

Научная статья  
УДК 66.061.3  
doi: 10.28983/asj.y2022i2pp142-147

### Переработка репчатого лука сорта Стригуновский местный при помощи экстрагирования

Юрий Викторович Родионов<sup>1</sup>, Григорий Вячеславович Рыбин<sup>1</sup>, Артём Анатольевич Гуськов<sup>1</sup>, Дмитрий Вячеславович Никитин<sup>1</sup>, Сергей Иванович Данилин<sup>2</sup>, Николай Владимирович Воронин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «МичГАУ», г. Мичуринск, Россия

<sup>3</sup>ТОГБПОУ «Приборостроительный колледж», г. Тамбов, Россия

e-mail: enot1237@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований водного экстрагирования внешних и внутренних чешуек репчатого лука сорта Стригуновский местный посредством нагрева с постоянным помешиванием и вакуум-импульсного способа. Определены оптимальные гидромодули. Установлено, что эффективность вакуум-импульсного способа выше в сравнении со способом нагрева с постоянным помешиванием. Оптимальными являются гидромодули  $G=1:50$  для внешних сухих чешуек и  $G=1:100$  для внутренних чешуек. Вакуум-импульсный способ позволяет сократить время экстрагирования на 10 мин.

**Ключевые слова:** лук сорта Стригуновский местный; водное экстрагирование, вакуумное экстрагирование, биологически активные вещества, гидромодуль, сухие водорастворимые вещества.

**Для цитирования:** Родионов Ю. В., Рыбин Г. В., Гуськов А. А., Никитин Д. В., Данилин С. И., Воронин Н. В. Переработка репчатого лука сорта Стригуновский местный при помощи экстрагирования // Аграрный научный журнал. 2023. № 2. С. 142–147. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp142-147>.

#### AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

### Processing of onions of the Strigunovsky mestniy variety by extraction

Yuri V. Rodionov<sup>1</sup>, Grigory V. Rybin<sup>1</sup>, Artem A. Guskov<sup>1</sup>, Dmitry V. Nikitin<sup>1</sup>, Sergey I. Danilin<sup>2</sup>, Nikolay V. Voronin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FGBOU VO "TSTU", Tambov, Russia.

<sup>2</sup>FGBOU VO "MICHGAU", Michurinsk, Russia.

<sup>3</sup>Instrument-making College, Tambov, Russia.

e-mail: enot1237@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the results of experimental studies of water extraction of external and internal onion flakes of the Strigunovsky mestniy variety by means of heating with constant stirring and the vacuum-pulse method. Optimal hydraulic modules are determined. It has been established that the efficiency of the vacuum-pulse method is higher in comparison with the heating method with constant stirring. Optimal are hydromodules  $G=1:50$  for external dry scales and  $G=1:100$  for internal scales. The vacuum-pulse method allows to reduce the extraction time by 10 minutes.

**Keywords:** onion of the Strigunovsky mestniy variety; water extraction, vacuum extraction, biologically active substances, hydromodule, dry water-soluble substances.

**For citation:** Rodionov Yu. V., Rybin G. V., Guskov A. A., Nikitin D. V., Danilin S. I., Voronin N.V. Processing of onions of the Strigunovsky mestniy variety by extraction. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2023;(2):142–147. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp142-147>.

**Введение.** Экстрагирование с каждым годом становится всё более востребованным способом переработки растительного сырья. Наибольшее распространение этот процесс получил в пищевой и парфюмерной отраслях промышленности. Экстракты растительного сырья приме-



няются в качестве обогатительных добавок и натуральной альтернативы синтетическим компонентам. [5, 6].

Поскольку правительство России ведет политику по оздоровлению населения и, в частности, прививанию культуры здорового питания, усовершенствование технологии получения функциональных добавок путём экстрагирования является актуальной задачей [8].

Внутренние мягкие чешуйки репчатого лука содержат большое количество витаминов В1, В2, В6, РР, Е, С, фитонцидов и биофлаваноидов, а также полный набор макро- и микроэлементов, в том числе: бор, кальций, магний, селен, цинк, железо, медь, марганец, кобальт, йод и др. [1–3, 7]. Но большинство этих компонентов содержится и во внешних сухих чешуйках (шелухе), которые обычно утилизируют.

При помощи экстрагирования можно получать из репчатого лука вкусоароматические добавки, а также натуральные пищевые красители.

