

О возможности применения биологически активных веществ кору осины в пивоварении

Алина А. Войцеховская	¹	voyc_alina@mail.ru
Татьяна М. Панова	¹	ptm55@yandex.ru
Юрий Л. Юрьев	¹	charekat@mail.ru

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37/5, г. Екатеринбург, 620100, Россия

Реферат. Комплексное использование биомассы осины способно обеспечить эффективное развитие лесной и лесоперерабатывающей промышленности, снизить долю отходов. Из коры осины нами получены водные и водно-спиртовые экстракты, содержащие комплекс экстрактивных веществ, обладающих биологической активностью и представляющих практически все классы органических соединений, встречающихся в растениях (витамины, ферменты, белки, жиры, эфирные масла и др.). В качестве сырья использовали измельченную кору осины с влажностью 5% и эквивалентным диаметром частиц 2 мм. Экстрагенты – вода дистиллированная и водно-спиртовой раствор 1:1. Условия экстрагирования: гидромодуль – 10 г/г, температура – 40°C, частота ультразвука – 44 кГц. Изучено влияние водно-спиртовых экстрактов на процесс ферментации сахарозы пивными дрожжами S-33. Показана целесообразность использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% от питательной среды. При этом возрастает бродительная активность дрожжей, снижается расход сахара на побочные процессы ферментации, экономический коэффициент, показывающий выход этанола из единицы субстрата, увеличивается на 5,5% в сравнении с контролем. Рассчитаны кинетические характеристики процесса ферментации. Максимальные удельные скорости роста дрожжей и потребления сахара наблюдаются в случае использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% и составляют 0,0052 ч⁻¹ и 0,049 г/(г·ч), соответственно. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% от питательной среды. При этом возрастает бродительная активность дрожжей, снижается расход сахара на побочные процессы ферментации, экономический коэффициент, показывающий выход этанола из единицы субстрата, увеличивается на 5,5% в сравнении с контролем. Промышленное использование данного экстракта в производстве пива позволит сократить продолжительность главного брожения на 1 сутки, увеличить производительность бродительного отделения и снизить удельные нормы расхода энергоресурсов.

Ключевые слова: кора осины, экстракт, биологически активные вещества, ферментация, производства пива

On the possibility of using biologically active substances of aspen bark in brewing

Alina A. Voytsekhovskaya	¹	voyc_alina@mail.ru
Tatyana M. Panova	¹	ptm55@yandex.ru
Yurii L. Yuriev	¹	charekat@mail.ru

¹ Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37/5 Ekaterinburg, 620100, Russia

Summary. The integrated use of aspen biomass can ensure the effective development of forestry and timber processing industries, reduce the share of waste. From the bark of aspen we obtained aqueous and water-alcohol extracts containing a complex of extractive substances possessing biological activity and representing practically all classes of organic compounds found in plants (vitamins, enzymes, proteins, fats, essential oils, etc.). As a raw material, a crushed aspen bark with a moisture content of 5% and an equivalent particle diameter of 2 mm was used. Extractants – water distilled and water-alcoholic solution 1:1. Extraction conditions: hydromodule – 10 g/g, temperature – 40°C, ultrasound frequency – 44 kHz. The effect of water-alcohol extracts on the fermentation of sucrose by beer yeast S-33 was studied. The expediency of using water-alcohol extract of aspen cortex at a dosage of 1% of the nutrient medium is shown. At the same time ferment activity of yeast increases, sugar consumption decreases by the side processes of fermentation, the economic coefficient showing the yield of ethanol from a unit of substrate is increased by 5,5% in comparison with the control. The kinetic characteristics of the fermentation process are calculated. The maximum specific growth rates of yeast and sugar consumption are observed when using water-alcohol extract of bark of aspen at a dosage of 1% and are 0,0052 h⁻¹ and 0,049 g/(g·h), respectively. On the basis of the conducted studies, it can be concluded that the water-alcohol extract of the aspen bark should be used at a dosage of 1% of the nutrient medium. At the same time ferment activity of yeast increases, sugar consumption decreases by the side processes of fermentation, the economic coefficient showing the yield of ethanol from a unit of substrate is increased by 5,5% in comparison with the control. Industrial use of this extract in the production of beer will shorten the duration of the main fermentation for 1 day, increase the capacity of the fermentation unit and reduce the specific rates of energy consumption.

