

Исследование кормовой белковой добавки из растительного сырья со свойствами фитобиотика

Александр А. Шевцов	¹	shevalol@rambler.ru	 0000-0003-2599-5692
Алексей В. Дранников	¹	drannikov@list.ru	 0000-0002-3060-8688
Анна А. Дерканосова	¹	aa-derk@yandex.ru	 0000-0002-9726-9262
Алиса А. Торшина	¹	alisa-korotaeva@mail.ru	 0000-0003-3150-8686
Анастасия А. Ориничева	¹	staisyn@rambler.ru	 0000-0002-427-9587
Екатерина П. Анохина	¹	katya_anoh@mail.ru	 0000-0002-2852-5816

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Российский рынок перенасыщен зерновым сырьем в составе комбикормов, которые характеризуются дефицитом белка и слабой усвояемостью питательных веществ. Одной из проблем современного животноводства является повышение продуктивности, а главное – удешевление продукции за счет эффективности использования питательных веществ корма. Фитобиотики обладают противовирусным, противомикробным, а также иммуномоделирующим действием. При включении их в любой рацион увеличивается потребление корма, нормализуется кислотно-щелочная среда. Фитобиотики являются безопасными для сельскохозяйственных животных и птиц. Проведены исследования аминокислотного состава и антиоксидантной активности белковой кормовой добавки, полученной из листостебельной массы растений красного клевера. Качественный и количественный состав аминокислот, и значение антиоксидантной активности показывают целесообразность ввода кормовой белковой добавки в рацион кормления сельскохозяйственных животных и птиц. Основное преимущество скармливания добавки растительного происхождения состоит в том, что сельскохозяйственные животные и птицы не подвергается никаким рискам, а также возможность ее применения в качестве вкусовой и стимулирующей аппетит. Предполагается, что использование добавки из вегетативной массы красного клевера будет стимулировать рост, репродуктивность, прирост массы, окажет антибактериальное и иммуностимулирующее действие.

Ключевые слова: фитобиотики, комбикорм, красный клевер, растительное сырье, белковая добавка

Study of a fodder protein supplement from plant raw materials with phytobiotic properties

Alexander A. Shevtsov	¹	shevalol@rambler.ru	 0000-0003-2599-5692
Alexey V. Drannikov	¹	drannikov@list.ru	 0000-0002-3060-8688
Anna A. Derkanosova	¹	aa-derk@yandex.ru	 0000-0002-9726-9262
Alisa A. Torshina	¹	alisa-korotaeva@mail.ru	 0000-0003-3150-8686
Anastasia A. Orinicheva	¹	staisyn@rambler.ru	 0000-0002-427-9587
Ekaterina P. Anokhina	¹	katya_anoh@mail.ru	 0000-0002-2852-5816

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The Russian market is oversaturated with grain raw materials in the composition of mixed fodders, which are characterized by a protein deficiency and poor digestibility of nutrients. One of the problems of modern animal husbandry is to increase productivity, and most importantly, to reduce the cost of production due to the efficient use of feed nutrients. Phytobiotics have antiviral, antimicrobial, and immunomodulating effects. Feed consumption is increased and the acid-base environment is normalized when they are included in any diet. Phytobiotics are safe for farm animals and birds. Studies of the amino acid composition and antioxidant activity of the protein feed additive obtained from the leafy mass of red clover plants were carried out in the work. The qualitative and quantitative composition of amino acids and the value of antioxidant activity prove the advisability of introducing a fodder protein supplement into the diet of feeding farm animals and birds. The main advantage of feeding a plant-based supplement is that farm animals and poultry are not exposed to any risks, as well as the possibility of its use as a flavoring and an appetite stimulant. It is assumed that the application of an additive from the vegetative mass of red clover will stimulate growth, reproduction, weight gain and will have antibacterial and immunostimulating effects.

