

Скорлупа кедрового ореха как сорбент в плодово-ягодном виноделии

К. Р. Иванова*, Е. А. Привалова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия;
e-mail: kristinotchka_iskakova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9353-1075>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
04.06.2024;

получена
после доработки
16.09.2024;

принята
к публикации
18.09.2024

Ключевые слова:
плодово-ягодное
сусло,
сорбция,
кислотность,
сахарокислотный
индекс,
скорлупа
кедрового ореха

Снижение кислотности сусла является актуальной задачей плодового виноделия в связи с необходимостью создания благоприятных условий для развития дрожжей и сбраживания сахаров. Методы кислотопонижения, применяемые в традиционном виноделии, не позволяют эффективно элиминировать яблочную кислоту, которая вносит основной вклад в кислотность плодово-ягодных вин. В ходе исследования рассмотрена возможность применения адсорбционного способа снижения кислотности сусла, полученного из плодов груши уссурийской (титруемая кислотность 15,5–18,7 г/дм³), с использованием в качестве сорбента специально подготовленной скорлупы кедрового ореха. Обработка сусла скорлупой кедрового ореха проводилась в статическом режиме и при перемешивании; продолжительность обработки варьировалась от 2 ч до 10 сут. Скорлупа кедрового ореха обладает хорошей адсорбционной способностью в отношении кислот, содержащихся в грушевом сусле, и позволяет снизить их количество на 27 %. Экспериментально установлено, что скорлупа кедрового ореха обладает низкой селективностью по отношению к технологически важным компонентам сусла и сорбирует также сбраживаемые сахара и полифенольные соединения, в результате чего возможно нежелательное снижение сахарокислотного индекса сусла. Увеличение степени измельчения ореховой скорлупы способствует увеличению ее адсорбционной активности. Изменение режима обработки сусла позволяет подобрать условия, при которых возможно добиться рекомендуемых значений сахарокислотного индекса.

Для цитирования

Иванова К. Р. и др. Скорлупа кедрового ореха как сорбент в плодово-ягодном виноделии. Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 4. С. 621–630. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-4-621-630>.

Pine nut shell as a sorbent in fruit winemaking

Kristina R. Ivanova*, Elena A. Privalova

*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia;
e-mail: kristinotchka_iskakova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9353-1075>

Article info

Received
04.06.2024;

received
in revised
16.09.2024;

accepted
18.09.2024

Key words:
fruit must,
sorption,
acidity
sugar acid index,
pine nut shell

Abstract

Reducing the must acidity is a critical task in fruit winemaking due to the need to create favorable conditions for the yeast development and the fermentation of sugars. Acid reduction methods used in traditional winemaking are not suitable for fruit must, since they do not effectively eliminate malic acid which is the main contributor to the fruit wines acidity. The study has examined the possibility of using the adsorption method to reduce the acidity of must obtained from Ussuri pear fruits (titratable acidity of 15.5–18.7 g/dm³) using specially prepared pine nut shells as a sorbent. The must was treated with pine nut shells in a static mode and with stirring; the treatment duration varied from 2 h to 10 days. The pine nut shells have good adsorption capacity for acids contained in pear must and can reduce their amount by 27 %. It has been experimentally established that the pine nut shells have low selectivity for technologically important components of the must and also sorb fermentable sugars and polyphenolic compounds, which may result in an undesirable decrease in the sugar-acid index (SAI) of the must. An increase in the degree of grinding the nut shells helps to increase its adsorption activity. Changing the must processing mode allows you to select conditions under which it is possible to achieve the recommended SAI values.

For citation

Ivanova, K. R. et al. 2024. Pine nut shell as a sorbent in fruit winemaking. *Vestnik of MSTU*, 27(4), pp. 621–630. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-4-621-630>.

Введение

Сырье для плодово-ягодного виноделия характеризуется высоким содержанием кислот, что препятствует нормальному течению процесса сбраживания сусла. Величина кислотности плодово-ягодного сусла, не оказывающая отрицательного влияния на процесс брожения, составляет 8–10 г/дм³ (Вечер и др., 1976). Содержание кислот в плодово-ягодных соках в ряде случаев может достигать уровня 30–35 г/дм³ (Литовченко и др., 2004). Наиболее распространенный способ снижения кислотности сока в плодово-ягодном виноделии – разбавление его водой. При этом одновременно происходит снижение сахаристости сока, что отрицательно сказывается на накоплении спирта в процессе брожения (Бурьян, 2003; Гусакова и др., 2011). При добавлении в сок воды рекомендуется вносить дополнительное количество сахара, которое определяется расчетом (Литовченко и др., 2004). Негативной стороной такого улучшения технологических качеств сока является снижение экстрактивности и биологической ценности вина.

Снижение кислотности в традиционном виноделии достигается также химическими (мелование, осаждение двойной соли винной и яблочной кислот) и физико-химическими (ионный обмен, электродиализ, обработка холодом) методами (Кушнерева и др., 2010; Агеева и др., 2020). Большинство химических препаратов, применяемых для обработки виноградных вин, способствует снижению содержания винной кислоты и практически не влияют на яблочную (Марковский, 2006), которая вносит основной вклад в кислотность плодово-ягодных вин. Кроме того, введение кислотопонижателей приводит к повышению содержания в вине ионов калия и кальция. Обработка холодом приводит к незначительному снижению кислотности (Марковский, 2006).

В практике виноделия активно используются адсорбционные методы в целях профилактики кристаллических и коллоидных помутнений (Обожин и др., 2003; Вагнер и др., 2019; Horvat et al., 2019; Агеева и др., 2020), удаления из виноматериалов ионов тяжелых металлов, антибиотиков, (Никифорова и др., 2007; Антоненко и др., 2020), улучшения органолептических показателей (Виноградов и др., 2011). Разнообразие сорбентов органической и неорганической природы позволяет использовать их в том числе и для обработки соков и виноматериалов с целью корректировки их состава. В ряде источников имеются сведения о том, что традиционные сорбенты, используемые в виноделии, проявляют активность и в отношении кислот (Виноградов и др., 2010a; Maslov-Bandić et al., 2022; Cheng et al., 2022; Horvat et al., 2019).