Keywords: aspen bark, extract, biologically active substances, fermentation, beer production

Введение

Осина (*Populus tremula L.*) относится к семейству ивовых *Salicaceae Lindl.*, входит в род тополиные *Populus L.*, порядку ивоцветные *Salicales Lindl.*, подклассу первично покровные *Archichlamydeae Engl.* и классу двусемядольные *Dicotyledoneae Dc.*

Для цитирования

Войцеховская А.А., Панова Т.М., Юрьев Ю.Л. О возможности применения биологически активных веществ коры осины в пивоварении // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 148–152. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-148-152

Осина является одной из быстрорастущих и неприхотливых древесных пород умеренного пояса разных стран мира. Среди лиственных пород древесины, произрастающих в России, по величине запасов (более 1,6 млрд. м³) осина занимает второе место после берёзы.

For citation

Vojcehovskaja A.A., Panova T.M., Yur'ev Yu.L. On the possibility of using biologically active substances of aspen bark in brewing. *Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]*. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 148–152. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-148-152

На предприятиях целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности древесная кора скапливается в больших количествах. Кора – это одна из самых важных частей дерева. К ее важнейшим функциям относятся такие как запасающая, защитная, проводящая и опорная. Объемная доля коры составляет от 7 до 25% в зависимости от древесной породы. В различных технологиях по переработке древесины на стадии окорки, отходы коры достигают 15% от перерабатываемой древесины, так как пока не находят рационального применения. Следовательно, изучение химического состава природных биоконплексов, выделяемых из этого сырья различными растворителями, а также применение получаемых экстрактов, имеет практическую ценность при создании технологических процессов переработки этого крупнотоннажного сырья [1, 2].

В настоящее время кора осины находит широкое применение в фармакологии и медицине [3, 4]. Кора осины обладает противовоспалительным, противомикробным, гастропротекторным и противоязвенным действиями. В народной медицине отвар из осинового коры применяют как лечебное средство при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, при кашле и простудных заболеваниях, болезнях мочевого пузыря, при желтухе, используют его наружно для лечения ожогов, различных кожных заболеваний, в том числе и экзем, а также заболеваний суставов и радикулитов [5–11].

Фракции фенолгликозидов и флавоноидов, выделенные из спиртового экстракта проявляют противоязвенную активность – снижают распространенность язвенного процесса на 40 и 50%, соответственно. Для получения данных препаратов использовался экстракт, полученный при экстракции коры осины 40% этанолом [12, 13].

Наиболее важным фактором, определяющим свойства и направления использования коры осины, является ее химический состав. Кора содержит комплекс экстрактивных веществ, обладающих биологической активностью и представляющих практически все классы органических соединений, встречающихся в растениях (витамины, ферменты, белки, жиры, эфирные масла и др.).

Ранее на кафедре химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов УГЛУ изучалось влияние биологически активных веществ коры осины на культивирование пивных дрожжей [14].

Цель работы – изучение влияния экстракта БАВ коры осины на ферментацию пивных дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae* S-33.

Материалы и методы

На первом этапе нами были получены экстракты коры осины. В качестве экстрагентов использовали воду и водно-спиртовой раствор 1:1.

Условия экстрагирования: гидромодуль – 10 г/г, температура – 40 °С, частота ультразвука – 44 кГц.

На втором этапе работы нами исследовано влияние дозировки внесения водно-спиртового экстракта коры осины на кинетические характеристики процесса ферментации, такие как, скорости роста дрожжей, потребления субстрата и биосинтеза этилового спирта.

В качестве продуцента использовали пивные дрожжи верхового брожения Safbrew S-33 французской фирмы Fermentis. Данные дрожжи обладают пониженной сбраживающей активностью, что позволяет получить пиво с более выраженным вкусом и ароматом. Дрожжи имеют хорошую флокуляционную и седиментационную способность.

Эксперименты проводили на модифицированной синтетической среде Ридер. В качестве единственного источника углерода и энергии использовали сахарозу. Исследуемые водно-спиртовые экстракты коры осины вносились в дозировках 0,5 (проба № 1), 1,0 (проба № 2) и 1,5 (проба № 3) % от питательной среды. Ферментация проводилась периодическим способом при температуре 8–10 °С. Контролем являлась среда Ридер без добавления экстрактов. Контроль процесса ферментации осуществляли по физиологическим показателям дрожжей, содержанию мертвых и почкующихся клеток, содержанию в дрожжах гликогена. Содержание сахара и этилового спирта определяли химическими и физико-химическими методами анализа, принятыми в бродильной промышленности.

