

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПОТЕРЬ

*Н.В. Науменко¹, В.В. Ботвинникова², Л.П. Нилова³,
А.А. Сергеев¹, Е.Е. Науменко¹, Д.С. Степанова¹*

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

² Испытательная лаборатория Тест-Пушино, Московская область, г. Пушкино

³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия

В статье рассматриваются возможности минимизации продовольственных потерь при переработке такой культуры, как яблоки. Данная культура занимает ведущее место по объему возделывания как в Российской Федерации, так и в мире в целом. На сегодняшний день объемы производства яблок активно наращиваются, что обуславливает необходимость развития экотехнологий в области переработки данного вида сырья и его основных составных элементов. В статье представлены данные по возможным потерям, возникающим в процессе традиционного производства яблочного сока и его концентратов. При этом приведена сравнительная характеристика значений показателей качества (титруемая кислотность в пересчете на яблочную кислоту, массовая доля общего сахара, массовая доля пектина и антиоксидантная активность) отдельных составных частей представленных образцов. Установлено, что антиоксидантная активность для сока ($3,37 \pm 0,25$ мг Ак/мл) и полученного жмыха ($0,23 \pm 0,15$ мг Ак/мл) из мезокарпия (мякоти) несколько ниже, чем у соответствующих образцов из остальных структурных элементов яблок (сок $4,47 \pm 0,20$ мг Ак/мл, жмых $1,44 \pm 0,15$ мг Ак/мл). Проведенные исследования доказывают возможность использования жмыха после процесса производства яблочного сока и его концентратов в качестве источника антиоксидантов, пектиновых веществ и пищевых волокон. В качестве одного из методов извлечения данных сырьевых ингредиентов в статье предлагается использование ультразвукового воздействия. Данный технологический прием позволяет повысить антиоксидантную активность водных экстрактов из жмыха в 2–2,5 раза и сократить скорость экстракции биологически активных веществ.

Ключевые слова: продовольственные потери, экотехнологии, пищевые продукты, яблоки.

Введение

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) в структуре мировой плодородческой отрасли значительная доля приходится на производство такой культуры, как яблоки [7]. На сегодняшний день 51 страна в мире успешно их выращивает и в среднем получает урожай более 200 тыс. тонн в год.

Данная культура имеет значительное разнообразие сортов и видов, активно возделывается на территории России, что обусловлено возможностью выращивания в различных климатических условиях. Всемирная популярность плодов, вызванная простотой возделывания, транспортирования и хранения способствует наращиванию объемов производства, что обуславливает актуальность поиска новых экотехнологий переработки культуры, направленной на максимальное извлечение

пищевых ингредиентов и минимизацию продовольственных потерь [1–5].

На сегодняшний день как в России, так и в мире большинство полученного урожая потребляются в виде свежих фруктов, а 25–30 % перерабатываются в продукты переработки, причем основным продуктом является концентрат яблочного сока (65 %) [4]. При этом после отжима яблочного сока образуется большое количество побочных продуктов, а именно жмыха, который составляет примерно 25 % от веса свежих яблок [10].

В последние годы рядом авторов был описан широкий спектр применения яблочного жмыха:

– для производства кормов животных, извлечение пектина [11];

– для экстрагирования биологически активных веществ [4, 12, 14] и получения новых продуктов с высокой добавленной стоимостью;

– для получения ферментов, органических кислот и биотоплива [10, 11].

Развитие вышеуказанных направлений в мировом масштабе приобрело наибольшую актуальность в связи с введением в действие в странах Европейского союза [7, 8, 9] новых ужесточенных экологических правил утилизации промышленных отходов, что положило начало развитию технологий переработки побочных продуктов производства.

В последнее время авторами [4, 6, 14, 16] подчеркивается, что повторное использование агропромышленных отходов и побочных продуктов стало экологически безопасным процессом в условиях использования концепции безопасных технологий (экотехнологий) [12]. Yates, Seguí Gil и Fito Mauroey [13, 15, 16] в своих исследованиях подчеркивают важность применения методики подхода множественной оценки отходов пищевой промышленности (в частности при переработке яблок) с комплексным использованием яблочного жмыха [14, 15] и интегрированной оценке стоимости образующихся отходов [11].

