

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-40-51>
УДК 663.252.6:[675.017.36:677.021.122.62]



Моделирование и разработка цифрового инструмента для автоматизации расчета органолептических показателей экстракта выжимок винограда в зависимости от температуры экстрагирования

Е.А. Иванова✉¹, А.С. Бородихин², Т.В. Першакова³

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»;
г. Краснодар, Российская Федерация
✉elena_is_kubagro@mail.ru

²Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;
г. Краснодар, Российская Федерация

³Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Кубанский институт профессионального образования»;
г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Разработка функциональных напитков на основе виноградных выжимок является перспективным направлением, что обусловлено доказанной эффективностью сохранения в них комплекса полифенольных соединений и витаминов. При этом автоматизация подбора различных режимов и параметров экстрагирования позволяет максимально сохранить биоактивные компоненты выжимок, повышая экономическую эффективность их утилизации. **Цель исследования.** Установление оптимальных температурных параметров экстракции биологически активных веществ из виноградных выжимок и создание программного обеспечения для прогнозирования их органолептических характеристик. **Объекты и методы исследования.** Биохимические (количественное определение кислотности, полифенольных соединений, витамина С, общего и редуцирующего сахаров), товароведческие (органолептическая оценка по параметрам внешний вид, аромат, вкус, цвет), функциональное моделирование, модульное и объектно-ориентированное программирование. **Результаты и обсуждение.** Установлен универсальный температурный оптимум экстракции 60°C для всех типов сырья, обеспечивающий максимальное качество экстрактов (средний балл 5,0). Отклонение от этого режима приводит к неполной экстракции (30-45°C) или термической деградации с появлением пригорелых тонов (85-100°C). При 60°C достигается баланс между экстракцией полифенолов/сахаров и сохранением термолабильного витамина С. Использование замороженных выжимок повышает сохранность биоактивных компонентов на 25-35% и снижает энергозатраты на 15-20%, что делает технологию экономически эффективной без модификации оборудования. Полученные в результате эксперимента результаты послужили источниками данных для разработки цифрового инструмента прогнозирования органолептических свойств экстрактов виноградных выжимок в зависимости от температурных параметров, а результаты компьютерного моделирования – для разработки алгоритма. Этот алгоритм учитывает начальную температуру экстрагента и режим обработки, позволяя оптимизировать технологический процесс и стандартизировать качество готовой продукции. Были выработаны функциональные требования к программному комплексу и осуществлена его программная реализация. **Заключение.** Полученные результаты позволят создавать стабильный функциональный продукт с заданными органолептическими и физико-химическими характеристиками. Внедрение разрабо-

танного цифрового решения соответствует глобальной тенденции цифровизации пищевой промышленности. Инструмент демонстрирует практическую реализацию принципов «умного производства» за счет использования математических моделей для управления технологическими параметрами.

Ключевые слова: виноградные выжимки, экстракт, цифровой инструмент, алгоритм, программный комплекс, температура экстрагирования, органолептический показатель, физико-химический показатель

Для цитирования: Иванова Е.А., Бородихин А.С., Першакова Т.В. Моделирование и разработка цифрового инструмента для автоматизации расчета органолептических показателей экстракта выжимок винограда в зависимости от температуры экстрагирования. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 40-51. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-40-51>

Simulation and development of a digital tool for automating the calculation of organoleptic properties of grape pomace extract depending on the extraction temperature

Е.А. Иванова✉¹, А.С. Бородихин², Т.В. Першакова³

¹*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin;
Krasnodar, the Russian Federation,
✉elena_is_kubagro@mail.ru*

²*The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking; Krasnodar, the Russian Federation*

³*Kuban Institute of Professional Education; Krasnodar, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. The development of functional beverages based on grape pomace is a promising area due to the proven effectiveness of preserving a complex of polyphenolic compounds and vitamins in them. At the same time, automation of the selection of various modes and parameters of extraction allows for the maximum preservation of the bioactive components of the pomace, increasing the cost-effectiveness of their utilization. **The goal of the research** is to establish optimal temperature parameters for the extraction of biologically active substances from grape pomace and creating software for predicting their organoleptic characteristics. **The objects and methods of the study.** Biochemical (quantitative determination of acidity, polyphenolic compounds, vitamin C, total and reducing sugars), commodity science (organoleptic assessment based on the parameters of appearance, aroma, taste, color), functional modeling, modular and object-oriented programming. **The results and discussion.** A universal optimum temperature for extraction of 60°C was established for all types of raw materials, ensuring the maximum quality of extracts (average score 5.0). Deviations from this temperature range resulted in incomplete extraction (30-45°C) or thermal degradation with the appearance of burnt tones (85-100°C). At 60°C, a balance was achieved between the extraction of polyphenols/sugars and the preservation of heat-labile vitamin C. The use of frozen pomace increased the preservation of bioactive components by 25-35% and reduced energy costs by 15-20%, making the technology cost-effective without equipment modification. The experimental results served as data for the development of a digital tool for predicting the organoleptic properties of grape pomace extracts depending on temperature parameters, and the results of computer modeling were used to develop an algorithm. The algorithm took into account the initial temperature of the extractant and the processing mode, allowing for process optimization and standardization of finished product quality. Functional requirements for the software package were developed, and its software implementation was implemented. **Conclusion.** The obtained results will enable the creation of a stable functional product with specified organoleptic and physicochemical characteristics. The implementation of the developed digital solution is in line with the global trend of digitalization in the food industry. The

