

**СЕЛЕНИТ НАТРИЯ КАК ИНТЕНСИФИКАТОР СОЛОДОРАЩЕНИЯ
ДЛЯ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ**

© Т.В. Кацурба, С.Н. Евстафьев, В.К. Франтенко, А.И. Дёмина

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Селенит натрия являются формой селена минерального происхождения. Научных данных об использовании селенита натрия в качестве интенсификатора солодоращения нет. С целью установления возможности использования селенита натрия для ускорения процесса солодоращения, были проведены исследования применения его водных растворов при замачивании ячменя сорта Ача. При получении солода использовался воздушно-оросительный способ замачивания. Проращивали ячмень на лабораторной мини-солодовне. В процессе эксперимента менялась степень замачивания и температура слоя зерна. Было выявлено, что при различных условиях ведения процесса замачивания и проращивания ячменя, максимальная амилолитическая активность солода наблюдалась на 4 сутки проращивания. Добавление селенита натрия вело к накоплению амилаз уже на третьи сутки проращивания. С помощью эксперимента и математического моделирования была установлена максимальная амилолитическая активность солода при использовании селенита натрия концентрацией его водного раствора 0,033 мг/л. Увеличение амилолитической активности в солоде, полученном при замачивании зерна с селенитом натрия, наблюдалось в 1,5 раза выше, по сравнению с контролем. Таким образом, исследования показали, что селенит натрия может быть использован в качестве интенсификатора солодоращения.

Ключевые слова: пивоваренный ячмень, солодоращение, амилолитическая активность, солод, селенит натрия, интенсификация солодоращения.

Формат цитирования. Кацурба Т.В., Евстафьев С.Н., Франтенко В.К., Дёмина А.И. Селенит натрия как интенсификатор солодоращения для пивоваренного ячменя // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, N 1. С. 67–73. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-67-73

SODIUM SELENITE AS AN INTENSIFIER IN THE MALTING OF BREWING BARLEY

© T.V. Katsurba, S.N. Evstaf'ev, V.K. Frantenko, A.I. Demina

¹Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov st., Irkutsk, 664074, Russian Federation

There is little scientific data on the use of sodium selenite, a mineral form of selenium, as an intensifier of malting. Therefore, this work is aimed at investigating the possibility of using sodium selenite in accelerating the malting process. To this end, barley of the Acha variety was soaked in an aqueous sodium selenite solution. The malt was obtained using the air-irrigation soaking method, with the barley being germinated in a laboratory-based malting plant. During the experiment, the degree of soaking and the temperature of the grain layer were varied. Under various conditions of barley soaking and germination, the maximum amylolytic activity of the malt was observed on the 4th day of germination. The addition of sodium selenite led to the accumulation of amylases on the 3rd day of germination. Based on the experimental data and mathematical modelling, the maximum amylolytic activity of the malt, when a sodium selenite aqueous solution with a concentration of 0.033 mg / l was used, was established. The amylolytic activity of the malt obtained by soaking barley grain with sodium selenite was shown to be 1.5 times higher than that in the reference sample. Thus, our studies have shown that sodium selenite can be used as an intensifier of the malting process.

Keywords: malting barley, malting, amylolytic activity, malt, sodium Selenite, malting intensification

For citation. Katsurba T.V., Evstaf'ev S.N., Frantenko V.K., Demina A.I. Sodium selenite as an intensifier in the malting of brewing barley. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2018, vol. 8, no. 1 pp. 67–73 (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-67-73

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в пищевой промышленности остаются актуальными вопросы снижения себестоимости и увеличения объемов производства при сохранении конкурентоспособности выпускаемой продукции. Для пивоваренной промышленности основным сырьем считается солод из двухрядного ячменя, соответствующий требованиям стандартов, имеющий выравненное крупное зерно, с экстрактивностью веществ 78–82%, энергией прорастания не менее 95%, со сниженной пленчатостью – 8–10%. Содержание белка в зерне ячменя, используемого в пивоваренных целях, не должно превышать 12%¹ [1–3]. Однако известно, что в условиях даже благоприятной для выращивания ячменя зоны в России, довольно часто складываются погодные условия, характеризующиеся воздушной и почвенной засухой, при которых формируется зерно с повышенным содержанием белка^{2,3,4} [4–6].