Keywords: phytobiotics, mixed fodder, red clover, plant raw materials, protein supplement

Для цитирования

Шевцов А.А., Дранников А.В., Дерканосова А.А., Торшина А.А., Ориничева А.А., Анохина Е.П. Исследование кормовой белковой добавки из растительного сырья со свойствами фитобиотика // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 3. С. 65–70. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-65-70

For citation

Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Torshina A.A., Orinicheva A.A., Anokhina E.P. Study of a fodder protein supplement from plant raw materials with phytobiotic properties. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 65–70. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-3-65-70

Введение

В связи с переходом к ведению органического (экологического, биодинамического) сельского хозяйства, в рамках федерального закона «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ», вступающего в силу с 1 января 2020 года, возникает необходимость в создании отечественных кормовых препаратов, которые сбалансированы по составу, содержат биологически активные компоненты, биологически безопасны, обеспечивать поддержание нормального физиологического состояния сельскохозяйственных животных и птиц.

Возрастание и распространение устойчивости к антибиотикам стало серьёзной проблемой общественного здравоохранения во всём мире. Детерминанты устойчивости у микроорганизмов часто встречаются после введения антибиотиков в практику лечения патогенов человека и животных, что оказывает непосредственное влияние на уровень устойчивости к антибиотикам у микроорганизмов [1, 2].

Проблемы отрасли, связанные с антибиотикорезистентными бактериями и необходимостью лечения заболеваний вызванные патогенами, которые не реагируют на антибиотики, оказали огромное давление на животноводство и птицеводство. Правительства многих стран требуют от производителей отказаться или ограничить использование кормовых антибиотиков для сельскохозяйственных животных и птицы и искать альтернативы [3, 4].

Эффективная альтернатива кормовым антибиотикам – фитобиотики, оказывающие значительное и устойчивое положительное воздействие на производительность и здоровье. Являются безопасными как для сельскохозяйственных животных и птиц, так и для людей, просты в применении и хранении, а также могут обеспечить рентабельность инвестиций [9]. В России фитобиотические кормовые добавки импортного производства появились после 2005 года. Крупнейшими производителями и поставщиками фитобиотических кормовых добавок в России являются: ООО «СХП «Солнечное поле», ООО «АгроКорм», ООО «ГК Белый Фрегат», ООО «Кристалл Групп», ООО «Агро-С» [12]. По литературным данным, сырьём для фитобиотиков могут служить растения, такие как, облепиха (*Hippophae rhamnoides* L.), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.), расторопша пятнистая (*Silybum marianum* L.), красный клевер (*Trifolium pretense* L.), люцерна посевная (*Medicago sativa* L.), амарант (*Amaranthus cruentus* L.) и др.

Фитобиотики способствуют повышению антиоксидантного статуса организма сельскохозяйственных животных и птиц путём оптимизации уровня и качества кормления, может быть одним из важнейших и очень эффективных средств улучшения здоровья и, следовательно, продуктивности. Натуральные растительные добавки в рационах могут быть использованы для усиления механизмов антиоксидантной защиты и снижения интенсивности окислительных процессов, которые негативно влияют на качество продуктов. Анализ имеющихся исследований показывает, что антиоксидантные процессы в организме сельскохозяйственных животных и птиц можно стимулировать путём введения экстрагированных активных соединений [13]. У животных процессы окисления происходят непрерывно и уравниваются сложным антиоксидантным механизмом, направленным на минимизацию воздействия активных форм кислорода. Свободные радикалы или органические пероксиды ответственны за повреждение липидов, белков и структур ДНК. Это может привести к качественным изменениям в продуктах животного происхождения, включая их структуру и срок хранения. Функционирование антиоксидантных механизмов влияет на самочувствие организма и показатели роста [14].

Важной проблемой является получение биопрепарата с высоким содержанием белка и свойствами фитобиотика. В качестве сырья для получения белковой кормовой добавки по разработанной технологии [7, 8] используется листостебельная масса красного клевера. Отличительной особенностью данной технологии является то, что процесс переработки растений протекает при «щадящих» температурных режимах, что позволяет сохранять значительную часть биологически активных веществ и микроэлементов.

Цель работы – изучение аминокислотного состава и антиоксидантной активности кормовой белковой добавки из красного клевера.

Материалы и методы

Исследование аминокислотного состава кормовой белковой добавки методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Хроматографические методы анализа отличаются высокой чувствительностью и позволяют разделять родственные соединения и их метаболиты, а также продукты гидролиза. Метод ВЭЖХ является арбитражным для определения содержания аминокислот. Определение аминокислотного состава проводилось на автоматическом аминокислотном анализаторе на базе жидкостного хроматографа SHIMADZU Prominence LC-20 в Испытательном центре ВГУИТ. Для анализа использовалась колонка 150×4.6 мм Sevko&Co. Разделение и определение

аминокислот осуществляли методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией нингидрином. Метод ионообменной хроматографии основан на взаимодействии заряженных функциональных групп неподвижной фазы с ионизированными молекулами разделяемых веществ, имеющих противоположный заряд [10].