Цель исследования – определение наиболее эффективной методики переработки репчатого лука сорта Стригуновский местный при помощи водного экстрагирования.

**Методика исследований.** Экстрагирование – это процесс, при котором заранее подготовленный материал помещают в растворитель, иначе называемый экстрагентом (вода, спирт, эфир и т.д.). Он проникает в поры материала, после чего благодаря явлениям диффузии и массопереноса извлечённые вещества попадают в растворитель.

Отличительной особенностью экстрагирования является то, что растворитель практически не смешивается с извлекаемыми функциональными компонентами, поэтому по окончании процесса можно довольно легко отделить искомые компоненты от растворителя и в дальнейшем использовать в необходимой форме (раствор в экстрагенте, эмульсия, порошок).

В основном экстрагирование проводят холодным и горячим способами. При холодном способе (настаивании) растительный материал помещают в растворитель комнатной температуры и настаивают в течение минимум суток. Такой процесс, несмотря на сохранение большого количества биологически активных веществ (БАВ), является неэффективным, поэтому в промышленности малоприменим.

Наиболее распространены технологии экстрагирования, при которых процесс происходит в нагретом растворителе. Недостатком этого способа является то, что высокая температура способствует разложению биологически активных веществ, поэтому температуру приходится ограничивать в среднем 60 °С, в связи с чем для интенсификации процесса приходится использовать другие методы и технологии, повышающие энерго- и материалоемкость процесса.

Существенное влияние на процесс экстрагирования оказывает подготовка растительного материала. Для достижения наибольшей эффективности необходимо его грамотно измельчить для обеспечения наибольшей площади соприкосновения экстрагента и материала и высушить. В наших экспериментах внешняя сухая и внутренняя чешуя репчатого лука сорта Стригуновский местный была измельчена до сегментов размером 5×5 мм. Затем растительный материал был высушен при помощи двухступенчатой вакуум-импульсной сушилки. Её основная особенность состоит в том, что процесс делится на два этапа. Первая ступень – обычная конвективная сушка, во время которой удаляется поверхностная влага. После удаления поверхностной влаги конвективный способ становится неэффективным, поэтому материал перемещают в вакуумный шкаф, в котором происходит нагрев и периодическая подача вакуума, благодаря чему происходит перераспределение внутренней влаги и сушка проходит быстрее. Таким образом мы получаем высушенный материал максимально быстро и без потери биологически активных веществ.

Также важнейшим показателем, определяющим процесс экстрагирования, является гидромодуль, то есть отношение массы материала к массе растворителя, выраженное в долях. При различных гидромодулях выход сухих растворимых веществ будет различным. Однако данная зависимость не очевидна, поэтому существует необходимость правильного подбора гидромодуля, чтобы получить наиболее полного выхода веществ.



Для выбора максимально эффективного гидромодуля экстрагирование сухих растворимых веществ из внешних и внутренних чешуек лука проводилось нагревом с постоянным помешиванием при температуре  $60 \pm 2$  °С в дистиллированной воде, с гидромодулями – 1:100, 1:50, 1:25. Процесс экстрагирования проводился в течение 60 мин, отбор проб осуществлялся каждые 10 мин. Определение количества извлекаемых сухих растворимых веществ в экстрагенте проводился рефрактометрическим методом с помощью прибора ИРФ 454-Б2М.

Затем с оптимальными гидромодулями было произведено вакуум-импульсное экстрагирование на экспериментальной установке УВЭВУ-1, разработанной на кафедре «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ТГТУ» (рис. 1) [9].

Также в настоящее время прорабатывается возможность улучшения поверхностных характеристик полимерных деталей экстракторов с помощью технологии магнитотермического поверхностного армирования, описанного в работах [10, 11].

Рабочий процесс установки состоит в следующем – в экстрактор загружается растительный материал, после чего несколько раз кратковременно подаётся вакуум для раскрытия пор материала и равномерного распределения его по загрузочной камере. Затем в экстрактор подаётся подогретый экстрагент и происходит рабочий процесс при тех же условиях, что и при экстрагировании нагревом с помешиванием.