В настоящее время возрос интерес к использованию в качестве сорбентов целлюлозосодержащих материалов: ореховой скорлупы (Шайхиев и др., 2020), стеблей топинамбура, льняного волокна, древесных опилок (Никифорова и др., 2007), коры, шишек, древесной биомассы (Карабаева и др., 2023). Одним из перспективных материалов этого ряда является скорлупа кедрового ореха (СКО), представляющая собой многотоннажный отход производства кедрового масла. Преобладающими компонентами в составе СКО являются целлюлоза и лигнин (Воронина и др., 2022). В ряде работ показана возможность использования ореховой скорлупы в качестве сорбента. Например, скорлупа использовалась для очистки сточных вод от ионов меди (Агеева и др., 2009) и никеля (Воронина и др., 2022a). Сорбент, полученный из скорлупы, можно также применять для извлечения нефтепродуктов (Агеева и др., 2007), метиленового голубого (Дороганова и др., 2018) из воды и водных растворов. Из скорлупы кедрового ореха получали активный уголь, который проявлял высокую сорбционную способность при извлечении ионов металлов из водных растворов (Лабузова и др., 2015). СКО является низкодольным сырьем, что позволяет использовать ее в пищевой отрасли (Егорова и др., 2007). В работе (Супрун, 2023) отмечается, что сорбент, полученный путем низкотемпературной обработки СКО, можно использовать в качестве насадки для иммобилизации дрожжей при производстве плодового вина.

Целью настоящего исследования является изучение сорбционных свойств скорлупы кедрового ореха применительно к обработке плодово-ягодных сусел для корректировки их кислотности.

Материалы и методы

Объектом исследования послужило сусло, полученное из плодов груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) урожая 2022–2023 гг., собранных в Иркутской области. Консервацию сусла обеспечивали внесением 100 мг/дм³ метабисульфита калия. В качестве сорбента использована скорлупа кедрового ореха, полученная с помощью калибровочно-дробильного аппарата при производстве кедрового масла. Перед использованием СКО очищали от пленок и остатков ядер кедрового ореха и обрабатывали по методике, изложенной в патенте (Способ производства..., 2022), аналогично обработке древесной щепы. Обработка проводилась с целью делигнификации и увеличения сорбционной способности СКО и включала двукратную пропитку водой и замораживание, а также кипячение в растворе карбоната натрия и отмывку до нейтральной реакции. Указанная методика применялась автором работы (Супрун, 2023) для обработки СКО, используемой в качестве насадки для иммобилизации дрожжей при производстве вина из мелкоплодных яблок, имеющих высокую кислотность, причем было отмечено снижение в виноматериале концентрации ряда органических кислот, в частности яблочной. В работе (Егорова и др., 2007) отмечено, что полученный из СКО по подобной низкотемпературной методике сорбент обладает сорбционной способностью, близкой к уровню активных углей.

Сорбционную способность СКО в отношении технологически значимых компонентов суслу оценивали в сравнении с активным углем, бентонитом, цеолитом, кизельгуром, поскольку, по мнению ряда исследователей (*Виноградов и др., 2010б; Maslov-Bandić et al., 2022; Cheng et al., 2022; Horvat et al., 2019; Rakonczás et al., 2023*), эти сорбенты, используемые традиционно с целью стабилизации и осветления виноматериалов, могут влиять на концентрацию компонентов суслу, в том числе и кислот.

В работе использовали активированный уголь (АУ) марки БАУ-А (ГОСТ 6217-74¹, производитель ООО "Волгоград-Реахим"), бентонит (Б) (производитель ООО "Твекс", Московская область, с. Новопетровское), цеолит (Ц) (клиноптилолит, Сокирницкое месторождение в Закарпатской области, Украина), кизельгур (К) (природная двуокись кремния).

Обработку суслу сорбентами проводили в двух режимах: 1) в статических условиях в течение 4, 7 и 10 дней при температуре 5 °С; 2) при перемешивании в шейкере Certomat BS-1 в течение 2, 4 и 6 ч при температуре 20 °С и скорости 150 об/мин. Дозировка сорбентов составляла 4 г/л; по окончании обработки сорбент отфильтровывали; эксперименты проводили в трехкратной повторности. Стандартные отклонения определяемых показателей приведены в соответствующих таблицах.

В процессе обработки в грушевом сусле отслеживали изменение плотности, титруемой кислотности, массовой концентрации сахаров, суммарной концентрации фенольных соединений. Содержание сахаров, суммарного количества фенольных соединений и кислот определяли стандартными методами, принятыми в винодельческом производстве (*Методы..., 2009*). Определение влажности, степени измельчения и адсорбционной активности сорбентов проводили по ГОСТ 4453-74².

Результаты и обсуждение

Выход и характеристики образцов суслу представлены в табл. 1. Основные характеристики сорбентов, определенные в соответствии с ГОСТ 4453-74, приведены в табл. 2.