Пробоподготовка включала параллельное проведение кислотного и щелочного гидролиза белка анализируемой пробы. После кислотного гидролиза в гидролизате определяли 17 аминокислот, после щелочного гидролиза – триптофан, который полностью разрушается при кислотном гидролизе.

Буферные растворы поступали в дегазатор, далее в зависимости от заданной программы смешивались в вихревой камере, далее насосом через ловушку аммиака поступали в блок автосемплера, где в автоматическом режиме происходил отбор и ввод пробы. Проба смешивалась с буферными растворами и поступала в ионообменную колонку, в которой происходит разделение аминокислот. Аминокислоты выходили в соответствии с их изоэлектрическими точками при плавном изменении pH подвижной фазы. После разделения аминокислоты попадали в реактор, где взаимодействовали с нингидрином с образованием окрашенных производных, которые детектировались спектрофотометрическим детектором при $\lambda = 570$ нм и 440 нм.

Определение антиоксидантной активности

В основе этой методики лежит амперометрический метод нахождения содержания антиоксидантов (СА), заключающийся в измерении электрического тока, образующегося при окислении исследуемого вещества на поверхности рабочего электрода при

определенном потенциале и сравнении полученного сигнала с сигналом стандарта (кверцетина), измеренного в тех же критериях. Амперометрический способ является единственным непосредственно измеряющим содержание всех антиоксидантов в пробе [11]. Измерение выполняли на анализаторе антиоксидантной активности «Цвет Яуза-01-АА». Рабочий электрод выполнен из стеклоглерода, который наиболее универсален при определении полифенольных соединений.

Расчет СА, мг/г исследуемого образца проводили по калибровочному графику кверцетина и формуле 1. При расчете конечного результата для жидкого образца учитывали разбавление пробы (N). Расчет проводили по формуле:

$$CA = \frac{CA_{cp} \cdot V_n \cdot N}{m_{np} \cdot 1000}, \quad (1)$$

где CA_{cp} – содержание антиоксидантов, найденное по калибровочному графику, мг/дм³; V_n – объем раствора (экстракта) анализируемой пробы, см³; m_{np} – навеска анализируемого вещества, г; N – разбавление анализируемого вещества.

Величина СА образцов определяется содержанием в них природных флавоноидов, в частности, катехинов; кверцетина, рутина, дегидрокверцетина; а также витаминов и других соединений, способных связывать свободные радикалы.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 и в таблице 1 представлен аминокислотный состав кормовой белковой добавки из красного клевера.