Целью данного исследования является установление возможности использования экотехнологий для минимизации продовольственных потерь при переработке яблок и извлечения биологически активных веществ.

Объекты и методы исследований

Для установления возможности минимизации продовольственных потерь при переработке яблок и извлечения биологически активных веществ был определен образец яблок:

– помологический сорт яблок «Мельба» ((Melba), также «Мелба», «Лазурное», выращенный на территории Уральского региона, урожай 2020 года. Данный сорт выращивается в России в девяти регионах (от Восточно-Сибирского до Северо-Кавказского). Поздне-летний или раннеосенний сорт. Отбор проб проводился согласно ГОСТ 34314-2017.

Плоды крупные, некоторые экземпляры достигали 150–190 граммов. Все образцы относились к группе А, имели первый товарный сорт (1/2 площадь поверхности красной окраски). Плоды чистые, целые, без повреждений и излишней внешней влажности, с характерным кисло-сладким вкусом и карамельным запахом, мякоть сочная, белого цвета, технической или потребительской степени зрелости, соответствуют требованиям ГОСТ 34314-2017.

Для определения общего количества сахаров использовали титриметрический метод согласно ГОСТ 8756.13-87.

Титруемую кислотность исследуемых образцов определяли титриметрическим методом согласно ГОСТ ISO 750-2013.

Для определения антиоксидантной активности яблочного сока и жмыха был использован электрохимический метод кулонометрического титрования с применением универсального прецизионного кулонометра «Эксперт-006 антиоксиданты».

Все измерения проводились в трехкратной параллельной повторности. Статистическая обработка результатов проводилась при вероятности 0,95.

Результаты и их обсуждение

Хотя на практике редки случаи использования технологий, подразумевающих разделение основных структурных элементов яблок при получении мезги, нашей задачей являлось установление возможности и целесообразности использования оставшегося жмыха в дальнейшей переработке. Сок извлекался из мезги отдельных структурных элементов яблок за счет воздействия центробежной силы. Прессово-экстракционный способ при получении сока в исследовании не рассматривался.

На начальном этапе исследований был определен фракционный состав яблок в зависимости от содержания в них структурных элементов (рис. 1).

Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что отдельные структурные элементы, такие как экзокарпий, эндокарпий, сердцевина и чашелистики суммарно составляют 25 % от общей массы яблок и представляют интерес для поиска новых экотехнологий, так как в при переработке сырья они используются в редких случаях и представляют собой основную составляющую жмыха, не используемого в дальнейшем. Также необходимо выделить такие составные части яблок, как семена и плодоножки (3 %), которые на сегодняшний день могут стать потенциальным сырьевым компонентом в производстве биоразлагаемой посуды, строительных материалов и других элементов быта натурального происхождения.

При проведении дальнейших исследований образцов яблок были выделены следующие образцы (рис. 2).



Рис. 1. Графическая схема соотношения фракционного состава структурных элементов исследуемых образцов яблок



Рис. 2. Объем полученного продукта из составных частей исследуемых образцов яблок

Суммарный объем жмыха после получения сока составил $(30,5 \pm 1,3) \%$. Данный сырьевой ингредиент может быть использован в качестве источника антиоксидантов, пектиновых веществ и других ценных сырьевых ингредиентов. Результаты определения физико-химических показателей, представленные на рис. 3, позволяют сказать, что значения показателей титруемой кислотности и массовой доли общего сахара незначительно варьируются в зависимости от структурных элементов. Тогда как массовая доля пектина для жмыха, полученного из структурных элементов яблок, имела значения в 1,5–2,2 раз превышающие все остальные образцы, что свидетельствует о перспективности данного сырья в получении нерастворимого в воде протопектина и растворимого пектина.