Таблица 1. Характеристика грушевого суслу. Данные выражены как среднее значение трех повторностей ± стандартное отклонение
Table 1. Characteristic of pear must. Data are expressed as the average value of three replicates ± the standard deviation

Характеристика	Образец суслу (год сбора урожая)		
	С1 (2022)	С2 (2022)	С3 (2023)
Выход, %	69	69	60
Плотность, кг/м ³	1 056,0 ± 0,5	1 041,0 ± 0,5	1 065,0 ± 0,5
Титруемая кислотность, г/дм ³	16,0 ± 0,1	15,5 ± 0,1	18,7 ± 0,1
Сахар, г/дм ³	118,0 ± 0,9	80,0 ± 0,9	163,0 ± 0,9
Сумма фенольных соединений, мг/дм ³	1 260,0 ± 0,9	1 370,0 ± 0,9	1 936,0 ± 0,9
Сахарокислотный индекс	7,4	5,2	8,7

Таблица 2. Характеристика использованных сорбентов. Данные выражены как среднее значение трех повторностей ± стандартное отклонение
Table 2. Characteristic of sorbents. Data are expressed as the average value of three replicates ± the standard deviation

Сорбент	Показатель по ГОСТ 4453-74		
	Влажность, %	Проход через сито (диаметр ячеек 1 мм), %	Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г
СКО-1*	5,3 ± 0,05	1,3 ± 0,05	162,0 ± 0,1
Активный уголь	4,7 ± 0,05	4,2 ± 0,05	248,0 ± 0,1
Бентонит	9,5 ± 0,05	99,9 ± 0,5	205,0 ± 0,1
Цеолит	4,0 ± 0,05	7,6 ± 0,05	219,0 ± 0,1
Кизельгур	3,0 ± 0,05	99,9 ± 0,5	220,0 ± 0,1

Примечание. *СКО без дополнительного измельчения.

Суслу, полученное из плодов груши уссурийской разных годов сбора, имело повышенное содержание кислот – 15,5–18,7 г/дм³ (табл. 1). Для нормального развития дрожжей и сбраживания сахаров необходимо иметь кислотность не выше 8–10 г/дм³ (*Вечер и др., 1976*). При контакте со всеми исследуемыми сорбентами

¹ ГОСТ 6217-74. Уголь активный древесный дробленый. Технические условия. Введен 01.01.1976. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/17175/>.

² ГОСТ 4453-74. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия. Введен 01.01.1976 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017212>.

плотность сусла изменялась незначительно, в связи с чем от дальнейшего мониторинга плотности было решено отказаться.

Изменение концентрации титруемых кислот при обработке сусла С1 и С2 в статических условиях и в условиях перемешивания отражено в табл. 3.

Таблица 3. Кислотность грушевого сусла при обработке сорбентами, г/дм³.
Данные выражены как среднее значение трех повторностей ± стандартное отклонение
Table 3. Acidity of pear must when treated with sorbents, g/dm³.
Data are expressed as the average value of three replicates ± the standard deviation

Образец сусла	Без обработки	Продолжительность обработки	СКО-1	АУ	Ц	Б	К
С1	16,0	4 дня	15,4 ± 0,1	12,7 ± 0,1	15,0 ± 0,1	15,0 ± 0,1	14,4 ± 0,1
		7 дней	14,7 ± 0,1	12,5 ± 0,1	14,7 ± 0,1	14,0 ± 0,1	14,0 ± 0,1
		10 дней	12,7 ± 0,1	11,3 ± 0,1	11,0 ± 0,1	13,5 ± 0,1	12,7 ± 0,1
С2	15,5	2 ч	8,3 ± 0,1	9,1 ± 0,1	8,6 ± 0,1	11,2 ± 0,1	9,9 ± 0,1
		4 ч	7,3 ± 0,1	6,7 ± 0,1	5,3 ± 0,1	10,1 ± 0,1	9,0 ± 0,1
		6 ч	6,5 ± 0,1	6,3 ± 0,1	5,0 ± 0,1	9,3 ± 0,1	8,7 ± 0,1

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что обработка грушевого сусла всеми исследованными сорбентами привела к снижению содержания в нем титруемых кислот. Наибольшей адсорбционной активностью по метиленовому голубому обладали активный уголь и цеолит (табл. 2). При обработке сусла этими сорбентами было отмечено наиболее выраженное снижение кислотности (на 4,7 и 5 г/дм³ за 10 дней соответственно). Скорлупа кедрового ореха в статических условиях проявила более низкую сорбционную активность в отношении титруемых кислот. Их содержание через 10 дней контакта СКО-1 с суслом уменьшилось на 3,3 г/дм³ от исходного. В исследованиях, описывающих влияние различных сорбентов на эннологические показатели вин, были отмечены менее выраженные изменения кислотности. Так, авторы работы (*Rakonczás et al., 2023*) не выявили существенного влияния бентонита на титруемую кислотность вин. В то же время другие авторы (*Cheng et al., 2022; Maslov-Bandić et al., 2022*) зафиксировали снижение титруемой кислотности после обработки сусла и вина бентонитом на 4,2 и 0,6 г/дм³ соответственно (на 29 и 9 % от исходного). Причем в первом случае это снижение произошло в значительной степени за счет яблочной кислоты, концентрация которой в сусле уменьшилась на 1,9 г/дм³, в то время как содержание винной кислоты практически не изменилось. В случае грушевого сусла кислотность обеспечивается в основном яблочной кислотой (*Гусакова и др., 2011; Бурлака и др., 2018*), чем предположительно объясняется более выраженное ее снижение при обработке бентонитом. Авторами работы (*Виноградов и др., 2010а*) также зафиксировано снижение кислотности виноматериала на 6 % от исходной при обработке активным углем, полученным из семян винограда. Дозировка сорбента и время его контакта с виноматериалом были ниже использованных в данном исследовании, а компонентный состав кислот не изучался. Основной вклад в кислотность виноградных виноматериалов вносит винная кислота, которая, по данным (*Rakonczás et al., 2023; Cheng et al., 2022*), незначительно изменяется при обработке виноматериала бентонитовыми продуктами.

В условиях перемешивания в шейкере в течение 2–6 ч интенсивность элиминирования кислот в среднем увеличилась. Скорлупа кедрового ореха позволила удалить из сусла от 47 до 57 % кислот от первоначального количества. Остальные исследованные сорбенты продемонстрировали сходную тенденцию.