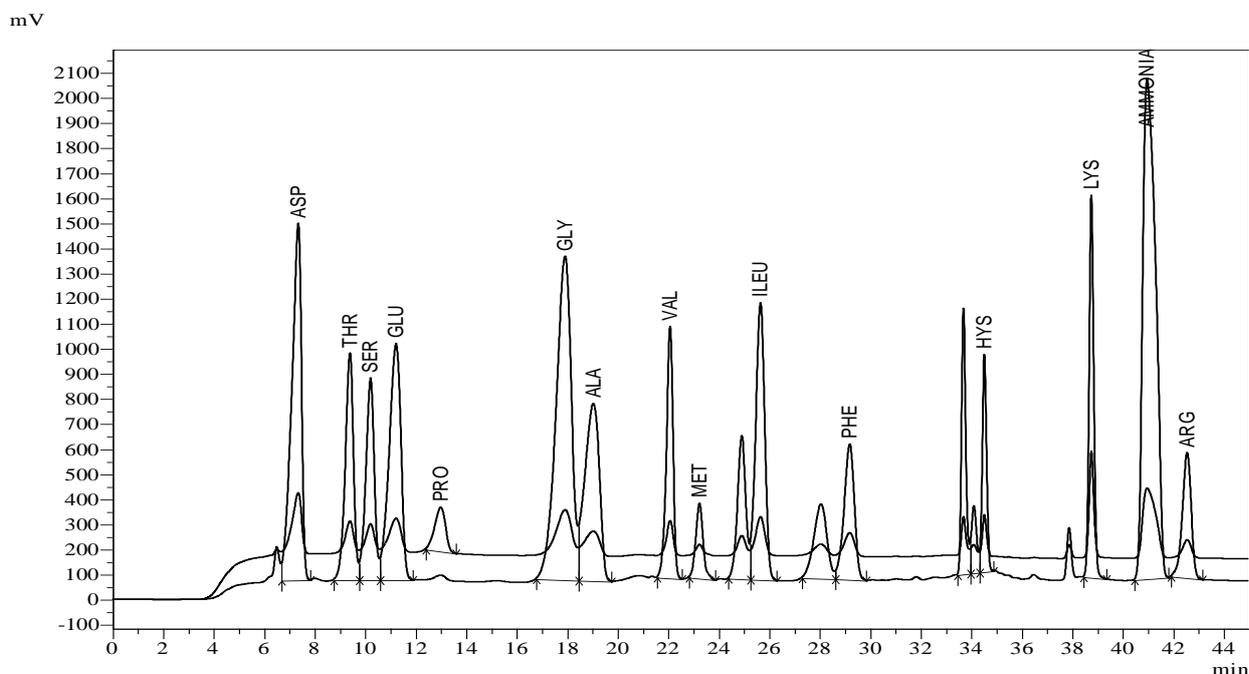


Рисунок 1. Хроматограмма образца кормовой белковой добавки из красного клевера

Figure 1. Chromatogram of a sample of red clover feed protein supplement

Таблица 1.
Содержание аминокислот в образце
Table 1.
The amino acid content in the sample

Аминокислота Amino acid		Массовая доля в сухом веществе, % Dry matter, %
Аспарагиновановая кислота (аспартат) + аспаргин	ASP + ASN	3.71
Треонин	THR	1.66
Серин	SER	1.43
Глутаминовая кислота (глутамат) + глутамин	GLU + GLN	2.99
Пролин	PRO	2.07
Глицин	GLY	2.08
Аланин	ALA	1.22
Цистеин	CYS	1.98
Валин	VAL	1.11
Метионин	MET	1.50
Изолейцин	ILEU	1.14
Лейцин	LEU	2.11
Тирозин	TYR	1.45
Фениланин	PHE	0.86
Гистидин	HYS	1.43
Лизин	LYS	1.38
Аргинин	ARG	4.49
Триптофан	TRP	2.86

В результате исследования определены 18 аминокислот, в продукте присутствуют 8 незаменимых кислот. Качественный и количественный состав аминокислот показывает целесообразность ввода кормовой белковой добавки в рацион кормления животных и птиц.

Одним из методов определения биологической ценности белков является определение индекса незаменимых аминокислот (EAAI). Метод представляет собой модернизацию метода химического скора и позволяет учитывать количество всех незаменимых кислот.

$$EAAI = \left(\frac{LYS_p}{LYS_r} \times \frac{ARG_p}{ARG_r} \times \frac{TRP_p}{TRP_r} \times \dots \right)^{1/n} \quad (2)$$

где: n – число аминокислот; индексы p , r – содержание аминокислот в изучаемом белке и в эталонном, соответственно.

EAAI кормовой белковой добавки 0.7. Установлено, что индекс незаменимых аминокислот продукта стремится к единице, аминокислотный состав близок к эталону.

Определение антиоксидантной активности. Целью исследования являлось сравнение суммарной антиоксидантной активности в кормовой белковой добавке из вегетативной массы красного клевера, витаминной травяной муке (ГОСТ Р 56383–2015), фитобиотике «Экстрафит» (ТУ № 9296–001–99904284–2012 на основе растительного сырья амаранта) и сухой облепихе. Результаты расчетов по кверцетину приведены в таблице 2.

Таблица 2.
Результаты расчетов суммарной антиоксидантной активности (АОА) по кверцетину

Table 2.
Results of calculating total antioxidant activity (AOA) for quercetin

Продукт Product	АОА, мг/г
Кормовая белковая добавка Feed Protein Supplement	1.85
Витаминная травяная мука Vitamin Herbal Flour	1.28
«Экстрафит» Extrarafit	1.96
Сухая облепиха Dry sea buckthorn	1.44

Как видно из таблицы 2 кормовая белковая добавка из листостебельной массы красного клевера по показателям антиоксидантной активности не уступает продуктам, применяемым в качестве фитобиотиков. Они обладают противовирусным, противомикробным, а также иммуномоделирующим действием. При включении их в любой рацион увеличивается потребление корма, нормализуется кислотно-щелочная среда.

