

ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МУКИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР (ГОРОХ, СОЯ), ФИЗИЧЕСКИХ И ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕСТА СМЕСЕЙ С ПШЕНИЧНОЙ МУКОЙ

Е.Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории технologo-aналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;
Н.В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технologo-aналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797;

О.А. Майстренко, младший научный сотрудник лаборатории зернобобовых культур, O1976m@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0548-7025

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

*Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулякова,
446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru*

Высокое содержание белка, простота и быстрота приготовления – два основных достоинства, которыми бобовые завоевали популярность у населения, однако данная культура используется не только в чистом виде, но и в виде добавок в хлебопекарных целях. Внесение в композиционные смеси в виде добавок гороховой и соевой муки влияет на поведение теста, требует поправок в ведении технологического процесса выпечки – все эти вопросы помогает разрешить фаринографический анализ. Цель исследований – установить биохимические показатели цельносмолотой гороховой и соевой муки, изучить реологические свойства теста композиционных смесей с добавлением муки зернобобовых культур и оценить эффективность смешивания гороховой и соевой муки с пшеничной мукой в/с по результатам хлебопекарной оценки. Установлена питательная ценность цельносмолотой гороховой и соевой муки: добавки превышают по содержанию белка на 13,2–23,6%, жира – на 1,3–21,2%, сахаров – на 3,2–9,3% пшеничную муку, что очень актуально в хлебопечении. Охарактеризовано влияние типа ингредиентов (гороховая, соевая мука) на реологические свойства теста с помощью фаринографического анализа: добавление гороховой муки (сорт Флагман 9) в композиционные смеси в количестве 5% не ухудшает физические показатели теста, добавление 10 и 15% снижает стойкость теста на 1–2 минуты, валориметрическую оценку – на 4–6 е.вал., водопоглотительная способность муки увеличивается на 6% по отношению к пшеничной муке. Внесение цельносмолотой сои (Самер 1) укрепляет, улучшает физические параметры теста, однако объем хлеба уменьшается за счет снижения количества клейковины в смесях и преобладающих солерасторимых (глобулины) и водорасторимых (альбумины) белковых фракций. Оценена эффективность смешивания цельносмолотой гороховой и соевой муки с пшеничной в/с: общая хлебопекарная оценка выпечки дала положительные результаты 4,0–4,6 баллов – хлеб привлекательный, правильной формы, корка гладкая без трещин, цвет мякиша свело-желтоватый с мелкой пористостью, но чуть плотнее, чем в контроле, запах приятный, ароматный.

Ключевые слова: гороховая, соевая, пшеничная мука, смеси, биохимические, реологические и хлебопекарные показатели.

Для цитирования: Шаболкина Е.Н., Анисимкина Н.В., Майстренко О.А. Изучение биохимических свойств муки зернобобовых культур (горох, соя), физических и хлебопекарных показателей теста смесей с пшеничной мукой // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 65–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-65-69.



THE STUDY OF BIOCHEMICAL PROPERTIES OF LEGUME FLOUR (PEAS, SOYBEANS), PHYSICAL AND BAKING INDICATORS OF THE DOUGH FROM MIXTURES WITH WHEAT FLOUR

E.N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for technical and analytical service, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

N.V. Anisimkina, senior researcher of the laboratory for technical and analytical service, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797;

O.A. Maistrenko, junior researcher of the laboratory for legumes, O1976m@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0548-7025

*Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov,
a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS,
446254, Samara region, v.of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru*