Известно, что сорбционная активность связана с величиной частиц сорбента (*Чесноков и др., 2014; Воронина и др., 2022б*). Поэтому было изучено влияние степени измельчения ореховой скорлупы на ее сорбционные свойства. Исходную скорлупу (СКО-1) измельчали в ступке и на лабораторной мельнице МЛ-1, в результате чего получили дополнительно два образца, характеристика которых представлена в табл. 4. В результате измельчения СКО до размера частиц менее 1 мм ее адсорбционная активность по метиленовому голубому увеличилась на 8 %.

Обработку грушевого сусла С3 измельченной скорлупой проводили в условиях перемешивания. При этом дополнительно в сусле было определено содержание сахаров с целью расчета сахарокислотного индекса и полифенольных соединений, оказывающих влияние на цветные характеристики сусла и виноматериала. Интенсивность элиминирования кислот возрастает с увеличением степени измельчения СКО (табл. 5). Необходимый уровень содержания кислот в сусле был достигнут при его обработке СКО-3 в течение 4–6 ч контакта, для СКО-2 – в течение 6 ч. При такой длительности процесса эффективность сорбции кислот достигает 60–70 %.

Таблица 4. Характеристика скорлупы кедрового ореха разной степени измельчения.
Данные выражены как среднее значение трех повторностей \pm стандартное отклонение
Table 4. Characteristics of pine nut shells of varying degree of grinding.
Data are expressed as the average value of three replicates \pm the standard deviation

Сорбент	Показатель по ГОСТ 4453-74		
	Влажность, %	Проход через сито (диаметр ячеек 1 мм), %	Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г
СКО-1	5,3 \pm 0,2	1,3 \pm 0,2	162,0 \pm 0,1
СКО-2	4,7 \pm 0,2	32,0 \pm 0,3	170,0 \pm 0,1
СКО-3	4,2 \pm 0,2	100,0 \pm 0,06	176,0 \pm 0,1

Таблица 5. Кислотность грушевого сусла при обработке СКО разной степени измельчения, г/дм³.
Данные выражены как среднее значение трех повторностей \pm стандартное отклонение
Table 5. Acidity of pear must treated with pine nut shell of varying degree of grinding, g/dm³.
Data are expressed as the average value of three replicates \pm the standard deviation

Образец сусла	Без обработки	Продолжительность обработки	СКО-1	СКО-2	СКО-3
С3	18,7	2 ч	13,6 \pm 0,1	13,3 \pm 0,1	11,3 \pm 0,1
		4 ч	12,7 \pm 0,1	8,8 \pm 0,1	6,4 \pm 0,1
		6 ч	9,7 \pm 0,1	7,4 \pm 0,1	5,3 \pm 0,1

Сахарокислотный индекс сусла С3 находился в пределах минимально рекомендуемого значения (8,7 единиц). Уменьшение титруемой кислотности сусла сопровождается снижением его сахаристости, в связи с чем изменяется и сахарокислотный индекс сусла (рис. 1).

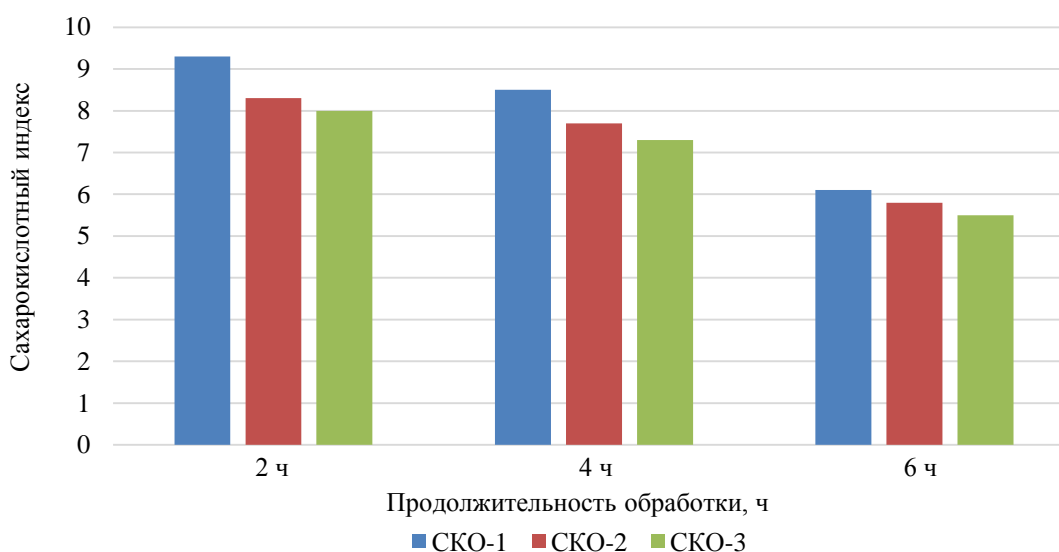


Рис. 1. Изменение сахарокислотного индекса в сусле С3 в процессе обработки СКО разной степени измельчения
Fig. 1. Change in sugar acid index of C3 pear must after pine nut shell treatment with different degree of grinding

При кратковременной обработке (в течение 2 ч) сусла С3 его сахарокислотный индекс увеличился с 8,7 до 9,3 при использовании СКО-1. Следует отметить, что сусло С3 изначально содержало 18,7 г/дм³ сахаров (табл. 1), и при двухчасовом контакте с сорбентом было удалено около 27 % от их начального количества. Таким образом, содержание сахаров после обработки было на уровне 13,6 г/см³, что заметно выше рекомендуемого нижнего предела для плодово-ягодного сусла (*Шелковская и др., 2013; Вечер и др., 1976*). Исследователи, изучавшие процесс сбраживания плодово-ягодного сусла на насадках из древесины и СКО, отмечают, что на поверхностях насадок способны осаждаться различные компоненты сусла, вследствие чего закрепляемые на насадке дрожжи находятся в зоне повышенных концентраций ферментов, аминокислот, сахаров, витаминов, что способствует ускорению процесса брожения (*Оганесянц, 1984; Супрун, 2023*).