Особую ценность представляют исследования, направленные на изучение местных сырьевых ресурсов, дающие возможность внедрять в производство районированные сорта ценных сельско-хозяйственных культур или создавать новые технологии, позволяющие возрождать и развивать местную промышленность. В Иркутской области возможно выращивание пивоваренных сортов ячменя, пригодных для получения из них качественных солодов. Из местных районированных сортов хорошо показал себя при получении пивоваренного солода сорт Ача, который отличался более низким содержанием белка и соответствовал требованиям стандарта⁵.

По классической технологии в зависимости от сорта ячменя солодоращение проводят в течение 7–8 сут. При этом производственные ящичные солодовни разработаны с учетом перемещения зерновой массы по длине солодовни с помощью ковшовых ворошителей до отправки зеленого солода на сушку [1, 2].

Для снижения потерь при производстве солода, для ускорения процесса соложения и повышения качества зерна, существуют физические и химические способы воздействия на него. Добавление химических добавок способствует повышению ферментативной и физиологической активности, сокращению срока соложения и повышению выхода продукции из единицы сырья [2, 7].

Селенит натрия являются формой селена минерального происхождения. Он изменяет равновесие биоактивных веществ, способствует выработке в зерне селеноцистеина и глутатиона за счет поступления азотистых веществ в зародыш [8, 9]. В литературных источниках отсутствует информация об использовании селенита натрия в качестве интенсификатора солодоращения, в связи с чем, было интересно провести соответствующие исследования.

Цель – установить возможность использования селенита натрия как интенсификатора солодоращения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования являлся сорт ячменя «Ача» 2017 г., выращенный в Тулунском районе Иркутской области. Замачивание зерна проводили после очистки от грязи и пыли, удаления сорных примесей ячменя, сортировки зерна. При замачивании использовали воздушные паузы [2]. Проращивали ячмень на лабораторной мини-солодовне. Поиск оптимальных условий солодоращения проводили, меняя степень замачивания зерна от 38,3 до 43,5%, температуру в слое от 17 до 21 °С и количество кислородных пауз.

Опыт 1 – степень замачивания ячменя 38,3% при температуре 20–21 °С, с тремя кислородными паузами по 1 ч, температура в слое при проращивании – 20 °С.

Опыт 2 – степень замачивания ячменя 39,4% при температуре в первые и вторые сутки – 17 °С, в третьи – 19 °С, в четвертые и пятые –

¹ ГОСТ 5060-86. Ячмень пивоваренный. Технические условия. М: Изд-во Стандартиформ, 2010. 16 с.

GOST 5060-86. Barley malting. Specifications. M: Publishing house of Standartinform, 2010. 16 p.

²Гребенщиков В.Ю. Влияние уровней минерального питания на продуктивность и качество зерна ячменя на светло-серой лесной почве лесостепи Присяянья, дис...канд. биол. наук. 06.01.04. Улан-Удэ, 2000. 148 с.

Grebenshchikov V.Yu. Effect of mineral nutrition level on yield and grain quality of barley on a light gray forest soil forest-steppe of the prisayan, dis...kand.b.N. 06.01.04. Ulan-Ude, 2000, 148 p.

³Дериглазова Г.М. Формирование урожайности ячменя и его качества на склоновых землях ле-

состепи ЦЧЗ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Курск, 2005. 20 с.

Deriglazova, G. M. Formation of increase of barley yield and its quality on sloping lands forest CCZ : author. dis. kand. agricultural Sciences: 06.01.01. Kursk, 2005. 20 С.

⁴Бобков, А.А. Влияние агрофона на углеводно-амилазный комплекс пивоваренного ячменя: дис. ... канд. техн. наук. М., 2008. С. 134.

⁵ Гайда В.К. Антиоксиданты и окислительные процессы при производстве пивоваренного солода: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.23.Иркутск, 2008. 150 с.

Gaida V.K. Antioxidants and oxidative processes in the production of brewing malt: avtoref. dis. ... cand. Biol. Sciences: 03.00.23. Irkutsk, 2008, 150 p.

20 °С, замачивание проводилось с тремя кислородными паузами по 1 ч, температура в слое при проращивании – 20 °С.

Опыт 3 – степень замачивания ячменя 43,1% при температуре 20–21 °С, с пятью кислородными паузами по 1 ч, температура в слое зерна составляла 17–20 °С.