High protein content, simplicity and time of cooking are two main advantages with which legumes have gained popularity among the population, however, this culture is used not only in its pure form, but also in the form of additives for baking. Adding pea and soybean flour to composite mixtures affects the behavior of the dough, requires corrections in the baking process, and all these issues can be resolved by farinographic analysis. The purpose of the current study was to determine the biochemical parameters of whole-meal pea and soybean flour, to study the rheological properties of the dough of composite mixtures with grain legume flour and to evaluate the efficiency of mixing pea and soybean flour with premium wheat flour according to the results of baking assessment. There has been identified nutritional

value of whole-meal pea and soybean flour, additives exceeding the protein content on 13.2–23.6%, oil content on 1.3–21.2%, sugar content on 3.2–9.3%, which is very important in baking. There has been characterized the influence of the type of ingredients (pea, soybean flour) on the rheological properties of dough using farinographic analysis, when 5% addition of pea flour (the variety 'Flagman 9') to composite mixtures did not worsen the physical traits of the dough, 10 and 15% addition reduced dough stability on 1–2 minutes, valorimetric assessment on 4–6 e.u., but water absorption capacity of flour raised on 6% in relation to wheat flour. The addition of whole-meal soybeans (the variety 'Samer 1') strengthened and improved the physical the dough parameters, however, the volume of bread reduced because of a decrease in gluten percentage in the mixtures and the prevailing salt-soluble (globulins) and water-soluble (albumin) protein fractions. There has been estimated the efficiency of mixtures of premium wheat flour with whole-meal pea and soybean flour, when the overall baking assessment gave positive results of 4.0–4.6 points; in that case the bread is attractive, of regular shape, with smooth crust without cracks, the crumb color is light yellowish with fine porosity, but a little denser than in control, the smell is pleasant and fragrant.

Keywords: pea flour, soybean flour, wheat flour, mixtures, biochemical, rheological and baking parameters.

Введение. Зернобобовые культуры – это природный источник витаминов (А, С, РР, группы В) и минералов (железо, кальций, фосфор, калий, магний, хлор т.д.), высококачественного и быстроусвояемого белка, который по аминокислотному составу схож с «мясным» белком (Meurer et al., 2020; Катюк и др., 2019; Jacqueline, 2019; Starmer et al., 2018). Сбалансированность, наличие практически всех незаменимых аминокислот делают семена бобовых важными и необходимыми продуктами для улучшения здоровья и жизнедеятельности человека: повышается работоспособность, обмен веществ, нормализуется артериальное давление, улучшается память, работа сердечно-сосудистой системы.

Высокое содержание белка, простота и быстрота приготовления – два основных достоинства, которыми бобовые завоевали популярность у населения. Однако данная культура, согласно отечественным и зарубежным научным работам, используется не только в чистом виде, но и в виде добавок в хлебопекарных целях (Батурина, 2012; Lee et al, 2009). Данные исследования согласуются с «Государственной концепцией о здоровом питании», направленной на обеспечение населения Российской Федерации полноценными продуктами и позволяющей расширить ассортимент хлебобулочных изделий, улучшив их питательную ценность. Использование в виде добавок в хлебопечении сырья растительного происхождения не только повышает биологическую ценность новых изделий, но и затрагивает такие процессы в производстве, как экономия сырья и структурных компонентов, используемых в процессе выпекания, а также внедрение и рациональное применение местных ресурсов.

Установлено, что мука зернобобовых культур (ороховая, фасоловая, соевая, люпиновая) обогащает пшеничный хлеб: содержание белка в выпеченных изделиях повышается на 10,1–22,0%, улучшается аминокислотный скор (лизин до 37,4%, треонин – до 7,8%), содержание клетчатки увеличивается в 1,6–4,2 раза, золы на 8,1–15,8% (Sadowska et al., 2003; Корячкина и др., 2005). В странах Европы для улучшения показателя белизны мякиша при хлебопечении добавляют ферментативную соевую муку или муку из конских бобов, а чаще соевую, уже при дозировке 0,5% достигается нужный эффект отбеливания (Поппер, 2009).