Заключение

Проведены исследования аминокислотного состава и антиоксидантной активности белковой кормовой добавки, полученной из листостебельной массы растений красного клевера. Качественный и количественный состав аминокислот, и значение антиоксидантной активности показывают целесообразность ввода кормовой белковой добавки в рацион кормления сельскохозяйственных животных и птиц.

Основное преимущество скармливания добавки растительного происхождения состоит в том, что сельскохозяйственные животные и птицы не подвергается никаким рискам, а также возможность ее применения в качестве вкусовой и стимулирующей аппетит [12, 13]. Предполагается, что использование добавки из вегетативной массы красного клевера будет стимулировать рост, репродуктивность, прирост массы, окажет антибактериальное и иммуностимулирующее действие.

Литература

- 1 Allen H.K., Donato J., Wang H.H., Cloud-Hansen K.A. et al. Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments // *Nature Reviews Microbiology*. 2010. № 8. P. 251–259
- 2 Karlsson M., Kollberg H., Larsson A. Chicken IgY: utilizing the evolutionary advantage // *World's Poultry Science Journal*. 2004. V. 60. P. 341–348. doi:10.1079/wps200422
- 3 Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A., Orinicheva A.A. et al. Study of feed protein supplement with the properties of phytobiotics // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2020. V. 422. № 1. P. 012086. doi: 10.1088/1755–1315/422/1/012086
- 4 Sherwood L., Gorbach S.L. Antimicrobial Use in Animal Feed – Time to Stop // *New England Journal of Medicine*. 2001. V. 345. P. 1202–1203.
- 5 Graham J.P., Boland J.J., Sirbergeld E. Growth promoting antibiotics in food animal production: an economic analysis // *Public Health Reports*. 2007. V. 122. P. 79–87.
- 6 Pavlov D.S., Egorov I.A., Nekrasov R.V. Use of biologically active feed additives to increase the nutritional properties of compound feeds and increase the normal input of meal and cake into mixed feeds // *Problems of Biology of Productive Animals*. 2011. № 1. P. 89–92.
- 7 Braginets S.V., Alferov A.S., Bakhchevnikov O.N. Effective method for producing fodder feed with green mass of fodder herbs addition // *Agrotechnics and energy supply*. 2015. V. 4. № 8. P. 32–39.
- 8 Шевцов А.А., Дранников А.В., Дерканосова А.А., Коротаева А.А. Научное обоснование технологии комплексной переработки красного клевера в кормопроизводстве. Воронеж, 2018.
- 9 Шевцов А.А., Дерканосова А.А., Коротаева А.А. «Зеленые» инновации в производстве комбикормов // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2015. Т. 3. № 4–3 (15–3). С. 240–242.
- 10 Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: метод. пособие для спец. курса. М.: Изд-во МГУ им. МВ Ломоносова, 2007.
- 11 Fedina P.A., Yashin A. Ya., Chernousova N.I. Determination of antioxidants in plant products by the amperometric method // *Chemistry of plant raw materials*. 2010. V. 2. P. 91–97.
- 12 Шенцова Е.С., Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Есаулова Л.А. Оптимизация процесса гранулирования комбикормов для молодняка кроликов и оценка их эффективности // *Вестник ВГУИТ*. 2018. Т. 80. № 3. С. 176–184.
- 13 Остриков А.Н., Афанасьев В.А., Мануйлов В.В. Разработка технологии зерновых хлопьев для комбикормов // *Вестник ВГУИТ*. 2017. Т. 79. № 1. С. 15–21.