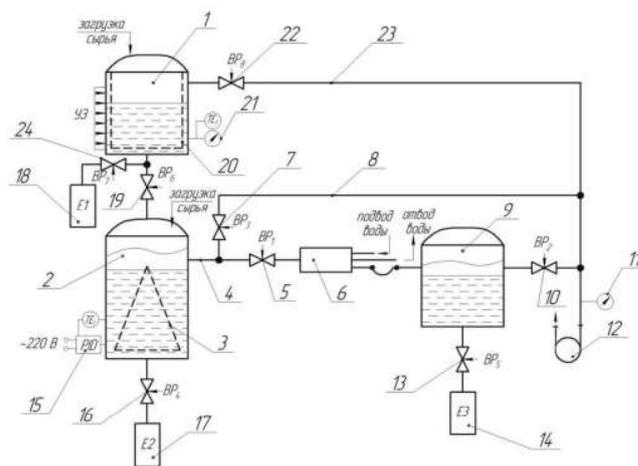
После чего производится сравнение полученных результатов и сделан вывод о наиболее эффективной технологии.

**Результаты исследований.** На основании данных исследования получены графики зависимостей концентрации в растворе сухих водорастворимых экстрактивных веществ от времени  $f = C(t)$ . На графике полученном по результатам экстрагирования внешних сухих чешуек лука (рис. 2) видно, что при данном режиме максимальное количество выделяемых сухих растворимых веществ (СВ) в экстрагент 40 %. При гидромодуле 1:25 после 50 мин выход СВ в экстрагент прекращается, количество СВ равняется 30%. Это свидетельствует о максимальном насыщении раствора СВ и дальнейший их выход из сырья практически невозможен.

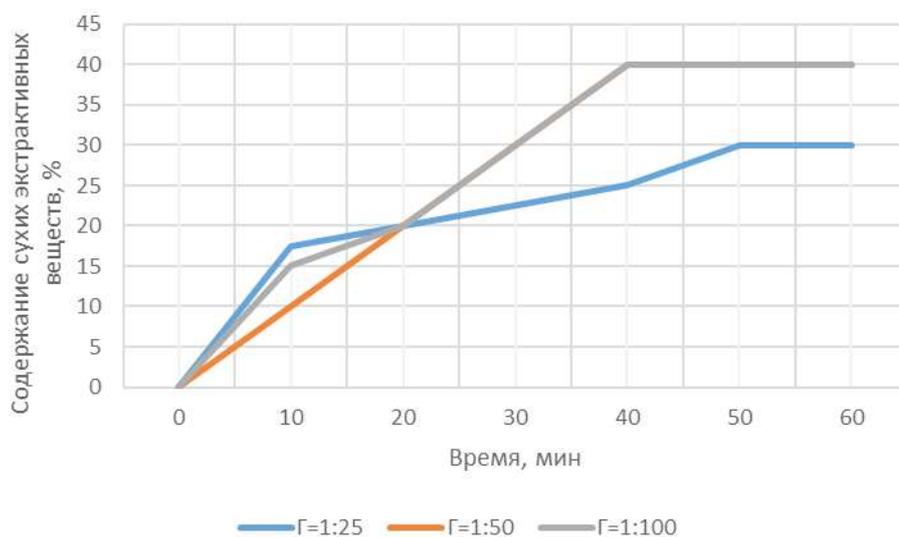
В опытах при гидромодулях 1:50 и 1:100 достигнут максимальный предел выхода СВ из сырья. В обоих случаях время, затрачиваемое на полное извлечение СВ 40 мин. Это говорит о достаточном количестве экстрагента в растворе. Однако, в этом случае проведение экстрагирования при гидромодуле 1:100 является нецелесообразным в виду большого расхода экстрагента, энергозатрат (на нагрев большего количества раствора), увеличением трудоёмкости в плане дальнейшего концентрирования экстракта.

Таким образом, процесс экстрагирования сухих растворимых веществ из шелухи лука оптимально проводить при гидромодуле 1:50. В перспективе для уточнения оптимального соотношения сырьё: экстрагент целесообразно проведение исследования при гидромодулях 1:30 и 1:40.

