



Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК 663.051.2

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.04.009



## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ

Елена Владимировна Скороспелова <sup>1</sup>, Оксана Юрьевна Михайлова <sup>2</sup>,  
Наталья Кирилловна Шелковская <sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий, Барнаул, Россия

<sup>3</sup> Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

<sup>1</sup> elenkavinodel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9508-7342>

<sup>2</sup> miailova\_oxana007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4554-9449>

<sup>3</sup> shelk49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1335-1718>

**Аннотация.** В работе изучена возможность использования свежих и замороженных плодов рябины обыкновенной и рябины Невежинской, произрастающей в условиях Алтайского края для производства протертых масс с сахаром и компотов. Представлены данные физико-химического состава и его влияние на органолептические качества готовых продуктов. Установлено, что рябина обыкновенная отличается от рябины Невежинской меньшим содержанием сахаров (7,1; 9,0 %) и титруемых кислот (2,0; 3,5 %), но большим значением сахарокислотного индекса. Содержание растворимых сухих веществ на высоком уровне 19,8–25,8 %. По количеству витамина С рябина Невежинская (20,0 %) уступает рябине обыкновенной (45,0 %). Содержание пектина в образцах 0,69–1,01 %, сумма пектиновых веществ 1,18–1,41 %. Степень этерификации также высокая – 70,86 % у рябины обыкновенной и 89,06 % у рябины Невежинской. Наличие высокоэтерифицированных пектинов в сочетании с высоким содержанием растворимых сухих веществ (в том числе сахаров) и органических кислот свидетельствует о высокой способности желирования. На основании органолептической оценки продуктов переработки показана возможность использования плодов рябины обыкновенной и рябины Невежинской.

**Ключевые слова:** протертые массы, консервирование, органолептическая оценка, рябина обыкновенная, рябина Невежинская, химический состав, компот, продукты переработки, плоды.

**Для цитирования:** Скороспелова Е. В., Михайлова О. Ю., Шелковская Н. К. Возможность использования рябины обыкновенной, произрастающей в лесостепной зоне Алтайского края, для производства продуктов переработки // Ползуновский вестник. 2023. № 4, С. 70–75. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.04.009. EDN: <https://elibrary.ru/GDSDLU>.

Original article

## PROCESSING POTENTIAL OF MOUNTAIN ASH, GROWING IN FOREST-STEPPE AREA OF ALTAI TERRITORY

Elena V. Skorospelova <sup>1</sup>, Oxana Yu. Mikhailova <sup>2</sup>, Natalia K. Shelkovskaya <sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology, Barnaul, Russia

<sup>3</sup> Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

<sup>1</sup> elenkavinodel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9508-7342>

<sup>2</sup> miailova\_oxana007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4554-9449>

<sup>3</sup> shelk49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1335-1718>

© Скороспелова Е. В., Михайлова О. Ю., Шелковская Н. К., 2023

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ

**Abstract.** *The processing possibility of fresh and frozen fruits of wild mountain ash as well as Nevezhinskaya variety, growing in conditions of Altai Territory for production of sugar added pureed masses and compotes has been studied. The data of the physico-chemical composition and its influence on organoleptic features of the products are presented. It has been revealed that wild mountain ash differs from Nevezhinskaya variety by a lower content of sugars (7.1; 9.0%) and titratable acids (2.0; 3.5%), but by higher value of the sugar-acid index. High level of soluble solids content ranged from 19.8 up to 25.8% has been stated. Wild form of mountain ash has a higher content of vitamin C (45.0%) compare to Nevezhinskaya variety (20.0%). The content of pectin in studied forms is 0.69-1.01% and the total amount of pectin substances is 1.18-1.41%. The esterification level is quite high - 70.86% for wild form of mountain ash and 89.06% for Nevezhinskaya variety. The presence of highly esterified pectins in combination with a high content of soluble solids (including sugars) and organic acids indicates a high gelling ability. In accordance to organoleptic estimation of the processed products, the possibility of using the fruits of wild form of mountain ash as well as Nevezhinskaya variety has been shown.*

**Keywords:** *pureed masses, canning, organoleptic evaluation, mountain ash, mountain ash variety Nevezhinskaya, chemical composition, compote, processed products, fruits.*

**For citation:** Skorospelova, E. V., Mikhailova, O. Yu. & Shelkovskaya, N. K. (2023). Processing potential of mountain ash, growing in forest-steppe area of Altai territory. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 70-75. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.04.009. EDN: <https://elibrary.ru/GDSDLU>.