Внесение в композиционные смеси в виде добавок гороховой и соевой муки влияет на поведение теста, требует поправок в ведении технологического процесса выпечки – все эти тонкости хлебопечения мало освещены в литературных источниках. Вопросы, связанные с поведением теста, помогает разрешить фаринографический анализ (фаринограф Брабендера): дает представление о внутренних процессах, которые проходят при замесе, формировании и «созревании» теста. В тестоведении очень важны характеристики физических свойств муки и теста, определяемые специальными приборами. Для качественного проведения хлебопекарной выпечки необходимо, чтобы такие важные показатели, как водопоглотительная способность муки, физические и реологические свойства теста в момент образования и в процессе приготовления имели определенные цифровые значения.

В настоящее время селекционные исследования зернобобовых культур в основном направлены на повышение урожайности сортов, содержание белка в зерне, устойчивости к неблагоприятным факторам среды, а вопросы, связанные с использованием муки бобовых в хлебопекарной промышленности, как добавка в композиционные смеси для улучшения питательной ценности хлебобулочных изделий, недостаточно изучены. Повышение качества новых выпеченных продуктов и увеличение доли в них незаменимых аминокислот за счет введения в смеси натурального сырья – гороховой, соевой муки является перспективным направлением научных исследований и актуальной темой в хлебопечении.

Цель исследований – установить биохимические показатели цельносмолотой гороховой и соевой муки, изучить реологические свойства теста композиционных смесей с добавлением муки зернобобовых культур и оценить эффективность смешивания гороховой и соевой муки с пшеничной мукой в/с по результатам хлебопекарной оценки.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в лаборатории технолого-аналитического сервиса на базе Самарского НИИСХ в 2019–2021 годах. Для определения реологических и хлебопекарных свойств теста композиционных смесей с пшеничной мукой в/с использовали сорта зернобобовых культур: горох (Флагман 9),

соя (Самер 1) в виде добавок (5, 10, 15%). Хлебопекарный анализ проводили безопарным методом с улучшителями окислительного действия в двухкратной повторности. Размол (цельносмолотое зерно) осуществляли на лабораторной зерновой мельнице LM-250. В цельносмолотой муке бобовых определяли по ГОСТ 10846-9 – белковый азот, по ГОСТ 29033-91 – жир, по ГОСТ 10845-98 – крахмал, по ГОСТ 26176-91 – сахар. Фаринографический (стойкость, разжижение теста, валориметрическая оценка, водопоглатительная способность муки – ВПС) и хлебопекарный анализы (объем хлеба, общая хлебопекарная оценка) проводили по методике Государственного сортиспытания сельскохозяйственных культур.

1. Химический состав семян бобовых (горох, соя) (2019–2021 г.) 1. Chemical composition of legume seeds (peas, soybeans) (2019–2021)

№	Сорт	Белок, %	Крахмал, %	Сахар, %	Жир, %
Горох					
1	Флагман 9	25,8	50,7	4,9	2,3
Соя					
2	Самер 1	36,2	2,0	11,0	22,2
Пшеничная мука					
3	Мука сеяная, в/с	12,6	75,7	1,7	1,0
	HCP _{0,05}	1,32	2,30	0,87	0,31

Сорта гороха и сои селекции Самарского НИИСХ в данной зоне способны формировать семена с содержанием белка 28,0–29,0% и соответственно 38,0–39,0% и более.

Энергетический источник – углеводный комплекс, представлен высоким содержанием крахмала (горох), сахаров (соя). Количество крахмала варьирует от 2,0% (соя) до 50,7% (горох) и сахаров соответственно от 11,0 до 4,9%. Проведенные ранее исследования показали, что сорта гороха с высоким содержанием белка характеризуются более низким содержанием крахмала, низкобелковые формы показывают высокий крахмальный уровень синтеза. Большое количество углеводов обуславливает питательную ценность этих культур, которая выше в 1,5–2 раза, чем у картофеля и других овощей.

К одним из важных компонентов, которые влияют на технологические достоинства зернобобовых культур, относятся липиды. Содержание жиров (жир, жироподобные вещества, фосфолипиды) в горохе сорта Флагман 9 по сравнению с соей небольшое – 2,3% и относятся они к группе невысыхающих масел. Сорта сои линии Самер способны к образованию жиров до 23,4%, что очень важно при использовании этих сортов в перерабатывающих отраслях.