tool demonstrates the practical implementation of “smart manufacturing” principles through the use of mathematical models to control process parameters.

Keywords: grape pomace, extract, digital tool, algorithm, software package, extraction temperature, organoleptic indicator, physicochemical indicator

For citation: Ivanova E.A., Borodikhin A.S., Pershakova T.V. Simulation and development of a digital tool for automating the calculation of organoleptic properties of grape pomace extract depending on the extraction temperature. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 40-51. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-40-51>

Введение. Виноградарство и виноделие – ключевые и динамично развивающиеся отрасли агропромышленного комплекса Краснодарского края. Благоприятные экологические условия региона позволяют выращивать столовые и технические сорта винограда различных сроков созревания с высокими качественными показателями.

Основными видами вторичного сырья в этих отраслях выступают некондиционный виноград, виноградные выжимки и гущевые осадки, содержащие значительное количество ценных компонентов. Доля таких отходов превышает 20% от общего объема перерабатываемого сырья, причем на выжимки приходится основная часть (20-25% от массы винограда) [1].

В настоящее время большинство специализированных предприятий по переработке винодельческих отходов прекратили деятельность. В результате около 80% выжимок складывается на открытых площадках вблизи производств или размещается на полях, что создает существенную экологическую нагрузку на территорию [2, 3].

Согласно данным исследования [4], виноградные выжимки представляют собой источник биологически ценных соединений, ключевыми из которых являются органические кислоты (с доминированием винной) и комплекс фенольных соединений.

Особое значение имеет высокая концентрация полифенолов, особенно в выжимках красных сортов винограда. Исследование [5] подтвердило антибактериальную эффективность экстрактов против патогенов *S. aureus*, *B. cereus* и *E. coli*.

Кроме того, выжимки содержат соединения, проявляющие ингибирующую актив-
Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

ность в отношении ферментов углеводного обмена, что определяет их потенциал для применения в профилактике диабета [6, 7].

Ряд исследований подтверждает антипролиферативную активность экстрактов виноградных выжимок. Valea и соавт. [8] установили, что экстракты ингибируют пролиферацию клеточных линий карциномы легкого и аденокарциномы молочной железы человека. В другом исследовании Spissu и соавт. [9] продемонстрировали снижение жизнеспособности метастатических клеток меланомы на 25-50% и подтвердили значительное подавление пролиферации клеток колоректального рака.

Таким образом, виноградные выжимки являются перспективным источником биологически активных соединений с доказанным потенциалом для применения в профилактике заболеваний и укреплении здоровья.

Извлечение ценных компонентов из этого сырья может осуществляться различными методами экстракции. В современной практике наряду с традиционными подходами активно развиваются и совершенствуются инновационные технологии.

К классическим методам относят пресование (горячее и холодное), водно-паровую дистилляцию, экстракцию органическими растворителями (перколяция, мацерация). Современные альтернативные методики включают ультразвуковую экстракцию, микроволновую экстракцию, ферментативный гидролиз, холодное прессование, в том числе с применением циклов замораживания-оттаивания [10, 11].

Исследование методов экстракции продолжает оставаться актуальным направлением. Renovato-Núñez и соавт. [12] провели

сравнительный анализ экстрактов, полученных методами мацерации, микроволновой и ультразвуковой обработки, с акцентом на содержание полифенолов и другие ключевые характеристики.

Эффективность различных подходов была продемонстрирована в работе Wani К.М. и др. [13], где установлено превосходство импульсного ультразвука над экстракцией горячей водой. Для извлечения термостабильных водорастворимых компонентов традиционно применяется непрерывная экстракция горячей водой по методу Сокслета [14].

Важным аспектом является модификация существующих методов. He Ch. и др. [15] описали методику полунепрерывной экстракции горячей водой под давлением, подчеркнув критическую роль выбора растворителя. В свою очередь, Chua L.S. и др. [16] экспериментально доказали, что предварительная ультразвуковая обработка сырья перед мацерацией значительно повышает выход фенольных соединений и антоцианов.