Результаты определения антиоксидантной активности исследуемых образцов, представленные на рис. 4, позволяют сказать, что значения данного показателя сока и полученного жмыха из мезокарпия (мякоти) несколько ниже, чем у соответствующих образцов из остальных структурных элементов.

Проведенный авторами комплекс исследований по применению экотехнологий, в частности, ультразвукового воздействия, свидетельствует о повышении значений антиокси-

дантной активности водных вытяжек, полученных данным способом воздействия, полученные значения в 2–2,5 раза выше контрольных образцов, что позволяет предложить данный технологический подход для интенсификации процесса экстракции биологически активных веществ.

Таким образом, ввиду высокого процента возникновения продовольственных потерь при переработке плодородческой продукции, в частности при переработке яблок, можно предложить один из подходов в сегменте экотехнологий, основанный на использовании ультразвукового воздействия, который позволит интенсифицировать процесс экстракции биологически активных веществ из получаемого жмыха.

Литература

1. Вяткин А.В., Чугунова О.В. Напитки антиоксидантной направленности как метод борьбы с окислительным стрессом // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2016. – Т. 6, № 4(19). – С. 119–126.

2. Изучение технологических свойств и перспективных способов консервирования отечественного плодового сырья / А.А. Саблина, С.А. Елисеева, Ю.А. Иващенко [и др.] // Неделя науки СПбПУ: мат-лы науч. конф. с

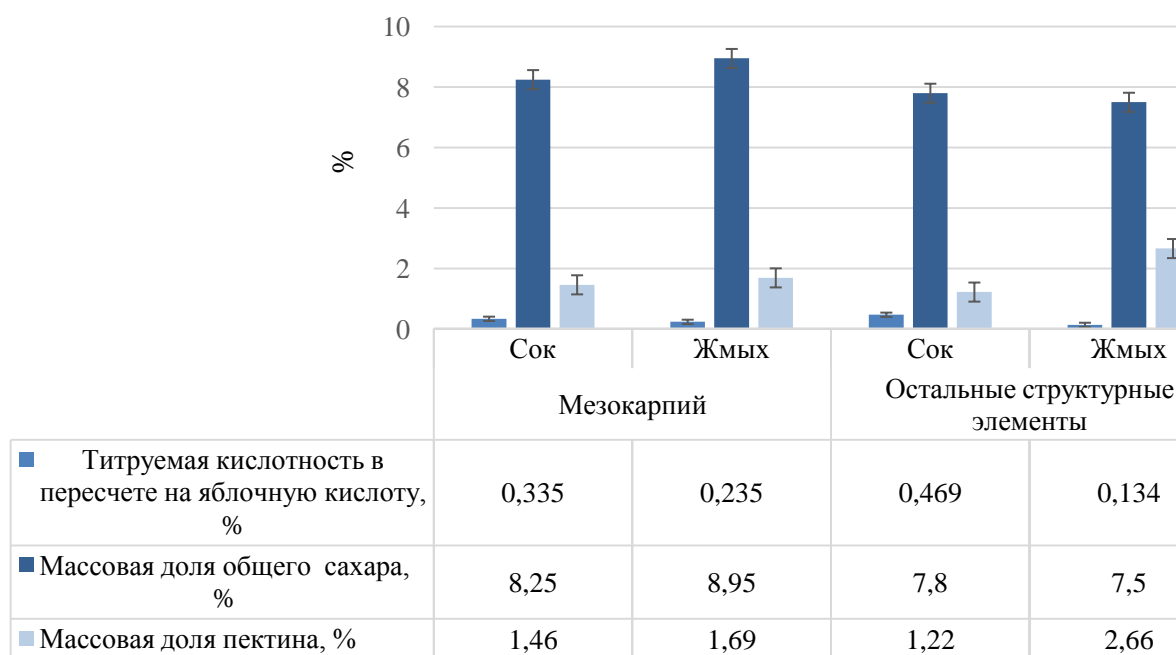


Рис. 3. Результаты определения физико-химических показателей исследуемых образцов структурных элементов яблок