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из перспективных плодовых культур в России для использования в качестве сырья в перерабатывающей отрасли с целью получения высококачественных пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами, в настоящее время является рябина (*Sorbus L.*). Она произрастает в Европейской и Сибирской части России, горных районах Крыма и Кавказа. Наиболее распространена рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia L.*) и ее сладкоплодные формы – рябины Невежинская (*S. aucuparia var. rossica*), моравская (*S. aucuparia var. moravica*) и другие [1, 2].

Плоды этой культуры обладают пищевой, диетической и лечебной направленностью. Они представляют ценность как источник каротиноидов, пектиновых веществ, витамина РР, витаминов группы В, имеют в своем составе сахара, клетчатку, макро- и микроэлементы (калий, кальций, магний, медь, железо). По содержанию витамина С рябина превосходит многие плодовые культуры, в том числе яблоню и грушу. В значительных количествах плоды содержат органические кислоты, такие как яблочную, лимонную, сорбиновую, янтарную, кофейную, хлорогеновую. В плодах обнаружены незаметные аминокислоты аргинин, тирозин, гистидин, лизин и др. Рябина занимает одно из первых мест среди плодовых и ягодных культур по содержанию Р-активных веществ. Полифенолы плодов рябины представлены антоцианами, лейкоантоцианами, флавонолами и катехинами [2–7].

Рябина обыкновенная наряду с вышеперечисленными достоинствами имеет существенный недостаток – горький и терпкий вкус плодов, обусловленный наличием в ее составе дубильных веществ. На ее фоне большой интерес как сырье представляет рябина невежинская. Рябина Невежинская – первая сладкоплодная форма рябины обыкновенной, отличается от нее отсутствием естественной горечи и терпкости [4].

Плоды рябины можно употреблять как в свежем виде, так и в переработанном. Из них готовят варенье, джем, пастилу, сок, мармелад, наливки, настойки, компоты. Большой популярностью обладают сушеные плоды. Высушенные плоды рябины обыкновенной используются в качестве лекарственного растительного сырья [4].

Продукты переработки рябины обыкновенной отличаются горечью и терпкостью во вкусе, присущим свежим плодам, использованным в качестве сырья. Одним из способов устранения горечи плодов рябины является замораживание.

Исследования на пригодность рябины обыкновенной к переработке на сок, пюре, компот, чай, пастилу и др. проводились во ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Уральской ГСХА, СФНЦА РАН [2, 3, 8–10]. Исходя из литературных данных, изучение возможности использования рябины обыкновенной, произрастающей в условиях лесостепной зоны Алтайского края в качестве сырья для продуктов пищевого назначения, является актуальным и требует глубоких исследований.

## ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в лаборатории промышленных технологий отдела «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко» ФГБНУ ФАНЦА.

**Объекты исследований:** плоды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) и рябины Невежинской, произрастающих в условиях лесостепи Алтайского края, полученные из них протертые массы с сахаром, компоты. Физико-химические исследования плодов проводили по следующим методикам:

- массовая концентрация сахаров – ГОСТ 13192-73;
- растворимые сухие вещества – А.И. Ермаков. Методы биохимического исследования растений. Л., 1972 г.;
- титруемая кислотность – Ермаков А.И., Арасимович В.В. Методы биохимического исследования растений. М.-Л., 1952 г.;
- аскорбиновая кислота – ГОСТ 24556-89;
- пектиновые вещества – ГОСТ 29059-91.

Анализы проведены в 3-х кратной повторности. Органолептическая оценка проведена по ГОСТ 8756.1-2017.

**Цель работы:** оценка органолептических качеств продуктов переработки из рябины обыкновенной, произрастающей в условиях лесостепи Алтайского края.

Научная работа представляет новизну и актуальность, так как плоды рябины обыкновенной и Невежинской местного произрастания на пригодность к технологической переработке не изучены.

### Задачи исследований:

1. Изучить физико-химический состав плодов рябины обыкновенной и рябины Невежинской.
2. Приготовить образцы компотов и протертых масс с сахаром из плодов рябины обыкновенной и рябины Невежинской.
3. Дать органолептическую оценку продуктов консервирования.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для приготовления протертых масс с сахаром свежие плоды рябины подвергали инспекции, мойке. Затем проводили бланширование при температуре 40–60 °С и измельчение. Для получения однородной консистенции протирали измельченную массу через капроновое сито с диаметром ячеек 0,7–1,5 мм на ручной протирке.