Результаты и обсуждение

Динамика накопления экстрактивных веществ в растворе представлена на рисунке 1.

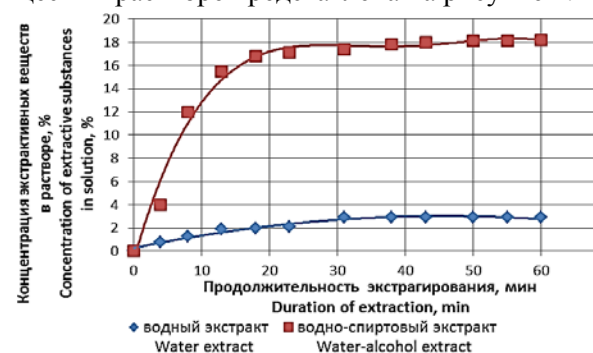


Рисунок 1. Влияние продолжительности экстрагирования коры осины на накопление экстрактивных веществ в растворе

Figure 1. Effect of the duration of extraction of aspen cortex on the accumulation of extractive substances in solution

Зависимость концентрации экстрактивных веществ коры осины в растворе от продолжительности экстрагирования описывается полиномиальными уравнениями:

– для водно-спиртового экстракта
 $y = 0,0004 x^3 - 0,0435 x^2 + 1,5911 x + 0,0459$ (1),

– для водного экстракта
 $y = -0,0013 x^2 + 0,1205 x + 0,2695$ (2).

Достоверность уравнений в обоих случаях составила 97%.

На основании результатов экстрагирования и учитывая свойства биологически активных веществ (БАВ), входящих в состав коры осины, нами рекомендовано использование водно-спиртового экстракта, содержащего комплекс БАВ, таких как: микроэлементы, гликозиды, органические кислоты, дубильные вещества, аскорбиновую кислоту, каротин, жирные кислоты, пектины и лигнаны.

На рисунке 2 представлена зависимость влияния водно-спиртовых экстрактов коры осины на рост дрожжей в процессе ферментации.

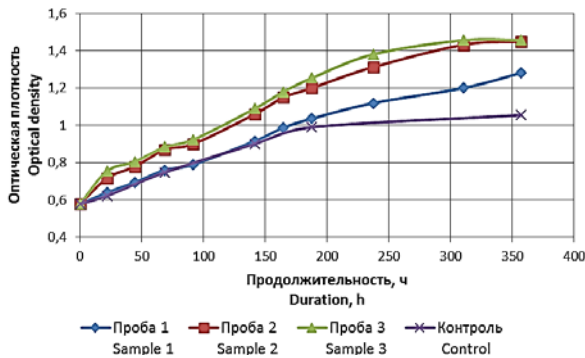


Рисунок 2. Динамика роста дрожжей в процессе ферментации

Figure 2. Dynamics of yeast growth during fermentation

Из графика видно, что в первые шесть суток ферментации рост дрожжей при концентрации водно-спиртового экстракта коры осины 0,5% происходит аналогично контролю, далее наблюдается увеличение прироста клеток, что свидетельствует о стимулирующем эффекте БАВ коры осины биосинтетических процессов при повышенном накоплении продуктов метаболизма в стационарной фазе роста культуры. Более сильный эффект наблюдается в случае использования повышенных дозировок внесения экстрактов (пробы 2 и 3).

Характер зависимости влияния дозировки внесения водно-спиртовых экстрактов коры осины на биосинтез этанола в процессе ферментации происходит аналогичным образом (рисунок 3). Увеличение интенсивности образования этанола находится в прямо пропорциональной зависимости от дозировки введения экстракта.