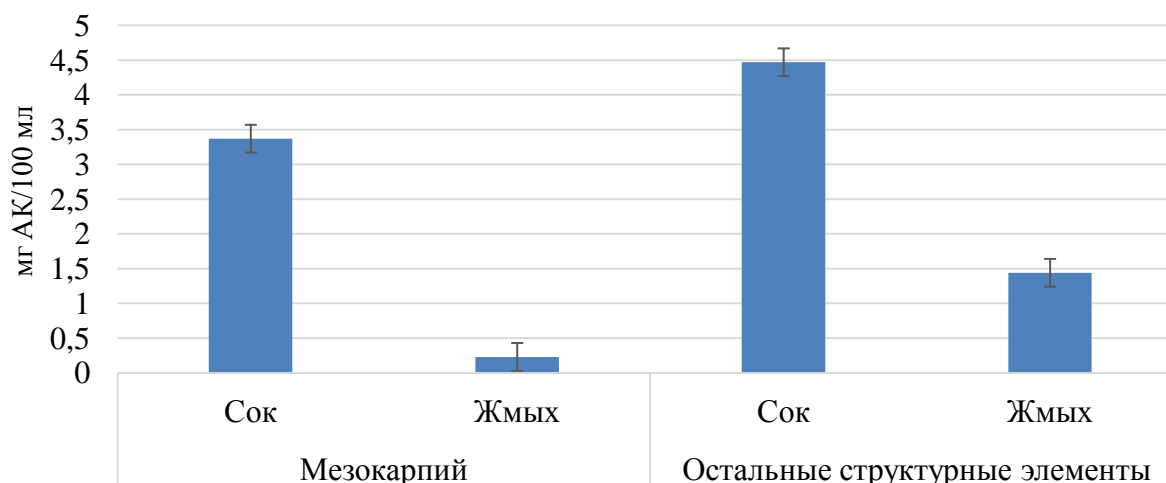


Рис. 4. Результаты определения антиоксидантной активности исследуемых образцов структурных элементов яблок

международ. участием (19–24 ноября 2018 г.) / Высшая школа биотехнологий и пищевых технологий. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – С. 121–124.

3. Нилова Л. П., Пилипенко Т. В. Оценка антиоксидантных свойств обогащенных хлебобулочных изделий в эксперименте на лабораторных животных // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85. – № 6. – С. 39–47.

4. Саблина А.А., Елисеева С.А. Использование сушеного фруктово-плодового сырья при разработке продукции здорового питания // Технологии и продукты здорового питания: мат-лы X Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию кафедры «Технологии продуктов питания», 100-летию факультета ветеринарной медицины пищевых и биотехнологий / под ред. И.В. Симаковой. – Саратов, 2018. – С. 68–72.

5. Соболев И.В. Влияние технологической обработки на сохраняемость пектиновых веществ растительного сырья // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 1. – С. 167–172.

6. Bhushan, S. Processing of apple pomace for bioactive molecules / S. Bhushan, K. Kalia, M. Sharma, B. Singh, P.S. Ahuja // Crit. Rev. Biotechnol., 28 (2008), pp. 285–296.

7. European Commission Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe COM (2012) (212) 60 final

8. European Fruit Juice Association Market Report, AIJN – Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union, Brussels (2014)

9. FAO STAT FAO Statistical Database (2017) <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

10. Huebner, M. Retentate-waste or a valuable product? New solutions / M. Huebner, M. Kienzle // Food Process, 12 (2001), pp. 358–363.

11. Mirabella, N. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review / N. Mirabella, V. Castellani, S. Sala // J. Clean. Prod., 65 (2014), pp. 28–41.

12. O'Shea, N. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products / N. O'Shea, E.K. Arendt, E. Gallagher // Innovat. Food Sci. Emerg. Technol., 16 (2012), pp. 1–10.

13. Seguí Gil, L. An integrated approach for pineapple waste valorisation. Bioethanol production and bromelain extraction from pineapple residues / L. Seguí Gil, P. Fito Maupoey // J. Clean. Prod., 172 (2018), pp. 1224–1231.