References

- 1 Allen H.K., Donato J., Wang H.H., Cloud-Hansen K.A. et al. Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments. *Nature Reviews Microbiology*. 2010. no. 8. pp. 251–259.
- 2 Karlsson M., Kollberg H., Larsson A. Chicken IgY: utilizing the evolutionary advantage. *World's Poultry Science Journal*. 2004. vol. 60. pp. 341–348. doi:10.1079/wps200422
- 3 Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A., Orinicheva A.A. et al. Study of feed protein supplement with the properties of phytobiotics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2020. vol. 422. no. 1. pp. 012086. doi: 10.1088/1755–1315/422/1/012086
- 4 Sherwood L., Gorbach S.L. Antimicrobial Use in Animal Feed – Time to Stop. *New England Journal of Medicine*. 2001. vol. 345. pp. 1202–1203.
- 5 Graham J.P., Boland J.J., Sirbergeld E. Growth promoting antibiotics in food animal production: an economic analysis. *Public Health Reports*. 2007. vol. 122. pp. 79–87.
- 6 Pavlov D.S., Egorov I.A., Nekrasov R.V. Use of biologically active feed additives to increase the nutritional properties of compound feeds and increase the normal input of meal and cake into mixed feeds. *Problems of Biology of Productive Animals*. 2011. no. 1. pp. 89–92.
- 7 Braginets S.V., Alferov A.S., Bakhchevnikov O.N. Effective method for producing fodder feed with green mass of fodder herbs addition. *Agrotechnics and energy supply*. 2015. vol. 4. no. 8. pp. 32–39.
- 8 Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A. Scientific substantiation of the technology of integrated red clover processing in fodder production. *Voronezh*, 2018. (in Russian).
- 9 Shevtsov A.A., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A. “Green” innovations in food production. Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2015. vol. 3. no. 4. pp. 240–242. (in Russian).
- 10 Shapovalova E.N., Pirogov A.V. Chromatographic methods of analysis: method. manual for a special course. Moscow, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2007. (in Russian).
- 11 Fedina P.A., Yashin A. Ya., Chernousova N.I. Determination of antioxidants in plant products by the amperometric method. *Chemistry of plant raw materials*. 2010. vol. 2. pp. 91–97.
- 12 Shentsova E.S., Kurchaeva E.E., Vostroiлов A.V., Esaulova L.A. Optimization of the process of granulation of food for young rabbits and estimation of their efficiency. *Proceedings of VSUET*. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 176–184. (in Russian).
- 13 Ostrikov A.N., Afanasyev V.A., Manuylov V.V. Development of cereal flakes technology for food. *Proceedings of VSUET*. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 15–21. (in Russian).

Сведения об авторах

Александр А. Шевцов д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, shevalol@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2599-5692>

Алексей В. Дранников д.т.н., декан факультет пищевых машин и автоматов, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, drannikov@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3060-8688>

Анна А. Дерканосова к.т.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, aa-derk@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9726-9262>

Алиса А. Торшина к.т.н., инженер-химик, испытательный центр, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alisa-korotaeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3150-8686>

Анастасия А. Орничева инженер-химик, испытательный центр, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, staisyn@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Екатерина П. Анохина к.т.н., инженер-химик, испытательный центр, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, katya_anoh@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2852-5816>

Вклад авторов

Александр А. Шевцов предложил методику проведения эксперимента

Алексей В. Дранников консультация в ходе исследования

Анна А. Дерканосова консультация в ходе исследования

Алиса А. Торшина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Анастасия А. Орничева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Екатерина П. Анохина консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Alexander A. Shevtsov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and apparatuses of chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, shevalol@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2599-5692>

Alexey V. Drannikov Dr. Sci. (Engin.), Dean of the Faculty of Food Machines and Automata, associate professor machines and devices for food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, drannikov@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3060-8688>

Anna A. Derkanosova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, aa-derk@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9726-9262>

Alisa A. Torshina Cand. Sci. (Engin.), chemical engineer, testing center, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, alisa-korotaeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3150-8686>

Anastasia A. Orinicheva chemical engineer, testing center, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, staisyn@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Ekaterina P. Anokhina Cand. Sci. (Engin.), chemical engineer, testing center, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, katya_anoh@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2852-5816>

Contribution

Alexander A. Shevtsov proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Alexey V. Drannikov consultation during the study

Anna A. Derkanosova consultation during the study

Alisa A. Torshina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Anastasia A. Orinicheva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Ekaterina P. Anokhina consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/08/2020	После редакции 13/08/2020	Принята в печать 21/08/2020
Received 04/08/2020	Accepted in revised 13/08/2020	Accepted 21/08/2020