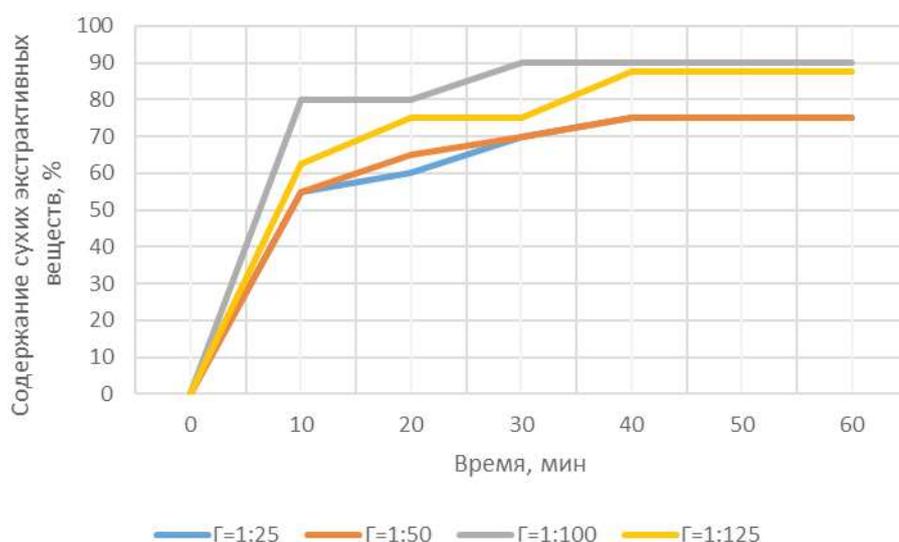
В опытах для внутренних чешуек лука при гидромодулях 1:25 и 1:50 максимальный выход СВ составлял 75 % (рис. 3). При  $\Gamma = 1:100$  выход СВ составил 90%. Из этого следует, что при меньших гидромодулях на отметке в 75% достигается равновесная концентрация экстрактивных веществ в порах и в растворителе и выход останавливается. Для исключения ошибки было проведено повторное экстрагирование при гидромоду-



**Рис. 1. Технологическая схема экспериментальной универсальной установки:** 1 – экстрактор; 2 – испаритель; 3 – нагреватель конусообразный; 4, 8, 23 – паропровод; 5, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 24 – вентиль; 6 – дистиллятор; 9 – ёмкость отбора дистиллята; 11, 21 – вакуумметр; 12 – ЖВН; 14 – ёмкость сбора дистиллята; 15 – под-регулятор с термопарой; 17 – ёмкость сбора концентрата; 18 – ёмкость сбора экстракта; 20 – ограничительная сетка



**Рис. 2.** Графики зависимостей концентрации в растворе сухих водорастворимых экстрактивных веществ от времени  $f = C(t)$  для шелухи лука при экстрагировании нагревом с помешиванием



**Рис. 3.** Графики зависимостей концентрации в растворе сухих водорастворимых экстрактивных веществ от времени  $f = C(t)$  для внутренних чешуек лука при экстрагировании нагревом с помешиванием

ле 1:100 показавшее такие же результаты, и при гидромодуле 1:125 с целью определения оптимального.

На основании проведенных экспериментов очевидно, что для внутренних чешуек лука  $\Gamma=1:100$  является оптимальным. Он позволяет обеспечить максимальный выход СВ и максимальную эффективность с точки зрения расхода экстрагента и энергоэффективности. В перспективе также возможно уточнение наиболее оптимального гидромодуля из промежутка 1:75-100.

При вакуум-импульсной экстракции внешних чешуек с гидромодулем  $\Gamma=1:50$  и внутренних с гидромодулем  $\Gamma=1:100$  получены следующие результаты (рис. 4, 5).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение вакуум-импульсного способа для экстрагирования внешних сухих чешуек лука позволяет сократить время процесса на 10 мин. Для экстрагирования внутренних чешуек данный способ позволяет за 30 мин добиться полного выхода биологически активных веществ, чего не происходит при экстрагировании с нагревом и помешиванием.

Перспективным является проведение дальнейших исследований по определению минимально необходимого времени экстрагирования и отработке технологии. Вместе с этим возможно улучшение поверхностных характеристик (износостойкости, поверхностной твердости и т.д.) полимерных деталей экстракторов армированием их высокодисперсными ферромагнитными частицами [4].