Содержание полифенольных соединений в обработанном сусле возрастает с увеличением продолжительности обработки и уменьшением крупности частиц СКО (рис. 2). Вероятно, при перемешивании происходит не только сорбция полифенольных соединений сусла на скорлупе, но и экстракция полифенолов из скорлупы в сусле. Возможность экстракции полифенолов виноматериалами из твердых элементов мезги винограда является общеизвестным фактом, также экстракция полифенолов из дубовой щепы является важной составляющей технологии производства специальных типов вин (Кишковский и др., 1984; Христюк и др., 2011). Значительная экстракция полифенолов в грушевое сусле может привести к нежелательному увеличению его цветности.

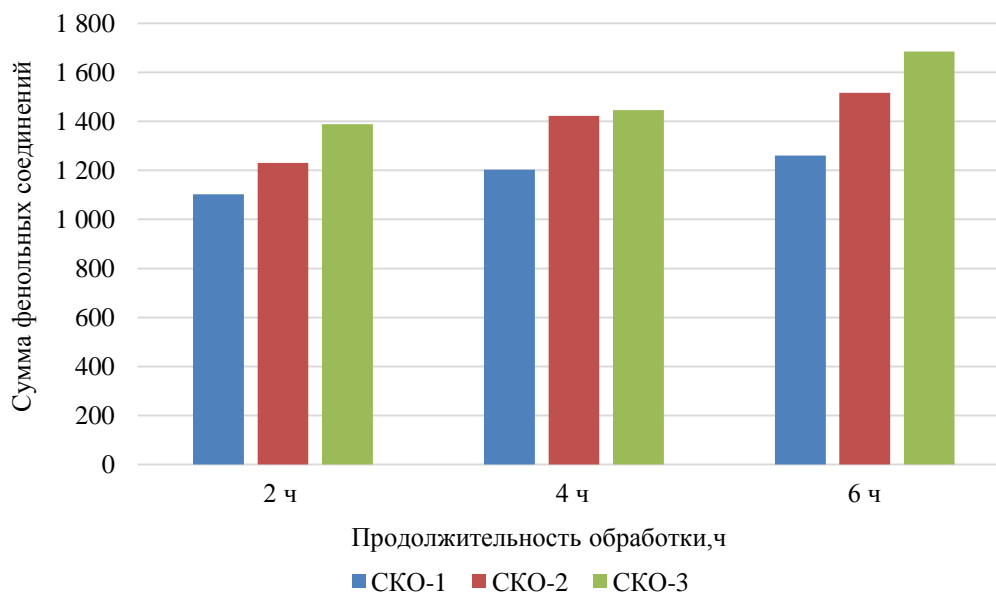


Рис. 2. Изменение содержания фенольных соединений в сусле С3 в процессе обработки СКО разной степени измельчения

Fig. 2. Change in polyphenol compounds of C3 pear must after pine nut shell treatment

Заключение

Подготовленная низкотемпературным способом скорлупа кедрового ореха может рассматриваться как потенциальный сорбент для обработки плодово-ягодного сусла с целью корректировки его состава по содержанию сбраживаемых сахаров и титруемых кислот.

Обработка сусла скорлупой в режиме перемешивания позволяет повысить его сахарокислотный индекс до приемлемых значений, обеспечивающих нормальное сбраживание. При этом повышение степени измельчения скорлупы способствует интенсификации сорбции как сахаров, так и титруемых кислот, а из СКО более мелких фракций дополнительно экстрагируются полифенольные соединения, что может быть нежелательным эффектом в производстве вина в связи с увеличением цветности сусла. Изменение режима обработки сусла позволяет подобрать условия, при которых возможно добиться рекомендуемых значений сахарокислотного индекса.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Агеева Н. М., Марковский М. Г. Сравнительный анализ способов кислотопонижения в виноградных винах // Виноделие и виноградарство. 2006. № 3. С. 16–17. EDN: PDVJNX.
- Агеева Н. М., Марковский М. Г., Антоненко М. В. Термоксид-3А для стабилизации вин к кристаллическим помутнениям // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. Т. 63, № 3. С. 206–216. DOI: <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-3-63-206-216>. EDN: KRGRPP.
- Адеева Л. Н., Одинцова М. В. Сорбент для очистки сточных вод из скорлупы кедровых орехов // Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология. 2009. Т. 52, № 7. С. 86–89. EDN: KEZRWB.
- Адеева Л. Н., Одинцова М. В., Синицын Д. А. Сорбент из скорлупы кедровых орехов для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Омский научный вестник. 2007. № 1(52). С. 26–28.