Богатый биохимический состав семян бобовых позволяет использовать данные культуры не только как дополнительный растительный источник белка в мясной, колбасной промышленности, но и при производстве хлебобулоч-

Результаты и их обсуждение. Технологические и потребительские достоинства зернобобовых культур определяются биохимическим составом семян, который зависит от сортовых особенностей, погодных и почвенных условий, агротехники выращивания. По содержанию белка горох и соя (полноценный растительный белок, легкое усвоение) пре-восходят иные злаки в 2–2,4 раза и в условиях степного Заволжья в 2019–2021 годах, когда урожайность была выше среднемноголетних значений, накопление белка в семенах гороха (Флагман 9) составило 25,8, в сое (Самер 1) – 36,2% (табл. 1).

ных изделий, улучшая качество, биологическую и пищевую ценность новых продуктов за счет введения в смеси нетрадиционных добавок.

Проведенные нами исследования в 2019–2021 годах показали, что пшеничная мука, сеяная по сравнению с цельносмолотой гороховой и соевой мукой, уступает по содержанию белка на 13,2–23,6, жира – на 1,3–21,2, сахаров – на 3,2–9,3%, но содержит клейковинный комплекс (глиадины и глютелины), без которого невозможно образование упругого и эластичного теста. Поэтому доля цельносмолотой муки семян зернобобовых в композиционных смесях, превышающая 15% (Ямашев, 2012) отрицательно влияет на реологические свойства теста и ухудшает процесс тестоведения. Ухудшение физических показателей теста объясняется снижением количества клейковины за счет уменьшения качественной муки в смесях и фракционным составом белков семян бобовых с преобладанием солерасторимой (глобулины) и водорастворимой (альбумины) фракций, резко отличающейся от состава пшеницы.

Экспериментально установлено, что при добавлении в смеси муки цельносмолотого гороха сорта Флагман 9 в количестве 5% реологические показатели теста не ухудшаются, добавление 10 и 15% снижает стойкость теста на 1–2 минуты, валориметрическую оценку – на 4–6 е.вал., водопоглотительная способность муки увеличивается на 6,0% по отношению к пшеничной муке (табл. 2).

2. Фаринографическая и хлебопекарная оценка смесей с добавлением гороховой и соевой муки (2019–2021 г.)
2. Farinographic and baking assessment of mixtures with pea and soybean flour (2019–2021)

№ п/п	Варианты	Фаринограф				Хлебопекарная оценка	
		стойкость теста, мин.*	разжижение теста, е. ф.**	валориметрич. оценка, е.вал.***	ВПС, %	объем хлеба, см ³	общая, балл
1	Пшеничная мука	7,5	40	70	65,0	900	4,6
Горох Флагман 9							
2	95:5	8,0	50	72	69,0	780	4,6
3	90:10	6,5	40	66	69,0	765	4,6
4	85:15	5,5	40	64	71,0	735	4,4
	HCP _{0,05}	1,10	F _f < F _t	3,1	F _f < F _t	65,0	F _f < F _t
Соя Самер 1							
5	95:5	9,5	30	76	67,0	680	4,4
6	90:10	10,0	30	80	68,5	645	4,3
7	85:15	9,0	40	78	70,0	515	4,0
	HCP _{0,05}	1,1	F _f < F _t	1,2	F _f < F _t	186,2	F _f < F _t

* – минуты;

** – единицы фаринографа;

*** – единицы валориметра.

Белки гороха препятствуют образованию клейковинных нитей в единой сетке, и следствием является некоторое ухудшение физических свойств теста. В целом при проведении хлебопекарного анализа тесто композиционных смесей характеризовалось эластичностью, упругостью, имело приятный слегка желтоватый оттенок, а при добавлении 15% добавки – гороховый запах, который впоследствии исчезал в выпекаемых изделиях. Объем хлеба уменьшился на 120–165 см³, данное снижение объясняется мешающим влиянием водорастворимых белков на формирование клейковинного комплекса во время замеса и созревания теста. Но общая хлебопекарная оценка выпечки с добавлением цельносмолотого гороха (5, 10, 15%) была высокой – 4,4–4,6 баллов: поверхность хлебцев гладкая, форма выпуклая, румяная золотистая корочка, пористость очень нежная, эластичная с быстро восстанавливающимся мякишем. Запах хлеба был приятным, ароматным, без специфического вкуса.