Опыт 4 – степень замачивания ячменя 43,5% при температуре 20 °С, с пятью кислородными паузами по 1 ч, температура в слое зерна составляла в первые и вторые сутки – 17 °С, в третьи – 19 °С, в четвертые и пятые – 20 °С.

Активность амилолитических ферментов определяли по методу Виндиша – Кольбаха [3].

Исследования качественных характеристик ячменя (таблица) проводили по стандартным методикам⁶ [3].

Для математического моделирования использовали встроенный в *Microsoft Excel 2010* пакет анализа данных, методы корреляционного и регрессионного анализа⁷ [10].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенные исследования качественных характеристик ячменя показали, что согласно ГОСТ 5060-86, сорт «Ача» соответствует требованиям I класса (таблица). В результате проведения эксперимента в первом и втором опыте

Характеристики ячменя сорта Ача 2017 г.

Characteristics of barley varieties Acha 2017 g.

Технологические требования качества	Требования ГОСТ	Показатели зерна ячменя Ача
Цвет оболочки	I класс – светло-желтый или желтый II класс – от светлого до серовато-желтого	Светло-жёлтый
Запах	Свойственный нормальному зерну, без посторонних запахов	Нормальный, без посторонних запахов
Состояние	Здоровый, негреющийся	Здоровый
Влажность, %	I класс – не более 15, II класс – не более 15,5	12
Белок, %	не более 12	10,4
Содержание сорной примеси:	I класс – не более 1%, II класс – не более 2%, 0,2%	0,7 – –
вредная зерновая	I класс – до 2% II класс – до 5%	1,8 –
Крупность, %	I класс – не менее 85 II класс – не менее 60 (сход с сита 2,5×20 мм)	– 77
Мелкие зерна, %	I класс – не более 5 II класс – не более 7	4,3 –
Масса 1000 зерен, г	40	41,1
Зараженность вредителями	Не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени	нет
Жизнеспособность (после 45 дней после уборки), %	Не менее 95	98
Способность и энергия прорастания (после 45 дней после уборки), %	I класс – не менее 95 II класс – не менее 90	96
Содержание крахмала, %	60–70	63
Экстрактивность солода, %	78–82	78
Пленчатость, %	не более 9	7,6

⁶ГОСТ 5060-86. Ячмень пивоваренный. Технические условия. М: Изд-во Стандартиформ, 2010. 16 с.

GOST 5060-86. Barley malting. Specifications. M: publishing house of STANDARTINFORM, 2010. 16 p.

⁷Ишханян М.В. Математическое моделирование: учеб. пособие. М.: МГУПС (МИИТ), 2015. 150 с.

Ishkhanyan M. V. Mathematical modeling: a tutorial. M.: Moscow state railway University (MIIT), 2015. 150 p.

получили солод с низкой амилолитической активностью и плохой растираемостью. В третьем опыте солод был в соответствии с нормами – мучнистый, легко растираемый, но в процессе его сушки образовывалось много стекловидных зерен – свыше 42%. В четвертом опыте – солод был более качественный и с высокой амилолитической активностью.

Проведенные опыты показали, что максимальная активность солода (рис. 1) наблюдалась на 4 сутки проращивания. Дальнейшее проращивание ячменя вело к снижению амилолитической активности.

Используя экспериментальные данные, полученные при поведении ряда опытов (рис. 1), методом регрессионного анализа получили математическую модель процесса солодоращения:

$$y = -264,2 + 10,5x_1 + 8,2x_2 + 3,9x_3, \quad (1)$$

$$R^2 = 0,7$$

$$\begin{cases} y \rightarrow \max \\ 1 \leq x_1 \leq 5 \\ 38,3 \leq x_2 \leq 43,5 \\ 17 \leq x_3 \leq 20 \end{cases}$$

где y – амилолитическая активность солода, ед/г; x_1 – день проращивания, сутки; x_2 – степень замачивания зерна, %; x_3 – температура слоя солода R^2 – множественный коэффициент аппроксимации.

Множественный корреляционный анализ показал положительную связь амилолитической активности с показателями длительности проращивания $r_{(x_1)} = 0,53$ и степени замачивания

зерна $r_{(x_2)} = 0,43$ и слабую связь с показателем температуры $r_{(x_3)} = 0,35$.