- Антоненко О. П., Антоненко М. В., Резниченко К. В., Абакумова А. А. [и др.]. Исследование эффективности применения сорбентов различной природы для удаления антибиотиков // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 29. С. 247–250. DOI: <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-29-247-250>. EDN: CNDQMT.
- Бурлака С. Д., Музыченко Г. Ф., Алексеева А. А. Анализ влияния кислотности вина на его качество и стабильность // Научные труды КубГТУ. 2018. № 4. С. 221–226. EDN: OVICQN.
- Бурьян Н. И. Практическая микробиология виноделия. Симферополь : Таврида, 2003. 559 с.
- Вагнер В. А., Кажобекова А. Е., Камаева С. И. Улучшение качества белых виноградных виноматериалов при обработке активированным углем // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств : материалы XX Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 14–15 марта 2019 г. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2019. С. 92–95. EDN: YQLHZQ.
- Вечер А. С., Юрченко Л. А. Сидры и яблочные игристые вина. М. : Пищевая промышленность, 1976. 135 с.
- Виноградов В. А., Загоруйко В. А., Макаров А. С., Ермолин Д. В. Влияние обработки активированным углем на показатели качества виноматериалов // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2011. № 4. С. 23–24. EDN: TVYLPT.
- Виноградов В. А., Кречетов И. В., Загоруйко В. А., Садлаев О. О. [и др.]. Исследование активированного угля из семян винограда // Виноградарство и виноделие. 2010а. Т. 40. С. 102–105. EDN: VDHAGR.
- Виноградов В. А., Кречетов И. В., Загоруйко В. А., Садлаев О. О. [и др.]. Влияние обработки виноматериалов активированным углем из семян винограда на изменение катионного состава металлов // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2010б. № 1. С. 31–32. EDN: TVYSDJ.
- Воронина Ю. С., Свергузова С. В., Шайхиев И. Г. Исследование адсорбционных свойств скорлупы кедровых орехов // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология : сб. докл. междунар. науч. конф., Алушта – Белгород, 30 мая – 3 июня, 2022 г. Белгород : БГТУ, 2022б. С. 115–121. EDN: ZRAYZQ.
- Воронина Ю. С., Свергузова С. В., Шайхиев И. Г. Физико-химические свойства скорлупы кедровых орехов // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология : сб. докл. междунар. науч. конф., Алушта – Белгород, 30 мая – 3 июня, 2022 г. Белгород : БГТУ, 2022а. С. 108–115. EDN: XXXGCZ.
- Гусакова Г. С., Евстафьев С. Н. Перспективы использования плодов уссурийской груши в виноделии // Химия растительного сырья. 2011. № 3. С. 173–178. EDN: OHSUTB.
- Дороганова О. В., Мирошниченко Н. А., Свергузова С. В., Дороганова Е. В. [и др.]. Использование скорлупы кедровых орехов для извлечения метиленового голубого из водных растворов // Актуальные вопросы охраны окружающей среды : сб. докл. всерос. науч.-техн. конф., г. Белгород, 17–19 сентября 2018 г. Белгород : БГТУ, 2018. С. 104–108. EDN: LBOAQZ.
- Егорова Е. Ю., Митрофанов Р. Ю., Лебедева А. А. Получение сорбента из скорлупы кедрового ореха методом низкотемпературной обработки // Ползуновский вестник. 2007. № 3. С. 35–39. EDN: KZCLDN.
- Карабаева М. И., Мирсалимова С. Р., Салиханова Д. С., Убайдуллаева Н. Н. Адсорбционная очистка воды адсорбентами на основе растительного сырья // Химия растительного сырья. 2023. № 3. С. 47–62. EDN: ВКАКТР.
- Кишковский З. Н., Мерджаниан А. А. Технология вина. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. 504 с.
- Кушнерева Е. В., Агеева Н. М. Сравнительный анализ современных способов кислотопонижения // Альманах современной науки и образования. 2010. № 8. С. 80–84. EDN: OPNDFT.
- Лабузова О. М., Носкова Т. В., Ильина Е. Г. Получение активированного угля из скорлупы кедрового ореха с целью удаления из воды ионов алюминия // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования : сб. науч. ст. междунар. конф., г. Барнаул, 20–24 октября 2015 г. Барнаул, 2015. С. 1515–1518. EDN: UVPJHR.
- Литовченко А. М., Тюрин С. Т. Технология плодово-ягодных вин. Симферополь : Таврида, 2004. 368 с.
- Марковский М. Г. Совершенствование технологии и методов оценки качества виноградных вин на основе анализа и регулирования их кислотного состава : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Краснодар, 2006. 24 с.
- Методы технохимического контроля в виноделии / под ред. В. Г. Гержиковой. Симферополь : Таврида, 2009. 304 с.
- Никифорова Т. Е., Козлов В. А., Багровская Н. А., Родионова М. В. Сорбционная очистка вин // Химия растительного сырья. 2007. № 1. С. 69–73. EDN: HETVFO.
- Обожин А. Н., Агеева Н. М., Марковский М. Г. Применение комплексных минеральных сорбентов для обработки вин // Известия вузов. Пищевая технология. 2003. № 4(275). С. 114–115. EDN: QCPISP.

- Оганесянц Л. А. Разработка нового способа производства плодово-ягодных вин специального типа : дис. ... канд. тех. наук : 005.18.08. М., 1984. 226 с.
- Способ производства белого яблочного вина : пат. 2783427 Рос. Федерация / Н. П. Супрун, В. В. Пулди, Г. С. Гусакова, С. Н. Евстафьев ; № 2021124193 ; заявл. 16.08.2021 ; опубл. 14.11.2022, Бюл. № 32.
- Супрун Н. П. Влияние сорбента из скорлупы кедрового ореха на состав органических кислот и летучих компонентов яблочных вин // Вестник КрасГАУ. 2023. № 8. С. 266–272. EDN: NBRMNF.
- Христюк В. Т., Якуба Ю. Ф., Бабенкова М. А. Усовершенствованная технологическая схема производства портвейна из перспективных красных и белых сортов винограда // Научный журнал КубГАУ. 2011. № 71. С. 161–170. EDN: OIGYEN.
- Чесноков Н. В., Микова Н. М., Иванов И. П., Кузнецов Б. Н. Получение углеродных сорбентов химической модификацией ископаемых углей и растительной биомассы // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Химия. 2014. Т. 7, № 1. С. 42–53. EDN: RZDEPP.
- Шайхиев И. Г., Свергузова С.В., Шайхиева К. И., Сапронова Ж. А. Использование скорлупы грецкого ореха (*UGLANS REGIA*) в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из природных сточных вод // Химия растительного сырья. 2020. № 2. С. 5–18. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprfm.2020025622>. EDN: RZNSXY.
- Шелковская Н. К., Пучкин И. А. Особенности яблочного и грушевого сырья алтайской селекции для производства столовых вин // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 7. С. 22–24. EDN: QUUVXT.
- Cheng Y., Watrelot A. A. Effects of Saignée and bentonite treatment on phenolic compounds of Marquette red wines // *Molecules*. 2022. Vol. 27, Iss. 11. Article number: 3482. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27113482>.
- Horvat I., Radeka S., Plavša T., Lukić I. Bentonite fining during fermentation reduces the dosage required and exhibits significant side-effects on phenols, free and bound aromas, and sensory quality of white wine // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 285. P. 305–315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.172>.
- Maslov Bandić L., Puhelek I., Jeromel A., Jagatić Korenika A.-M. [et al.]. The effect of bentonite agents on the aroma composition of Sauvignon Blanc wines // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2022. Vol. 87, Iss. 1. P. 51–60.
- Rakonczás N., Kállai Z., Kovács B., Antal G. [et al.]. Comparison and intercorrelation of various bentonite products for oenological properties, elemental compositions, volatile compounds and organoleptic attributes of white wine // *Foods*. 2023. Vol. 12, Iss. 2. Article number: 355. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12020355>.

