–36.
10. Vasilenko I.I., Komarov V.I. Grain quality assessment: reference book. M.: Agropromizdat, 1987.
11. Sannikov P.V. Study of the water absorption characteristics of flaxseed flour based on the principles of microstructural analysis. Food systems. 2021; 4(3S): 237–240.
12. Khatko Z.N., Beretar S.T., Nerovnykh L.P. [et al.] Development of a method for pectin-containing shortcrust pastry (frozen semi-finished product) for functional shortbread cookies with low gluten content. New technologies / New technologies. 2023; 19(2): 83–90.
13. Goyal A. [et al.] Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. Journal Food Sci. Technol. 201; 51(9): 163–165.

Информация об авторах / Information about the authors

Нина Александровна Ревякина, аспирант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
e-mail: nina-revyakina@inbox.ru
тел.: +7 (952) 830 48 12

Nina A. Revyakina, Postgraduate student, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»
e-mail: nina-revyakina@inbox.ru
tel.: +7 (952) 830 48 12

Наталья Викторовна Сокол, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
e-mail: sokol_n.v@mail.ru
тел.: +7 (918) 414 40 20

Natalya V. Sokol, Dr. Sci. (Eng.), Professor, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»
e-mail: sokol_n.v@mail.ru
tel.: +7 (918) 414 40 20

Поступила в редакцию 22.08.2023; поступила после доработки 25.09.2023; принята к публикации 27.09.2023

Received 22.08.2023; Revised 25.09.2023; Accepted 27.09.2023