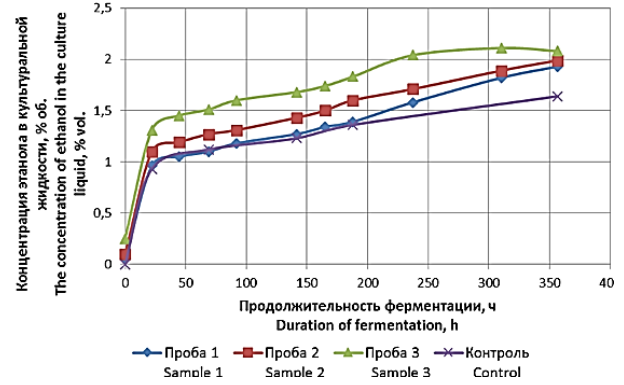


Рисунок 3. Динамика биосинтеза этанола в процессе ферментации

Figure 3. Dynamics of ethanol biosynthesis during fermentation

Одним из важных показателей спиртового брожения является бродильная активность дрожжей, которая выражается в количестве абсолютного алкоголя (см³), вырабатываемого 1 г дрожжей. Как видно из рисунка 4 максимальные значения бродильной активности дрожжей наблюдаются на вторые сутки ферментации, причем, при использовании 1%-го водно-спиртового экстракта коры осины бродильная активность дрожжей выше на 10% в сравнении с контролем (рисунок 4). Далее бродильная активность снижается, что свидетельствует о снижении содержания питательных веществ и накоплении продуктов метаболизма, ухудшающие физиологические показатели дрожжей. Данный вывод подтверждается результатами микробиологического анализа, который показал увеличение количества мертвых дрожжей и клеток, содержащих гликоген.

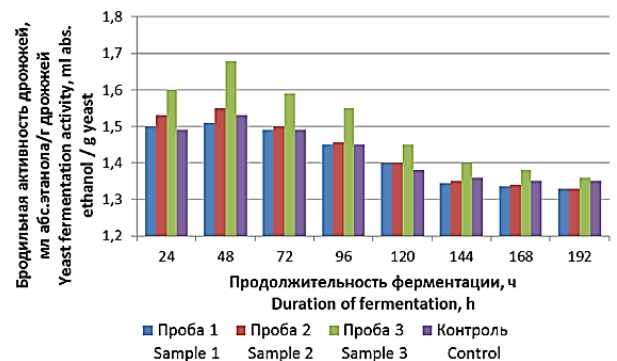


Рисунок 4. Изменение бродильной активности дрожжей в процессе ферментации

Figure 4. Change in yeast fermentation activity during fermentation

В таблице 1 представлены данные, характеризующие влияние водно-спиртовых экстрактов коры осины на кинетические и технологические характеристики процесса ферментации.

Кинетические и технологические характеристики процесса ферментации

Table 1.

Kinetic and process specifications of the fermentation

Проба Sample	Максимальная удельная скорость роста дрожжей, ч ⁻¹ The maximum specific growth rate of yeast, h ⁻¹	Максимальная удельная скорость биосинтеза этанола, г/(г×ч)* The maximum specific rate of ethanol biosynthesis, g/(g×h)*	Максимальная удельная скорость потребления сахара, г/(г×ч)* The maximum specific consumption rate of sugar, g/(g×h)*	Результаты 10-суточной ферментации The results of 10-day fermentation	
				Действительная степень сбраживания, % The actual degree of fermentation, %	Экономический коэффициент, г этанола/г сахара Economic coefficient, g ethanol/g sugar
Контроль Control	0,00145	0,042	0,025	37,4	0,355
Проба 1 (0,1%) Sample 1 (0.1%)	0,0019	0,041	0,03	38,5	0,359
Проба 2 (0,5%) Sample 2 (0.5%)	0,0042	0,045	0,032	40,1	0,365
Проба 3 (1%) Sample 3 (1%)	0,0052	0,049	0,037	43,3	0,375

Примечание: Удельные скорости потребления субстрата и биосинтеза этанола отнесены на 1 г а.с. дрожжей.
Note: Specific rates of substrate consumption and ethanol biosynthesis are attributed to 1 g of a.s. yeast.

Как видно из таблицы, максимальные удельные скорости роста дрожжей и потребления сахара наблюдаются в случае использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% и составляют 0,0052 ч⁻¹ и 0,049 г/(г×ч), соответственно. Наилучшие результаты биосинтеза этанола наблюдаются при использовании водно-спиртового экстракта коры осины в той же дозировке.

Заключение

Определены зависимости концентрации экстрактивных веществ коры осины от продолжительности экстрагирования водой и водно-спиртовым раствором.

Показано, что при использовании смеси воды и спирта в соотношении 1:1

концентрация экстракта в 6 раз выше, чем при использовании воды.

Выявлена эффективность использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% от питательной среды. При этом возрастает бродильная активность дрожжей, снижается расход сахара на побочные процессы ферментации, экономический коэффициент, показывающий выход этанола из единицы субстрата, увеличивается на 5,5% в сравнении с контролем.