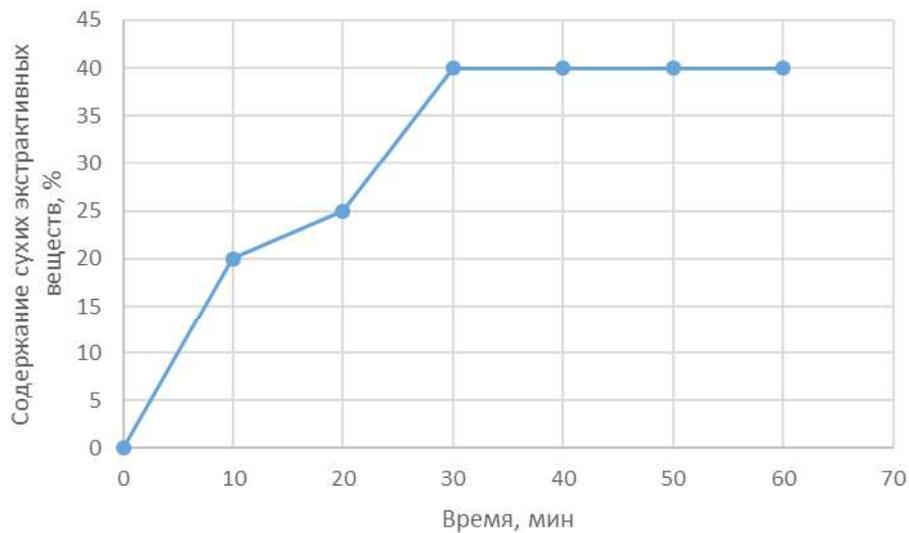


Рис. 4. Графики зависимостей концентрации в растворе сухих водорастворимых экстрактивных веществ от времени  $f = C(t)$  для внешних чешуек лука при вакуум-импульсном экстрагировании

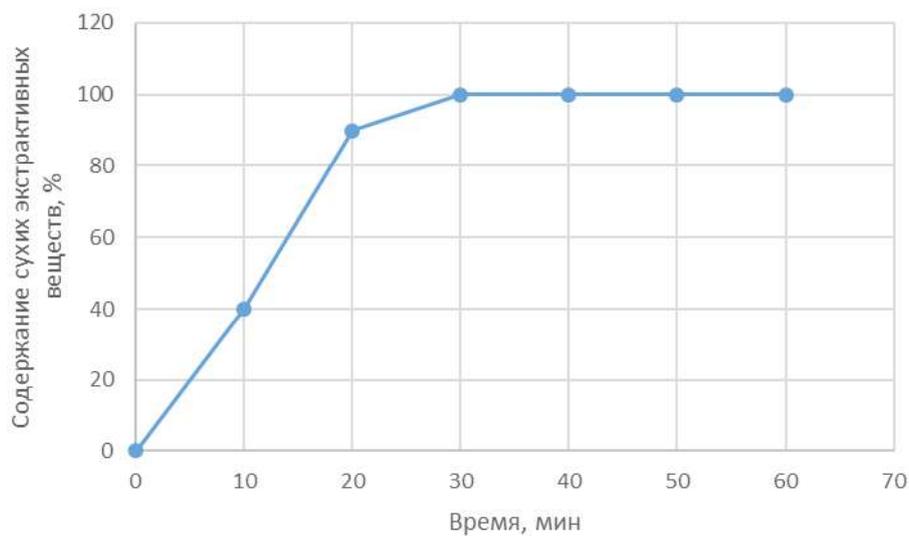


Рис. 5. Графики зависимостей концентрации в растворе сухих водорастворимых экстрактивных веществ от времени  $f = C(t)$  для внутренних чешуек лука при вакуум-импульсном экстрагировании

**Заключение.** При помощи экстрагирования можно осуществлять наиболее полную переработку репчатого лука получая вкусоароматические добавки и пищевые красители с высоким содержанием биологически активных веществ и функциональных компонентов.

На основании проведённых исследований получено, что оптимальными являются гидромодули  $\Gamma=1:50$  для внешних сухих чешуек и  $\Gamma=1:100$  для внутренних чешуек. Наиболее эффективной является вакуум-импульсная технология, при которой для внешних чешуек время процесса сокращается на 10 мин, а для внутренних за то же время происходит полный выход сухих растворимых веществ.

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ «Разработка метода магнитно-термического упрочнения полимеров ферромагнитными порошками различной дисперсности для деталей машин широкого спектра применения», конкурс «Аспиранты», 2020 г. № договора 20-33-90298/20.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Извлечение биофлавоноидов из шелухи лука в среде субкритической воды / А. В. Лекарь [и др.] // Сверхкритические флюиды: теория и практика. 2012. Т. 7. № 4. С. 4–15.
2. Кузнецова В. Ю., Кисличенко В. С. Изучение антоцианов смородины черной плодов, клюквы мелкоплодной плодов и лука репчатого шелухи методом ВЭЖХ // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2019. № 5–1(30). С. 49–52.