14. Singleton, V.L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-Phosphotungstic acid reagents / V.L. Singleton, J.A. Rossi // Am. J. Enol. Vitic., 16 (1965), pp. 144–158.

15. United States Department of Agriculture Citrus: World Markets and Trade, United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service, Office of Global Analysis, Washington, DC (2016).

16. Yates, M. MultivalORIZATION of apple pomace towards materials and chemicals. Waste to wealth / M. Yates, M.R. Gomez, M.A. Martin-Luengo, V.Z. Ibañez, A.M. Martinez Serrano // J. Clean. Prod., 143 (2017), pp. 847–853.

Науменко Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), Naumenko_natalya@mail.ru

Ботвинникова Валентина Викторовна, кандидат технических наук, менеджер по качеству «Испытательная лаборатория Тест-Пушино» (Московская область, г. Пушкино), valens_b@mail.ru

Нилова Людмила Павловна, кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы товароведения и сервиса Института промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), nilova_l_p@mail.ru

Сергеев Анатолий Анатольевич, студент кафедры пищевых и биотехнологий направления подготовки 19.04.01, группа МБ-205, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск).

Науменко Екатерина Евгеньевна, студент кафедры инфокоммуникационных технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), 9193122375@mail.ru

Степанова Дарья Сергеевна, студент кафедры пищевых и биотехнологий направления подготовки 19.04.01, группа МБ-205, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск).

Поступила в редакцию 16 мая 2020 г.

DOI: 10.14529/food200409

MINIMIZATION OF FOOD LOSSES WITH ECOTECHNOLOGY APPROACHES BEING USED

**N.V. Naumenko¹, V.V. Botvinnikova², L.P. Nilova³,
A.A. Sergeev¹, E.E. Naumenko¹, D.S. Stepanova¹**

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

² FL Test-Pushchino LLC, Moscow Region, Pushchino, Russian Federation

³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

The article analyses the approaches of minimizing food losses in processing such a growth as apples. This growth occupies a leading place in volumes of cultivation both in the Russian Federation and in the world in common. Possible losses arising in the process of traditional production of apple juice and its concentrates data presented. A comparative characteristic of the values of quality indicators (titratable acidity in terms of malic acid, mass fraction of total sugar, mass fraction of pectin and antioxidant activity) of variety components of the presented samples was provided. It has been found that antioxidant activity for juice (3.37 ± 0.25 mg Ak/ml), for received apple leavings (0.23 ± 0.15 mg Ak/ml) from the mesocarp (pulp) is decreased in comparison with the corresponding samples from the rest of the structural elements of apples (juice 4.47 ± 0.20 mg AA/ml, apple leavings 1.44 ± 0.15 mg AA/ml). The data obtained is showed the possibility of using apple leavings after the process of producing apple juice and its concentrates as a source of antioxidants, pectin and dietary fibers. As one of the methods for extracting these raw ingredients, the article represented the use of ultrasonic exposure. This technological method allowed to increase the antioxidant activity of water extracts from apple leavings in 2–2.5 times and reduced the rate of extraction of biologically active substances.

Keywords: food losses, ecotechnology, food products, apples.