Ряд исследований посвящен применению физических методов для интенсификации процесса экстракции. В частности, Yuan J.F. и соавт. [17] изучили влияние микроволнового облучения на активность фермента β -глюкозидазы на этапе мацерации виноградного сырья.

Перспективным направлением является использование импульсного электрического поля, которое способствует улучшению экстракции, диффузии и прессования, одновременно минимизируя деградацию термостабильных соединений [18].

Классические подходы, основанные на селективности растворителей, также продолжают развиваться. Sharma, M. и др. [19] исследовали методы, позволяющие разделять биологически активные и инертные фракции растительного сырья в зависимости от их растворимости в различных средах.

Таким образом, существующие технологии переработки виноградных выжимок направлены на создание продуктов, сочета-

ющих высокую концентрацию биологически активных веществ с улучшенными органолептическими свойствами, соответствующими потребительским требованиям.

Однако следует отметить, что традиционные методы органолептического анализа требуют больших временных и материальных затрат на проведение серий экспериментов при различных температурных режимах. Цифровизация данного процесса позволит значительно сократить продолжительность исследований за счет прогнозирования результатов без натуральных испытаний.

Целью настоящего исследования является выявление оптимальных температурных режимов экстракции из виноградных выжимок сортов и разработка цифрового инструмента для автоматизированного расчета органолептических показателей экстракта в зависимости от температуры экстрагирования.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- проведение органолептического анализа полученных экстрактов с целью выявления исходных данных для компьютерного моделирования;
- установление корреляции между температурными параметрами экстракции и органолептическими характеристиками с целью использования полученных зависимостей в алгоритме цифрового инструмента;
- определение оптимальных параметров экстрагирования, обеспечивающих сохранение высоких органолептических свойств;
- разработка и описание функциональных требований к приложению;
- создание алгоритма обработки данных для автоматизированного расчета органолептических показателей экстракта в зависимости от температуры экстрагирования;
- программная реализация и апробация цифрового инструмента.

Объекты и методы. В качестве опытных образцов использовались выжимки

сортов винограда Анапа-Таманской подзоны Черноморской зоны виноградарства Краснодарского края Каберне Совиньон и Первенец Магарача: Каберне Совиньон (сладкие, замороженные); Первенец Магарача (сладкие, высушенные).

Органолептическую оценку экстрактов проводили по разработанной 5-балльной шкале, учитывающей следующие параметры: внешний вид и прозрачность, аромат (интенсивность и чистота), вкус (полнота букета и отсутствие посторонних тонов), цвет (интенсивность и оттенок). Анализ выполняла комиссия из пяти сертифицированных дегустаторов. Образцы кодировали и представляли в рандомизированном порядке при температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Между тестированием различных проб соблюдали интервалы с использованием нейтрализаторов вкуса.

Физико-химический анализ включал определение:

- кислотности (ГОСТ 6687.4-86);
- массовой доли сухих веществ (ГОСТ 6687.2-90);

– содержания полифенолов колориметрическим методом с реактивом Фолина-Дениса [20];

– общего и редуцирующего сахаров (ГОСТ 8756.13-87) [86];

- витамина С (ГОСТ 24556-89).

Все эксперименты выполняли в трехкратной повторности.

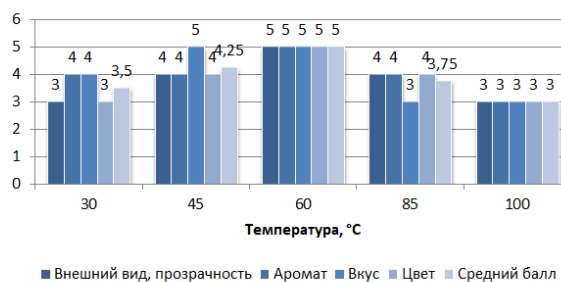
Экстракты готовили по унифицированной методике: навеску выжимок массой 20 г заливали 500 мл дистиллированной воды (гидромодуль 1:25). Для изучения температурной зависимости процесса экстрагирования проводили в течение 6 часов при гидромодуле 1:6, варьируя температуру в заданном диапазоне.

При разработке цифрового инструмента для расчета органолептических показателей экстракта виноградных выжимок в зависимости от температуры и времени экстрагирования использовались методы модульного и объектно-ориентированного программирования, а для разработки тре-

бований и функциональных возможностей – нотации языка функционального моделирования UML.

Результаты и обсуждение. По итогам подготовки исходных данных для моделирования процессов экстракции были получены результаты органолептической оценки, представленные на рисунке 1, а также оценены физико-химические показатели качества экстрактов, они приведены в таблице 1. По полученным значениям среднего балла органолептической оценки были выявлены и оценены зависимости (уравнения), которые легли в основу разработки алгоритма приложения.