При практическом применении данного экстракта в производстве пива возможно сокращение продолжительности главного брожения на 1 сутки, что позволит увеличить производительность бродильного отделения и снизить удельные нормы расхода энергоресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дайнеко И.П., Фаустова Н.М. Элементный и групповой химический состав коры и древесины осины // Химия растительного сырья. 2015. № 1. С. 51–62.
- 2 Мингажева Л.К. Исследование влияния водного экстракта коры осины на активность ферментов // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник научных трудов в 2-х томах. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2013. С. 89–91.
- 3 Krylova S.G., Turetskova V.F., Makarova O.G., Zueva E.P. Technology development and antiulcer activity of gastroretentive tablets with aspen bark dry extract // Pharmaceutical chemistry journal. 2018. № 2. P. 133–138. DOI: 10.1007/s11094–018–1778
- 4 Karpova G.V., Fomina T.I., Vetoshkina T.V., Borovskaya T.G. et al. Preclinical toxicological characterization of ecorcin // Experimental and clinical pharmacology. 2000. V. 63. № 4. P. 61–63.
- 5 Пат. № 2369380, RU, C1 A 61 K 9/06, 36/80, 36/76, 36/66, 36/28, P 29/00. Мазь, обладающая иммунопротитивоспалительным действием / Галимов О.В., Гаптракипов Э.Х., Ханов В.О. № 2008128599/15; Заявл. 14.07.2008; Оpubл. 10.10.2009; Бюл. № 28.

- 6 Пат. № 2255749, RU, C2 A 61 3 31/00. Способ лечения хронического описторхоза / Дарянина С.А., Пальцев А.И. № 2003122528/14; Заявл. 18.07.2003; Оpubл. 10.07.2005; Бюл. № 19.

- 7 Пат. № 2397775, RU, C1 A 61 K 36/76, 31/711, P 1/04. Биологически активная добавка к пище "биосинол", обладающая гастропротекторной активностью / Артамонов А.В., Бекарев А.А., Верещагин Е.И., Дыгай А.М., Ефимова Л.А., Зуева Е.П., Крылова С.Г. № 2009115235/15; Заявл. 21.04.2009; Оpubл. 27.08.2010; Бюл. № 24.

- 8 Крылова С.Г., Турецкова В.Ф., Макарова О.Г., Ефимова Л.А. и др. Сравнительное исследование противоязвенной активности экстракта коры осины сухого в различных лекарственных формах // Тихоокеанский медицинский журнал. 2015. № 2(60). С. 18–21.

- 9 Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds // J. Agric. Food Chem. 1999. V. 47. P. 3954–3962.

- 10 Кодакова М.Н., Дубишев А.В. Сравнительная оценка фармакологического эффекта растительных препаратов семейства ивовых // Медицинский вестник Башкортостана. 2009. Т 4. № 2. С. 193–196.

11 Серёгина Е.К., Фатихов И.М., Неволин Ю.С. Оценка фармакологической активности новых фармацевтических композиций, содержащих адаптогены, в условиях эксперимента // Биомедицина. 2011. Т. 1. № 4. С. 126–128.

12 Сафин Р.Г., Зиятдинова Д.Ф., Арсланова Г.Р. Экстрагирование биологически активных веществ из коры осины // Лесной вестник. 2017. Т. 21. № 2. С. 65–69. DOI: 10.18698/2542–1468–2017–2–65–69

13 Турецкова В.Ф. Изучение динамики накопления биологически активных веществ коры и побегов облепихи и коры осины по фазам вегетации // Решение актуальных задач фармации на современном этапе: тез. докл. научн. конф. 1994. С. 268–269.

14 Новоселова А.А., Евдокимова Е.В., Энениколай П.В., Панова Т.М. О возможности использования растительных биоорганических комплексов для активации пивных дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae* // Леса России и хозяйство в них. 2015. Ч. 1. С. 50–52.

REFERENCES

1 Dayneko I.P., Faustova N.M. The elemental and chemical group composition of bark and wood of aspen. *Khimiia rastitel'nogo syria* [Chemistry of vegetable raw materials] 2015. no. 1. pp. 51–62. (in Russian)

2 Mingazheva L.K. Investigation of the effect of aqueous extract of aspen bark on the activity of enzymes. *Vysokie tekhnologii v sovremennoi nauke i tekhnike sbornik nauchnykh trudov v 2 kh tomakh* [High technology in modern science and technology: collection of scientific papers in 2 volumes. National research Tomsk Polytechnic University] 2013. pp. 89–91. (in Russian)

3 Krylova S.G., Turetskova V.F., Makarova O.G., Zueva E.P. Technology development and antiulcer activity of gastroretentive tablets with aspen bark dry extract. *Pharmaceutical chemistry journal*. 2018. № 2. pp. 133–138. DOI: 10.1007/s11094–018–1778

4 Karpova G.V., Fomina T.I., Vetoshkina T.V., Borovskaya T.G. et al Preclinical toxicological characterization of ecorcin. *Experimental and clinical pharmacology*. 2000. vol. 63. no. 4. pp. 61–63.