References

1. Vyatkin A.V., Chugunova O.V. [Antioxidant drinks as a method of combating oxidative stress]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology], 2016, vol. 6, no. 4(19), pp. 119–126. (in Russ.)
2. Sablina A.A., Eliseeva S.A., Ivashchenko Yu.A. et al. [Study of technological properties and promising methods of conservation of domestic fruit raw materials]. *Nedelya nauki SPbPU: mat-ly nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem (19–24 noyabrya 2018 g.)* [SPbPU Science Week: Proceedings of a Scientific Conference with International Participation (November 19–24, 2018)]. St. Petersburg, 2018, pp. 121–124. (in Russ.)
3. Nilova L.P., Pilipenko T.V. [Evaluation of antioxidant properties of enriched bakery products in an experiment on laboratory animals]. *Voprosy pitaniya* [Questions of nutrition], 2016, vol. 85, no. 6, pp. 39–47. (in Russ.)
4. Sablina A.A., Eliseeva S.A. [The use of dried fruit and fruit raw materials in the development of healthy food products]. *Tekhnologii i produkty zdorovogo pitaniya: mat-ly X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 20-letiyu kafedry «Tekhnologii produktov pitaniya», 100-letiyu fakul'teta veterinarnoy meditsiny pishchevykh i biotekhnologiy* [Technologies and healthy food products: materials of the X Intern. scientific and practical conference dedicated. 20th anniversary of the Department of Food Technology, 100th anniversary of the Faculty of Veterinary Medicine, Food and Biotechnology]. Saratov, 2018, pp. 68–72. (in Russ.)
5. Sobol' I.V. [Influence of technological processing on the preservation of pectin substances of plant raw materials]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasGAU], 2019, no. 1, pp. 167–172. (in Russ.)
6. Bhushan S., Kalia K., Sharma M., Singh B., Ahuja P.S. Processing of apple pomace for bioactive molecules. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 28 (2008), pp. 285–296. DOI: 10.1080/07388550802368895
7. *European Commission Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe COM*, 2012, (212) 60 final.
8. *European Fruit Juice Association Market Report, AIJN – Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union*, Brussels, 2014.
9. *FAO STAT FAO Statistical Database*, 2017. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
10. Huebner M., Kienzle M. Retentate-waste or a valuable product? New solutions. *Food Process*, 2001, vol. 12, pp. 358–363.
11. Mirabella N., Castellani V., Sala S. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *J. Clean. Prod.*, 2014, vol. 65, pp. 28–41. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.10.051
12. O'Shea N., Arendt E.K., Gallagher E. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2012, vol. 16, pp. 1–10.
13. Seguí Gil L., Fito Maupoey P. An integrated approach for pineapple waste valorisation. Bioethanol production and bromelain extraction from pineapple residues. *J. Clean. Prod.*, 2018, vol. 172, pp. 1224–1231. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.10.284
14. Singleton, V.L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-Phosphotungstic acid reagents / V.L. Singleton, J.A. Rossi // *Am. J. Enol. Vitic.*, 16 (1965), pp. 144–158.
15. *United States Department of Agriculture Citrus: World Markets and Trade*, United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service, Office of Global Analysis, Washington, DC, 2016.
16. Yates M., Gomez M.R., Martin-Luengo M.A., Ibañez V.Z., Martinez Serrano A.M. MultivalORIZATION of apple pomace towards materials and chemicals. Waste to wealth. *J. Clean. Prod.*, 2017, vol. 143, pp. 847–853. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.036

Natalia V. Naumenko, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Naumenko_natalya@mail.ru

Valentina V. Botvinnikova, Candidate of Technical Sciences, Quality Manager, FL Test-Pushchino LLC, Puschino, valens_b@mail.ru

Lyudmila P. Nilova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Higher school of service and trade, Institute of Industrial Management, economics and trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic university (St. Petersburg), nilova_l_p@mail.ru

Anatoly A. Sergeev, student of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, program 19.04.01, MB-205 group, Chelyabinsk, ds-ilenka@mail.ru

Ekaterina E. Naumenko, Bachelor's Degree student at the Department of Information and Communications Technologies, South Ural State University, Chelyabinsk, 9193122375@mail.ru

Daria S. Stepanova, student of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, program 19.04.01, MB-205 group, Chelyabinsk, ds-ilenka@mail.ru

Received May 16, 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Возможности использования экотехнологий для минимизации продовольственных потерь / Н.В. Науменко, В.В. Ботвинникова, Л.П. Нилова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 4. – С. 69–76. DOI: 10.14529/food200409

FOR CITATION

Naumenko N.V., Botvinnikova V.V., Nilova L.P., Sergeev A.A., Naumenko E.E., Stepanova D.S. Minimization of Food Losses with Ecotechnology Approaches Being Used. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 69–76. (in Russ.) DOI: 10.14529/food200409