Использование сои в хлебопечении не только дополнительно обогащает белком хлебные изделия, но и уменьшает количество углеводов (соя не содержит крахмал), тем самым улучшает сбалансированность основных компонентов хлеба. Липоксигиназа – фермент, присутствующий в соевой муке, обеспечивает отбеливание мякиша и способствует образованию соединений (пероксидов), укрепляющих клейковину и поддерживающих объем хлеба при меньшем содержании крахмала и клейковинных белков в композиционных смесях.

Добавление муки цельносмолотой сои (Самер 1) в смеси улучшило параметры фаринограммы по отношению к контролю (пшеничная мука в/с): увеличилась стойкость теста на 1,5–2,5 минуты, валориметрическая оценка – на 6–10 е.вал., водопоглощение муки – на 5,0%, снизилось разжижение теста на 10 е.ф. При таком улучшении реологических свойств теста композиционных смесей объем изделия из-

за нехватки крахмала и клейковины снизился на 220–385 см³, но органо-лептические и структурно-механические показатели хлеба и мякиша были высокие – 4,0–4,4 балла. Хлеб привлекательный, правильной формы, корка гладкая без трещин, цвет мякиша светло-желтоватый с мелкой пористостью, но чуть плотнее (соевая мука уплотняет тесто), чем в контроле. Цвет корки улучшается по сравнению с пшеничным хлебом, приобретая желто-золотистый оттенок, на вкус хлеб приятный, ароматный.

Выводы. Установлена питательная ценность цельносмолотой гороховой и соевой муки: добавки превышают по содержанию белка – на 13,2–23,6%, жира – на 1,3–21,2%, сахаров на 3,2–9,3% пшеничную муку, что очень актуально в хлебопечении.

Охарактеризовано влияние типа ингредиентов (гороховая, соевая мука) на реологические свойства теста с помощью фаринографического анализа: добавление гороховой муки (сорт Флагман 9) в композиционные смеси в количестве 5% не ухудшает физические показатели теста, добавление 10 и 15% снижает стойкость теста на 1–2 минуты, валориметрическую оценку на 4–6 е.вал., водопоглотительная способность муки увеличивается на 6% по отношению к пшеничной муке. Внесение цельносмолотой сои (Самер 1) укрепляет, улучшает физические параметры теста, однако объем хлеба уменьшается за счет снижения количества клейковины в смесях и преобладающих солерастворимых (глобулины) и водорастворимых (альбумины) белковых фракций.

Оценена эффективность смешивания цельносмолотой гороховой и соевой муки с пшеничной в/с: общая хлебопекарная оценка выпечки дала положительные результаты 4,0–4,6 баллов – хлеб привлекательный, правильной формы, корка гладкая без трещин, цвет мякиша светло-желтоватый с мелкой пористостью, но чуть плотнее, чем в контроле, запах приятный, ароматный.