Методом поиска решения М. Excel при заданных ограничениях нашли оптимальные значения факторов $x_1 = 5$, $x_2 = 43,5$, $x_3 = 20$ при которых функция (1) достигает максимального значения $y = 225,7$.

Сопоставляя данные расчетов и четвертого опыта находим, что наиболее подходящими будут следующие условия: степень замачивания ячменя 43,5%, пять кислородных пауз по 1 часу, температура в слое зерна в первые и вторые сутки – 17 °С, в третьи – 19 °С, в четвертые – 20 °С. Данные условия были определены как контрольные для дальнейших исследований влияния препарата селенита натрия на увеличение амилолитической активности солода. На этапе замачивания после очистки и мойки зерна использовали водные растворы селенита натрия в концентрации: 0,001, 0,025, 0,050, 0,075 мг/л.

Из полученных результатов видно, что при использовании водного раствора селенита натрия во время замачивания ячменя в концентрации 0,025 мг/л увеличивается активность амилолитических ферментов (рис. 2). Максимальный показатель активности амилаз 239,40 ед/г для исследуемого сорта ячменя «Ача» получили на 3-и сут проращивания ячменя. На четвертые сутки проращивания высокая активность гидролитических ферментов сохранялась, но при этом наблюдалось образование проростка гусара. В результате использования раствора селенита натрия при замачивании ячменя было установлено увеличение скорости накопления амилолитических ферментов в исследуемом ячмене.

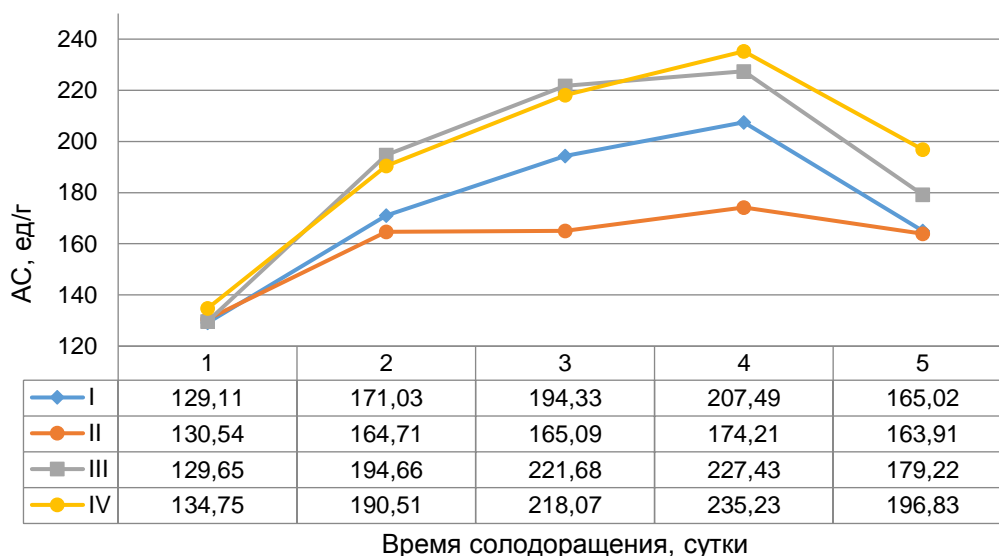


Рис. 1. Показатели амилолитической активности солода пивоваренного ячменя сорта Ача (I – опыт; II – опыт; III – опыт; IV – опыт)

Fig. 1. Indicators amylase activity of malt malting barley varieties of Acha (the I – experience; II – experience, III – experience, IV – experience)