References

- Ageeva, N. M., Markovskij, M. G. 2006. Comparative analysis of ways of acidity reduction in grape wines. *Winemaking and Viticulture*, 3, pp. 16–17. EDN: PDVNXJ. (In Russ.)
- Ageeva, N. M., Markovskij, M. G., Antonenko, M. V. 2020. Termoxid-3A for stabilization of wines to crystal turbid. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*, 63(3), pp. 206–216. DOI: <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-3-63-206-216>. EDN: KRGRPP. (In Russ.)
- Adeeva, L. N., Odintzova, M. V. 2009. Sorbent for waste water purification from shell of cedar nuts. *ChemChemTech*, 52(7), pp. 86–89. EDN: KEZRWB. (In Russ.)
- Adeeva, L. N., Odintsova, M. V., Sinitsin, D. A. 2007. A sorbent from a shell of cedar nuts for oil waste water treatment. *Omsk Scientific Bulletin*, 1(52), pp. 26–28. (In Russ.)
- Antonenko, O. P., Antonenko, M. V., Reznichenko, K. V., Abakumova, A. A. et al. 2020. Research of the effectiveness of the use of sorbents of various nature for the removal antibiotics. *Scientific Works of North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking*, 29, pp. 247–250. DOI: <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-29-247-250>. EDN: CNDQMT. (In Russ.)
- Burlaka, S. D., Muzychenko, G. F., Alekseeva, A. A. 2018. Analysis of the effect of wine acidity on its quality and stability. *Scientific Works of the Kuban State Technological University*, 4, pp. 221–226. EDN: OVICQN. (In Russ.)
- Bur'yan, N. I. 2003. Practical microbiology of winemaking. Simferopol. (In Russ.)
- Wagner, V. A., Kazhibekova, A. E., Kamaeva, S. I. 2019. Improving the quality of white grape wine materials during activated carbon treatment. Proceedings of the XX Intern. conf. *Modern problems of technology and technology of food production*, Barnaul, 14–15 March, 2019. Barnaul, pp. 92–95. EDN: YQLHZQ. (In Russ.)
- Vecher, A. S., Yurchenko, L. A. 1976. Ciders and sparkling apple wines. Moscow. (In Russ.)
- Vinogradov, V. A., Zagorouiko, V. A., Makarov, A. S., Yermolin, D. V. 2011. The effect of treating wine materials with activated charcoal on their quality characteristics. *Magarach. Viticulture and Vinemaking*, 4, pp. 23–24. EDN: TVYLPT. (In Russ.)
- Vinogradov, V. A., Krechetov, I. V., Zagorouiko, V. A., Sadlaiev, O. O. et al. 2010a. A study of activated carbon from grape seeds. *Viticulture and Vinemaking*, 40, pp. 102–105. EDN: VDHAGR. (In Russ.)
- Vinogradov, V. A., Krechetov, I. V., Zagorouiko, V. A., Sadlaiev, O. O. et al. 2010b. The effect of treating wine materials with activated charcoal from the grape seeds on the metal cation composition. *Magarach. Viticulture and Vinemaking*, 1, pp. 31–32. EDN: TVYSDJ. (In Russ.)