Библиографические ссылки

1. Батурина Н.А. Влияние добавок муки бобовых культур на потребительские свойства и пищевую ценность пшеничного хлеба // Пищевая индустрия. № 4(13). 2012. С. 38–41.
2. Катюк А.И., Шаболкина Е.Н., Васин А.В., Булатова К.А., Анисимкина Н.В. Пищевые достоинства семян фасоли, сои и гороха сортов селекции Самарского НИИСХ // Зерновое хозяйство России. № 4(64). 2019. С. 5–7.
3. Корячкина С.Я., Музалевская Р.С., Батурина Н.А. Применение муки из семян бобовых культур для повышения пищевой ценности хлеба из пшеничной муки // Хранение и переработка сельхозсырья. 2005. № 12. С. 56–57.
4. Поппер Л. Улучшение муки в Европе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nutrifood.eu>.
5. Ямашев Т.А. Исследование структурно-механических свойств теста из смеси пшеничной и гороховой муки с применением фаринографа // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 24. С. 115–117.
6. Jacqueline B., Markus. Aging, nutrition and taste // Academic Press. 2019. 324 p.
7. Lee Y.P., Mori T.A., Puddey I.B., Sipsas S. et al. Effects of lupin kernel flour-enriched bread on blood pressure: a controlled intervention study // American Journal of Clinical Nutrition. 2009. V. 89. P. 766–772.
8. Meurer M.C., De Souzab D., Damasceno L., Marczak F. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba) // Journal of Food Engineering. 2020. No.16. p. 3.
9. Sadowska J., Blaszcak W., Fornal J., Vidal-Valverde C., Frias J. Changes of wheat dough and bread quality and structure as a result of germinated pea flour addition // Eur Food Res Technol. 2003. 216(1). P. 46–50.
10. Starmer D., Coate K., Terry P. Effects of creating a vegan alternative to hard meringues by substituting aquafaba for egg whites // Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2018. No. 19. p. 51.

References

1. Baturina N.A. Vliyanie dobavok muki bobovyh kul'tur na potrebitel'skie svojstva i pishchevuyu cennost' pshenichnogo hleba [The effect of legume flour additives on consumer properties and nutritional value of wheat bread] // Pishchevaya industriya. № 4(13). 2012. S. 38–41.
2. Katyuk A.I., SHabolkina E.N., Vasin A.V., Bulatova K.A., Anisimkina N.V. Pishchevye dostoinstva semyan fasoli, soi i goroha sortov selekcii Samarskogo NIISKH [Nutritional advantages of beans, soybeans and peas of the varieties developed by the Samara RIA] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. № 4(64). 2019. S. 5–7.
3. Koryachkina S.YA., Muzalevskaya R.S., Baturina N.A. Primenenie muki iz semyan bobovyh kul'tur dlya povysheniya pishchevoj cennosti hleba iz pshenichnoj muki [The use of legume flour to improve the nutritional value of bread made from wheat flour] // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2005. № 12. S. 56–57.
4. Popper L. Uluchshenie muki v Evrope [Improving flour in Europe]. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.nutrifood.eu>.
5. YAmashev T.A. Issledovanie strukturno-mekhanicheskikh svojstv testa iz smesi pshenichnoj i gorohovoj muki s primeneniem farinografa [The study of structural and mechanical properties of dough from a mixture of wheat and pea flour using a farinograph] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. T. 15. № 24. S. 115–117.
6. Jacqueline B., Markus. Aging, nutrition and taste // Academic Press. 2019. 324 p.
7. Lee Y.P., Mori T.A., Puddey I.B., Sipsas S. et al. Effects of lupin kernel flour-enriched bread on blood pressure: a controlled intervention study // American Journal of Clinical Nutrition. 2009. V. 89. P. 766–772.
8. Meurer M.C., De Souzab D., Damasceno L., Marczak F. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba) // Journal of Food Engineering. 2020. No.16. p. 3.
9. Sadowska J., Blaszcak W., Fornal J., Vidal-Valverde C., Frias J. Changes of wheat dough and bread quality and structure as a result of germinated pea flour addition // Eur Food Res Technol. 2003. 216(1). R. 46–50.
10. Starmer D., Coate K., Terry P. Effects of creating a vegan alternative to hard meringues by substituting aquafaba for egg whites // Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2018. No. 19. p. 51.

Поступила: 8.11.21; принята к публикации: 23.12.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за plagiat.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шаболкина Е.Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Анисимкина Н.В. – выполнение лабораторных опытов; Майстренко О.А. – сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.