Полученную массу смешивали с сахарным песком в соотношении 1:0,6, тщательно перемешивали и уваривали, фасовали. Далее пастеризовали на водяной бане открытым способом при температуре 95 °С в течение 5 мин – 0,2 л, 10 мин. – 0,5 л., герметично укупоривали.

Плоды рябины для приготовления компота отбирали по размеру, здоровые, без повреждений, равномерно созревшие. Помытые плоды фасовали в банки объемом 0,65 л по 300 г вручную. Сироп готовили согласно рецептуре, изложенной в технологических инструкциях, концентрация сиропа 20 %. Плоды заливали сиропом и проводили пастеризацию на водяной бане при температуре 95 °С. Затем герметично укупоривали.

С целью оценки изменения органолептических качеств продуктов переработки после замораживания сырья нами были приготовлены опытные образцы протертых масс с сахаром и компотов из предварительно замороженных плодов рябины обыкновенной. Для приготовления консервов ягоды дефростировали. Далее процесс проводили по технологическим схемам приготовления из свежих плодов.

Приготовленные консервы из свежих и замороженных плодов рябины обыкновенной и свежих плодов рябины Невежинской поставлены на хранение при температуре до 15 °С.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Качество получаемого продукта зависит от физико-химического состава используемого сырья и соотношения его компонентов. Плоды рябины обыкновенной и рябины Невежинской исследованы по основным физико-химическим показателям (таблица 1).

Пригодность плодов к переработке зависит от таких показателей, как содержание сахаров и органических кислот. На вкусовые характеристики готового продукта оказывает влияние их соотношение – сахарокислотный индекс. Рябина обыкновенная отличается от рябины Невежинской меньшим содержанием сахаров (7,1 и 9,0 % соответственно) и титруемых кислот (2,0 и 3,5 % соответственно), но большим значением сахарокислотного индекса. Сахарокислотный индекс у плодов низкий (3,6 и 2,6 ед.), что говорит о преобладании кислоты во вкусе. Содержание растворимых сухих веществ находится на высоком уровне 19,8–25,8 %. Для производства протертых масс с сахаром используют сырье, богатое пектиновыми веществами. Исследуемые образцы соответствуют этим требованиям. Содержание пектина в образцах 0,69–1,01 %, сумма пектиновых веществ 1,18–1,41 %. Сте-

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ  
В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ**

пень этерификации также высокая – 70,86 % у рябины обыкновенной и 89,06 % у рябины Невежинской. Наличие высокоэтерифицированных пектинов в сочетании с высоким содержанием растворимых сухих веществ

(в том числе сахаров) и органических кислот свидетельствует о высокой способности желирования. По количеству витамина С рябина Невежинская (20,0 мг/100 г) уступает рябине обыкновенной (45,0 мг/100 г).

Таблица 1 – Физико-химический состав плодов рябины обыкновенной

Table 1 – Physico-chemical composition of the fruits of mountain ash

Образец	РСВ, %	Сахара, %	Титруемая кислот- ность, %	СКИ, ед.	Витамин С, мг/100 г	П, %	СП, %	СЭП, %
Рябина обыкновен- ная	19,8± 0,1	7,1±0,1	2,0±0,1	3,6± 0,1	45,0± 0,1	0,69± 0,1	1,41± 0,1	70,86± 0,1
Рябина Не- вежинская	25,8± 0,1	9,0±0,1	3,5±0,1	2,6± 0,1	20,0± 0,1	1,01± 0,1	1,18± 0,1	89,06± 0,1

*Примечание:* РСВ – растворимые сухие вещества; СКИ – сахарокислотный индекс; П – пектин; СП – сумма пектиновых веществ; СЭП – степень этерификации пектина

После длительного (6 мес.) хранения проведена оценка органолептических показателей компотов и протертых масс с сахаром по пятибалльной системе (таблица 2).