5 Galimov O.V., Gaptrakipov E.H., Khanov V.O. Maz obladaiushchaia immunoprotivovospalitelnyim deistviem [Ointment with immuno-anti-inflammatory action] Patent RF, no. 2369380, 2009 (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алина А. Войцеховская студент, кафедра химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37/5, г. Екатеринбург, 620100, Россия, voyc_alina@mail.ru

Татьяна М. Панова старший преподаватель, кафедра химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37/5, г. Екатеринбург, 620100, Россия, ptm55@yandex.ru

Юрий Л. Юрьев д.т.н., профессор, заведующий кафедрой химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37/5, г. Екатеринбург, 620100, Россия, charekat@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Алина А. Войцеховская обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Татьяна М. Панова корректирование статьи до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Юрий Л. Юрьев консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 24.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.06.2018

6 Daryanina S.A., Pal'tsev A.I. Sposob lecheniia khronicheskogo opistorkhoza [Method of treatment of chronic opisthorchiasis] Patent RF, no. 2255749, 2005. (in Russian)

7 Artamonov A.V., Bekarev A.A., Vereschagin E.I., Dygai A.M. et al. Biologicheski aktivnaia dobavka k pishche biosinol obladaiushchaia gastroprotektornoj aktivnostiu [Biologically active additive to food "biosinol", possessing gastroprotective activity] Patent RF, no. 2397775, 2009. (in Russian)

8 Krylova S.G., Turetskova V.F., Makarov, O.G., Efimova L.A. et al. Comparative study of antiulcer activity of aspen bark extract dry in various dosage forms. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal* [Pacific medical journal] 2015. no. 2(60). pp. 18–21. (in Russian)

9 Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chem.* 1999. vol. 47. pp. 3954–3962.

10 Kodakova M.N., Dubishchev A.V. Comparative evaluation of the pharmacological effect of herbal family plant preparations. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana* [Medical Bulletin of Bashkortostan] 2009. vol 4. no. 2. pp. 193–196. (in Russian)

11 Seryogina E.K., Fatikhov I.M., Nevolin Yu.S. Evaluation of new pharmacological activity of a pharmaceutical composition comprising an adaptogen, in the experiment. *Biomeditsina* [Biomedicine] 2011. vol 1. no. 4. pp. 126–128. (in Russian)

12 Safin R.G., Ziatdinova D.F., Arslanova G.R. Extraction of biologically active substances from the bark of aspen. *Lesnoy vestnik* [Forest Herald] 2017. vol 21. no. 2. pp. 65–69. (in Russian)

13 Turetskova, V.F. Study of the dynamics of accumulation of biologically active substances of the cortex and shoots of sea buckthorn and aspen cortex by the phases of vegetation. *Reshenie aktualnykh zadach farmatsii na sovremennoe etape* [Solution of actual problems of pharmacy at the present stage: theses. doc. scientific. Conf. Research Institute of Pharmacy] 1994. pp. 268–269. (in Russian)

14 Новоселова А.А., Евдокимова Е.В., Энениколай П.В., Панова Т.М. On the possibility of using vegetable bio-organic complexes for activation beer yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. *Lesa Rossii i khoziaistvo v nikh* [Forests of Russia and their economy] 2015. part 1. pp. 50–52. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alina A. Voytsekhovskaya student, Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials Department, Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37/5 Ekaterinburg, 620100, Russia, voyc_alina@mail.ru

Tatyana M. Panova major lecturer, Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials Department, Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37/5 Ekaterinburg, 620100, Russia, ptm55@yandex.ru

Yurii L. Yuriev Dt. Sci. (Chem.), professor, Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials Department, Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37/5 Ekaterinburg, 620100, Russia, charekat@mail.ru

CONTRIBUTION

Alina A. Voytsekhovskaya review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Tatyana M. Panova correct article before filing in editing and is responsible for plagiarism

Yurii L. Yuriev consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.24.2018

ACCEPTED 6.15.2018