- Voronina, Yu. S., Svergzuzova, S. V., Shaikhiev, I. G. 2022. Physico-chemical properties of pine nut shells. Proceedings of the Intern. conf. *Rational use of natural resources and technogenic materials processing: Fundamental problems of science, materials technology, chemistry and biotechnology*, Alushta – Belgorod, 30 May – 3 June, 2022. Belgorod, pp. 115–121. EDN: ZRAYZQ. (In Russ.)
- Voronina, Yu. S., Svergzuzova, S. V., Shaikhiev, I. G. 2022. Investigation of sorption properties of pine nut shells. Proceedings of the Intern. conf. *Rational use of natural resources and technogenic materials processing: Fundamental problems of science, materials technology, chemistry and biotechnology*, Alushta – Belgorod, 30 May – 3 June, 2022. Belgorod, pp. 108–115. EDN: XXXGCZ. (In Russ.)
- Gusakova, G. S., Evstaf'ev, S. N. 2011. Prospects for using Ussuri pear fruits in winemaking. *Chemistry of Plant Raw Material*, 3, pp. 173–178. EDN: OHSUTB. (In Russ.)
- Doroganova, O. V., Miroshnichenko, N. A., Svergzuzova, S. V., Doroganova, E. V. et al. 2018. Use of cedar nuts shell to eliminate methylene blue from water solutions. Proceedings of the conf. *Topical issues in environmental protection*, Belgorod, 17–19 September, 2018. Belgorod, pp. 104–108. EDN: LBOAQZ. (In Russ.)
- Egorova, E. Yu., Mitrofanov, R. Yu., Lebedeva, A. A. 2007. Low temperature preparation of sorbent from cedar nut shell. *Polzunovskiy Vestnik*, 3, pp. 35–39. EDN: KZCLDN. (In Russ.)
- Karabaeva, M. I., Mirsalimova, S. R., Salikhanova, D. S., Ubaidullayeva, N. N. 2023. Adsorption water purification with adsorbents based on vegetable raw materials. *Chemistry of Plant Raw Material*, 3, pp. 47–62. EDN: BKAКTP. (In Russ.)
- Kishkovskii, Z. N., Merzhanian, A. A. 1986. Technology of wine making. Moscow. (In Russ.)
- Kushnerova, E. V., Ageeva, N. M. 2010. Comparative analysis of modern ways to reduce the must acidity. *Almanac of Modern Science and Education*, 8, pp. 80–84. EDN: OPNDFT. (In Russ.)
- Labuzova, O. M., Noskova, T. V., Il'ina, E. G. 2015. Obtaining active charcoal from cedar nuts shell to aluminium elimination from water. Proceedings of the Intern. conf. *Lomonosov Readings in Altai*, Barnaul, 20–24 October, 2015. Barnaul, pp. 1515–1518. EDN: UVPJHR. (In Russ.)
- Litovchenko, A. M., Tyurin, S. T. 2004. Technology of fruit wines. Simferopol. (In Russ.)
- Markovskiy, M. G. 2006. Improvement of technology and quality assessment methods of grape wines on the base of analysis and adjustment of their acid composition. Abstract of Ph.D. dissertation. Krasnodar. (In Russ.)
- Methods of technochemical control in winemaking. 2009. Ed. Gerzhikova V. G. Simferopol. (In Russ.)
- Nikiforova, T. E., Kozlov, V. A., Bagrovskaya, N. A., Rodionova, M. V. 2007. Sorption purification of wines. *Chemistry of Plant Raw Material*, 1, pp. 69–73. EDN: HETVFO. (In Russ.)
- Obozhin, A. N., Ageeva, N. M., Markovskij, M. G. 2003. Application of complex mineral sorbents for wine treatment. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 4(275), pp. 114–115. EDN: QCPISP. (In Russ.)
- Oganesyants, L. A. 1984. Development of a new method for producing special type fruit and berry wines. Ph.D. Thesis. Moscow. (In Russ.)
- Suprun, N. P., Puldi, V. V., Gusakova, G. S., Evstaf'ev, S. N. 2022. Method for production white apple wine, Russian Federation, Pat. RU2783427. (In Russ.)
- Suprun, N. P. 2023. Pine nuts shell sorbent influence on the organic acids composition and apple wines volatile components. *Bulletin of KSAU*, 8, pp. 266–272. EDN: NBRMNF. (In Russ.)
- Hristjuk, V. T., Yakuba, Yu. F., Babenkova, V. A. 2011. The improved technological scheme of port manufacture from perspective red and white wine sorts. *Scientific Journal of KubSAU*, 71, pp. 161–170. EDN: OIGYEN. (In Russ.)
- Chesnokov, N. V., Mikova, N. M., Ivanov, I. P., Kuznetsov, B. N. 2014. Obtaining carbon sorbents by chemical modification of fossil coals and plant biomass. *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*, 7(1), pp. 42–53. EDN: RZDEPP. (In Russ.)
- Shaikhiev, I. G., Svergzuzova, S. V., Shaikhieva, K. I., Saponova, Zh. A. 2020. Use of the walnut shell (*JUGLANS REGIA*) as a sorption material to remove pollutants from natural and waste water. *Chemistry of Plant Raw Material*, 2, pp. 5–18. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020025622>. EDN: RZNSXY. (In Russ.)
- Shelkovskaya, N. K., Puchkin, I. A. 2013. Peculiarities of apple and pear raw material of Altai breeding for production of table wines. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 7, pp. 22–24. EDN: QUUVXT. (In Russ.)
- Cheng, Y., Watrelot, A. A. 2022. Effects of Saignée and bentonite treatment on phenolic compounds of Marquette red wines. *Molecules*, 27(11). Article number: 3482. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27113482>.
- Horvat, I., Radeka, S., Plavša, T., Lukić, I. 2019. Bentonite fining during fermentation reduces the dosage required and exhibits significant side-effects on phenols, free and bound aromas, and sensory quality of white wine. *Food Chemistry*, 285, pp. 305–315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.172>.

- Maslov, Bandić L., Puhelek, I., Jeromel, A., Jagatić Korenika, A.-M. et al. 2022. The effect of bentonite agents on the aroma composition of Sauvignon Blanc wines. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 87(1), pp. 51–60.
- Rakonczás, N., Kállai, Z., Kovács, B., Antal, G. et al. 2023. Comparison and intercorrelation of various bentonite products for oenological properties, elemental compositions, volatile compounds and organoleptic attributes of white wine. *Foods*, 12(2). Article number: 355. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12020355>.

Сведения об авторах

Иванова Кристина Радиковна – ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, Россия, 664074;
Иркутский национальный исследовательский технический университет, аспирант;
e-mail: kristinotchka_iskakova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9353-1075>

Kristina R. Ivanova – 83 Lermontov Str., Irkutsk, Russia, 664074;
Irkutsk National Research Technical University, PhD Student;
e-mail: kristinotchka_iskakova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9353-1075>

Привалова Елена Андреевна – ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, Россия, 664074;
Иркутский национальный исследовательский технический университет, канд. хим. наук, доцент;
e-mail: epriv@istu.edu, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7307-3117>

Elena A. Privalova – 83 Lermontov Str., Irkutsk, Russia, 664074;
Irkutsk National Research Technical University, Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor;
e-mail: epriv@istu.edu, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7307-3117>