По внешнему виду компоты представляют собой равномерные по величине плоды рябины, залитые сиропом. Ягоды имеют плотную консистенцию. Сироп прозрачный, желто-розоватого цвета. Аромат хорошо выраженный, свойственный красной рябине. По общей дегустационной оценке отличился

компот из рябины Невежинской (4,9 балла). Вкус компота кисло-сладкий с небольшой горчинкой. Более существенно горечь ощущается в компотах из рябины обыкновенной. Дегустационная оценка образца из свежей рябины составила 4,5 балла, образец из замороженной рябины получил оценку 4,6 балла. По органолептическим показателям все образцы компотов соответствуют требованиям ГОСТ 816-2017.

Таблица 2 – Органолептическая оценка продуктов переработки из рябины обыкновенной, балл

Table 2 – Organoleptic evaluation of processed products from mountain ash, point

Образец	Внешний вид	Вкус	Аромат	Консистенция	Общая оценка
Компот					
Рябина обыкновенная	4,5	4,4	4,6	4,6	4,5
Рябина обыкновенная после заморозки	4,6	4,4	4,7	4,7	4,6
Рябина Невежинская	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9
Протертая масса с сахаром					
Рябина обыкновенная	4,9	4,4	4,6	4,6	4,6
Рябина обыкновенная после заморозки	4,9	4,5	4,7	4,8	4,7
Рябина Невежинская	4,9	4,8	4,8	4,9	4,9

По внешнему виду протертые массы представляют собой однородную массу протертых ягод. Все образцы хорошо зажелиро-

вали. Цвет желто-красно-коричневый, у образца из рябины Невежинской более светлый. Аромат рябиновый, соответствующий

сырью, из которого приготовлен продукт. Все протертые массы получили высокую дегустационную оценку (4,6–4,9 балла). По максимальным баллам выделен образец протертой массы из рябины Невежинской, обладающий кисло-сладким, приятным вкусом, с легкой горчинкой, отличается более плотной и нежной консистенцией. Протертые массы из рябины обыкновенной также имеют приятный вкус. Незначительная терпкость и горечь не оказывает отрицательного влияния на их вкусовые качества. Общая дегустационная оценка протертой массы из рябины свежей и замороженной отличается незначительно – 4,6 и 4,7 балла соответственно. По органолептическим показателям все образцы протертых масс сахаром соответствуют требованиям ГОСТ Р 54681-2011.

По результатам дегустации можно сделать вывод о том, что заморозка ягод рябины обыкновенной не оказала существенного влияния на органолептические качества готового продукта.

### ВЫВОДЫ

1. Впервые в условиях лесостепной зоны Алтайского края установлено влияние особенностей физико-химического состава плодов рябины обыкновенной и рябины Невежинской на их пригодность к переработке на протертые массы с сахаром и компоты.

2. Показана перспективность использования плодов рябины обыкновенной и рябины Невежинской в технологической переработке с целью получения продуктов питания высокого качества.

3. В процессе органолептического анализа всех образцов по вкусу, аромату, цвету и внешнему виду установлено, что протертые массы с сахаром и компоты из свежих и замороженных плодов рябины обыкновенной и рябины Невежинской соответствуют требованиям ГОСТ Р 54681-2011 и ГОСТ 816-2017.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ренгартен Г.А., Сорокопудов В.Н. Интродукция и селекция *Sorbus* (Rosaceae) в качестве пищевого растения в странах мира // Экосистемы. 2019. № 18 (48). С. 89–96.

2. Винницкая В.Ф., Перфилова О.В. Технология функциональных и специализированных продуктов питания с использованием адаптивного сортимента местного растительного сырья : монография. Мичуринск; Мичуринский государственный аграрный университет, 2018. 184 с.

3. Евтушенко Н.С., Кирсанов Ю.А. Переработка плодов рябины на продукты пищевого назначения // Аграрный вестник Урала. 2008. № 6 (48). С. 88–89.

4. Никифорова А.Г., Мухаметова С.В., Скочилова Е.А. Изучение количественного содержания органических кислот и каротина в плодах рябины // Современные проблемы естественных наук и медицины : сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. Йошкар-Ола, 2021. Вып. 10. С. 396–401.

5. Никифорова А.Г., Скачилова Е.А. Анализ содержания биологически активных веществ в плодах рябины // Современные проблемы естественных наук и фармации : сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. Йошкар-Ола, 2022. Вып.11. С. 349–352.

6. Скочилова Е.А., Конюхова О.М., Мухаметова С.В. Показатели плодов рябины (*Sorbus* L.) и содержание в них вторичных метаболитов // Вестник поволжского государственного технологического университета. 2022. № 3 (55). С. 52–62.