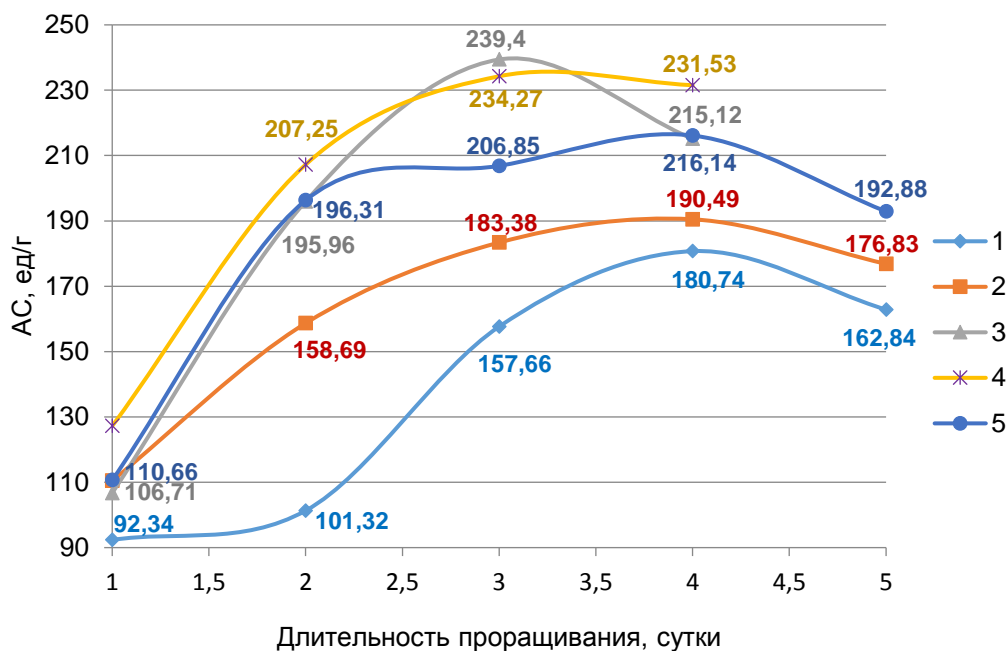


Рис. 2. Амилолитическая активность солода (ед/г) с применением Na_2SeO_3 при замачивании (концентрации водных растворов селенита натрия, мг/л: 1 – контроль; 2 – 0,001; 3 – 0,025; 4 – 0,050; 5 – 0,075)

Fig. 1. Starch-splitting activity of the malt (u/g) using Na_2SeO_3 when malting (concentration of aqueous solutions of sodium Selenite, mg/l: 1 – control; 2 – 0,001; 3 – 0,025; 4 – 0,050; 5 – 0,075)

Корреляционный анализ подтвердил, что показатель амилолитической активности положительно связан с изменением концентрации раствора селенита натрия $r_{(x1)}=0,58$.

Для третьего дня солодоращения математически процесс проращивания ячменя с использованием селенита натрия можно представить следующей моделью:

$$y = -18310x^2 + 1810,7x + 184,17, \quad (2)$$

$$\begin{cases} R^2=0,972 \\ y \rightarrow \max \\ 0 \leq x \leq 0,75 \end{cases}$$

где y – амилолитическая активность солода, ед/г; x – концентрация селенита натрия, R^2 – множественный коэффициент аппроксимации. Решая данное уравнение методом нахождения максимума в границах задаваемых concentra-

ций, находим, что максимальную амилолитическую активность $y_{\max}=244,2$ можно получить при концентрации селенита натрия равной 0,033 мг/л.

ВЫВОДЫ

Установлено, что для пивоваренного ячменя «Ача» максимальная амилолитическая активность достигается на четвертые сутки проращивания, а при использовании раствора селенита натрия – на третьи. Максимальная амилолитическая активность солода, полученном при замачивании с селенитом натрия составила 239,40 ед/г, что в 1,5 раза выше, по сравнению с контролем.

Таким образом, селенит натрия может быть использован как интенсификатор солодоращения при концентрации его водного раствора 0,033 мг/л при замачивании зерна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кунце В. Технология солода и пива. СПб.: Профессия, 2011. 912 с.
2. Нарцисс Л.Н. Пивоварение. Т.1. Технология солодоращения / Пер. с нем. под общ. ред. Г.А. Ермолаевой, Е.Ф. Шаненко. СПб.: Профессия, 2007. 584 с.
3. Меледина Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. СПб.: Профессия, 2003. 304 с.
4. Гребенщиков В.Ю., Дмитриев Н.Н. Влия-

ние агрохимических средств на урожайность ячменя в условиях лесостепи Приангарья на светло-серой лесной почве // Бюллетень Всероссийского института удобрений и агропочвоведения. 2003. N 117. С. 28–30.

5. Пузырева А.Ю., Гребенщиков В.Ю., Гайда В.К. Анализ влияния агроэкологических факторов на урожайность ячменя в Иркутской области // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. N 11. С. 35–37.

6. Тихонов Н.И. Производство пивоваренного ячменя - одна из ключевых проблем развития пивоваренной отрасли // *Агро XXI*. 2008. N 10–12. С. 8–9.