3. Масс-спектрометрия смесей биофлавоноидов, извлеченных из шелухи лука в среде субкритической воды / С. Н. Борисенко [и др.] // Масс-спектрометрия. 2012. Т. 9. № 2. С. 103–108.

4. Воронин Н.В., Скоморохова А.И., Филатов И.С., Родионов Ю.В., Никитин Д.В. Упрочнение металлизацией полимерных деталей машин и механизмов АПК, полученных посредством аддитивных технологий // Наука в центральной России. 2022.

5. Перспективы использования экстракта чеснока в хлебопекарной промышленности / Е. Э. Дзантиева [и др.] // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: материалы I Всерос. конф. с междунар. участием. Тамбов, 2019. С. 348–352.

6. Получение вкусоароматической добавки на основе водного экстрагирования шелухи чеснока сорта «Юбилейный Грибовский» / Г. В. Рыбин [и др.] // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 36–41.

7. Приготовление концентрированного фитопрепарата из шелухи лука репчатого *Allium cepa* с высоким содержанием биологически активных гетероциклических соединений - флавоноидов / Н. К. Жангалиев [и др.] // Проблемы научной мысли. 2017. Т. 1. № 1. С. 270–276.

8. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года / Л. М. Гохберг [и др.]. М., 2017. 140 с. ISBN 978-5-7598-1561-7.

9. Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / А. А. Гуськов [и др.] // Наука в центральной России. 2017. № 2(26). С. 32–41.

10. Упрочнение металлизацией полимерных деталей машин и механизмов АПК, полученных посредством аддитивных технологий / Н. В. Воронин [и др.] // Наука в центральной России. 2022. № 2(56). С. 125–134. DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-125-134.

11. Родионов Ю. В., Никитин Д. В., Воронин Н. В., Филатов И. С.. Исследование магнитотермического поверхностного армирования полимерных материалов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2021. № 7. С. 37–39.

#### REFERENCES

1. Extraction of bioflavonoids from onion peel in subcritical water / A. V. Lekar et al. *Supercritical fluids: theory and practice*. 2012; 7; 4: 4–15.

2. Kuznetsova V. Yu., Kislichenko V. S. HPLC study of anthocyanins in blackcurrant fruits, small-fruited cranberries and onion husks. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2019; 5–1(30): 49–52.

3. Mass spectrometry of mixtures of bioflavonoids extracted from onion peel in subcritical water / S. N. Borisenko et al. *Mass spectrometry*. 2012; 9; 2: 103–108.

4. Voronin N.V., Skomorokhova A.I., Filatov I.S., Rodionov Yu.V., Nikitin D.V. Hardening by metallization of polymer parts of machines and mechanisms of the agro-industrial complex obtained by means of additive technologies. *Science in Central Russia*. 2022.

5. Prospects for the use of garlic extract in the baking industry / E. E. Dzantjeva et al. *Import-substituting technologies and equipment for deep complex processing of agricultural raw materials: materials of I All-Russian. conf. with international participation*. Tambov, 2019: 348–352.

6. Obtaining a flavoring additive based on aqueous extraction of garlic husks of the Yubileiny Gribovsky variety / G.V. Rybin et al. *Innovative technique and technology*. 2022; 9; 2: 36–41.

7. Preparation of a concentrated phytopreparation from the onion husk *Allium sulfur* with a high content of biologically active heterocyclic compounds - flavanoids / N. K. Zhangaliev et al. *Problems of scientific thought*. 2017; 1; 1: 270–276.

8. Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030 / L. M. Gokhberg et al. Moscow, 2017. 140 p. ISBN 978-5-7598-1561-7.

9. Universal extract-evaporator plant of vegetable raw materials / A. A. Guskov et al. *Science in Central Russia*. 2017; 2(26): 32–41.

10. Hardening by metallization of polymer parts of machines and mechanisms of the agro-industrial complex obtained by means of additive technologies / N. V. Voronin et al. *Science in Central Russia*. 2022; 2(56): 125-134. DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-125-134.

11. Rodionov Yu. V., Nikitin D. V., Voronin N. V., Filatov I. S. Investigation of magnetothermal surface reinforcement of polymeric materials. *Chemical and oil and gas engineering*. 2021; 7: 37–39.

*Статья поступила в редакцию 6.06.2022; одобрена после рецензирования 22.06.2022; принята к публикации 12.07.2022. The article was submitted 6.06.2022; approved after reviewing 22.06.2022; accepted for publication 12.06.2022.*