7. Наумова Н.Л., Велисевич Е.А. Качество и пищевая ценность плодов рябины красной // Modernscience. 2021. № 11–1. С. 24–28.

8. Романова Н.Г. Плоды боярышника и рябины – перспективный сырьевой источник для создания продуктов функционального питания // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 9. С. 59–62.

9. Нициевская К.Н., Копылова А.В., Мотовилов О.К. Исследование органолептических показателей хлебобулочных изделий с использованием рябины красной // Вестник КрасГАУ. 2021. № 12 (177). С. 238–246. doi : 10.36718/1819-4036-2021-12-238-246.

10. Нициевская К.Н., Мотовилов О.К., Мотовилов К.Я., Щербинин В.В. Исследование продукции из плодов рябины красной, полученной с применением энергии кавитации // XXI век; итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019. Т. 8. № 2 (46). С. 92–98.

### Информация об авторах

*Е. В. Скороспелова – научный сотрудник Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий.*

*О. Ю. Михайлова – младший научный сотрудник Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий.*

*Н. К. Шелковская – доцент кафедры технологии бродильных производств и виноделия Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.*

### REFERENCES

1. Rengarten, G.A. & Sorokopudov, V.N. (2019). Introduction and selection of *Sorbus* (Rosaceae) as a food plant in the countries of the world. *Ecosystems*, 18 (48), 89-96. (In Russ.).

2. Vinnitskaja, V.F. & Perfilova, O.V. (2018). Technology of functional and specialized food products using an adaptive assortment of local plant raw

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ  
В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ

materials. Michurinsk : Michurin State Agrarian University. (In Russ.).

3. Evtushenko, N.S. & Kirsanov, Yu.A. (2008). Processing of rowan fruits for food products. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 6 (48), 88-89. (In Russ.).

4. Nikiforova, A.G., Muhametova, S.V. & Skochilova, E.A. (2021). Study of the quantitative content of organic acids and carotene in rowan fruits. *Proceedings of the all-Russian scientific conference (with international participation) «Modern problems of natural sciences and medicine»*. Yoshkar-Ola. (In Russ.).

5. Nikiforova, A.G. & Skochilova, E.A. (2022). Analysis of the content of biologically active substances in rowan fruits. *Proceedings of the all-Russian scientific conference (with international participation) «Modern problems of natural sciences and pharmacy»*. Yoshkar-Ola. (In Russ.).

6. Skochilova, E.A., Konyuhova, O.M. & Muhametova, S.V. (2022). Indicators of rowan fruits (*Sorbus L.*) and content of secondary metabolites in them. *Bulletin of the Volga State Technological University*, 3 (55), 52-62. (In Russ.).

7. Naumova, N.L. & Velisevich, E.A. (2021). Quality and nutritional value of red ashberry fruits. *Modernscience*, (11-1), 24-28. (In Russ.).

8. Romanova, N.G. (2008). Hawthorn and rowan fruits are a promising raw material source for creating

functional food products. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, (9), 59-62. (In Russ.).

9. Nitsievskaya, K.N., Kopylova, A.V. & Motovilov, O.K. (2012). The study of organoleptic indicators of bakery products using red mountain ash. *Bulletin of the KrasSAU*, 12 (177), 238-246. (In Russ.). Doi : 10.36718/1819-4036-2021-12-238-246.

10. Nitsievskaya, K.N., Motovilov, O.K., Motovilov, K.Ya. & Shcherbinin, V.V. (2019). Investigation of products from the fruits of the red mountain ash, obtained using the energy of cavitation. *XXI Century; the results of the past and the problems of the present plus*, 2 (46), 92-98. (In Russ.).

**Information about the authors**

*E. V. Skorospelova - Researcher at the Federal Altai scientific center for agrobiotechnology.*

*O. Yu. Mikhailova - Junior Researcher at the Federal Altai scientific center for agrobiotechnology.*

*N. K. Shelkovskaya - Associate Professor of the Department of Technology of Fermentation and Winemaking Polzunov Altai State Technical University.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

*Статья поступила в редакцию 17 мая 2023; одобрена после рецензирования 18 сентября 2023; принята к публикации 20 ноября 2023.*

*The article was received by the editorial board on 17 May 2023; approved after editing on 18 Sep 2023; accepted for publication on 20 Nov 2023.*