7. Пат. 2283861 РФ, МПК С12С.1/02. Способ обработки зерна ячменя пивоваренных сортов при производстве солода / Ю.И. Кретова, И.Ю. Поторко. N 2562152. Заявл. 24.05.2005; Оpubл. 20.09.2006.

8. Давыденко Н.И. Формирование качества

пшеницы с повышенным содержанием селена в региональных условиях // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. N 4. С. 25–27.

9. Долгодворова А.П., Воронина Л.П. Влияние селеновых удобрений на рост и развитие ярового ячменя // *Питание растений*. 2012. N 3. С. 15–19.

10. Грачев Ю.П., Плаксина Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. М.: Дели принт, 2005. 296 с.

REFERENCES

1. Kunze W. *Technology Brewing and Malting*. Sankt-Peterburg, Profession Publ., 2011. 912 p.

2. Narcissus L.N. *Brewing. Vol. 1. Technology of malting*. Sankt-Peterburg: Profession Publ., 2007, 584 p.

3. Meledina T.V. *Raw materials and auxiliary materials in brewing*. Sankt-Peterburg, Profession Publ., 2003. 304 p.

4. Grebenschikov V.Yu., Dmitriev N.N. The impact of agrochemicals on the yield of barley in forest-steppe Priangarie on a light gray forest soil. *Byulleten' Vserossiiskogo institut udobrenii i agropochvovedeniya* [Bulletin of the all-Russian Institute of fertilizers and agricultural soil science]. 2003. no. 117. P. 28–30.

5. Puzyreva A.Y., Grebenschikov V.Yu., Hyde V.K. Analysis of the influence of agroecological factors on the yield of barley in the Irkutsk region. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk state technical University]. 2013, no. 11, pp. 35–37.

6. Tikhonov N. The production of malting barley is one of the key problems of the development of brewing from the industry. *Агро XXI* [Agro XXI]. 2008. no. 10-12. pp. 8-9.

7. Kretova I. [et al.] *Sposob obrabotki zerna jachmenja pivovarenykh sortov pri proizvodstve soloda* [A method of processing of barley grain malting in the production of malt]. Patent RF, no. 2562152, 2006.

8. Davydenko N. The formation of a quality wheat with a high content of selenium in the regional context. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Equipment and technology of food production]. 2012, no. 4, pp. 25–27.

9. Dolgodvorova A.P., Voronin L.P. Effect of selenium fertilizers on the growth and development of spring barley. *Pitanie rastenii* [Plant Nutrition]. 2012, no. 3, pp. 15–19.

10. Grachev Yu., Plaksina Y.M. *Mathematical methods of experiment planning*. Moscow: Delhi print Publ., 2005, 296 p.

Критерии авторства

Кацурба Т.В., Евстафьев С.Н., Франтенко В.К., Дёмина А.И. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Кацурба Т.В., Евстафьев С.Н., Франтенко В.К., Дёмина А.И. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Татьяна В. Кацурба

Иркутский национальный исследовательский технический университет
Аспирант
kaz.t.v@yandex.ru

Contribution

Katsurba T.V., Evstaf'ev S.N., V.K. G Frantenko, A.I. Demina carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Katsurba T.V., Evstaf'ev S.N., Frantenko V.K. Demina A.I. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

AUTHORS' INDEX

Affiliations

Tatiana V. Katsurba

National research Irkutsk state technical University
Graduate student
kaz.t.v@yandex.ru

Сергей Н. Евстафьев

Иркутский национальный исследовательский
технический университет университет
Д.х.н., профессор, зав. кафедрой «Химии
и пищевой технологии им. профессора
В.В. Тутуриной»
esn@istu.edu

Виктория К. Франтенко

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
К.б.н., доцент
gd-vk@mail.ru

Анна И. Дёмина

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
Магистрант
any10695@mail.ru

Sergei N. Evstaf'ev

Irkutsk National Research Technical University
Doctor of Chemistry, Professor, Head of the
Department of Organic Chemistry and
Food Engineering of professor V.V. Tuturina
esn@istu.edu

Viktorina K. Frantenko

National research Irkutsk state technical
University
PhD of Biology, Associated professor
gd-vk@mail.ru

Anna I. Demina

National research Irkutsk state technical
University
undergraduate
any10695@mail.ru

Поступила 20.10.2017

Received 20 October 2017