Каберне Совиньон (сладкие, замороженные)



Первенец Магарача (сладкие, высушенные)

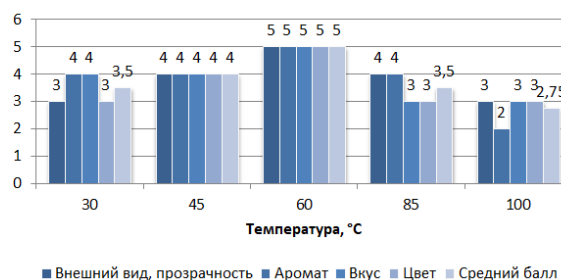


Рис. 1. Динамика изменения органолептических оценок экстрактов с ростом температуры экстрагирования
Fig. 1. Dynamic pattern in organoleptic assessments of extracts with increasing extraction temperature

Проведенный анализ показал, что температура 60°C является универсальным оптимумом экстракции для обоих типов сырья. При данном режиме достигается максимальный средний балл (5,0), свидетельствующий о сбалансированности органолептических характеристик.

Таблица 1. Физико-химические показатели экстрактов из виноградных выжимок, полученных при различных температурах экстрагирования
Table 1. Physical and chemical properties of grape pomace extracts obtained at different extraction temperatures

Образец	Температура, °С	Наименование показателя					
		Кислотность, %	Растворимые сухие вещества, %	Полифенольные вещества, мг/100 г	Витамин С, мг/100 г	Массовая доля сахаров, %	
						общ.	редуц.
Каберне Совиньон (сладкие, замороженные)	30	0,4±0,01	5,2±0,5	241,27±9,11	3,2±0,09	4,4±0,3	3,8±0,3
	45	0,4±0,01	6,0±0,5	286,74±12,10	3,8±0,11	5,2±0,3	4,0±0,3
	60	0,4±0,01	6,4±0,5	315,40±14,18	4,4±0,13	5,6±0,3	4,2±0,3
	85	0,5±0,01	6,9±0,5	384,37±15,58	2,7±0,08	6,1±0,3	5,3±0,3
	100	0,5±0,01	7,2±0,5	397,51±15,64	2,2±0,06	6,4±0,3	5,8±0,3
Первенец Мадарага (сладкие, высушенные)	30	0,2±0,01	3,8±0,5	115,89±5,05	1,3±0,04	3,0±0,3	2,4±0,3
	45	0,3±0,01	4,2±0,5	134,90±5,33	1,8±0,05	3,4±0,3	2,5±0,3
	60	0,3±0,01	4,8±0,5	151,02±6,19	2,7±0,08	4,0±0,3	3,2±0,3
	85	0,4±0,01	5,4±0,5	175,70±7,43	0,6±0,02	4,6±0,3	4,0±0,3
	100	0,4±0,01	5,7±0,5	202,48±9,79	0,3±0,01	4,9±0,3	4,3±0,3

Отклонение от оптимальной температуры в любую сторону приводит к ухудшению качества экстрактов. При низкотемпературной обработке (30-45 °С) наблюдается неполная экстракция вкусоароматических веществ, тогда как высокотемпературные режимы (85-100 °С) вызывают термическую деградацию – разрушение ароматических соединений и активацию реакций Майяра, что проявляется в виде нежелательных «пригорелых» тонов. Наибольшее ухудшение органолептических свойств зафиксировано при экстракции при 100 °С.

Исследование температурной зависимости физико-химических показателей экстрактов позволило установить следующие закономерности.

Для большинства параметров (кислотность, концентрация сухих веществ, полифенолов и сахаров) наблюдается монотонный рост при повышении температуры от 30°С до 100°С, что обусловлено интенсификацией диффузии и деструкцией клеточных стенок. Исключением является витамин С: содержание аскорбиновой кислоты достигает максимума при 60°С с последующим резким снижением вследствие термического разложения, подтверждающего термоллабильность данного соединения.

Экстракты из замороженных выжимок демонстрируют статистически значимое превосходство по физико-химическим пока-

зателям над образцами из высушенного сырья. Это свидетельствует о том, что криоконсервация обеспечивает лучшую сохранность биохимического потенциала сырья. Дополнительным преимуществом замороженных выжимок является их повышенная устойчивость к термической деградации при экстремальных температурных воздействиях.

Установлено, что температурный режим 60°С представляет собой оптимальный баланс между эффективностью экстракции и сохранностью ценных компонентов. Такая температура обеспечивает максимальное извлечение полифенолов и сахаров, минимальные потери термоллабильных соединений (в частности, витамина С) и оптимальные органолептические характеристики.

Применение данного режима позволяет достичь следующих технологических преимуществ:

- увеличение выхода целевых биологически активных веществ на 25-35%;
- улучшение органолептических показателей на 20-25%;
- снижение энергозатрат процесса на 15-20%;
- обеспечение стабильности качества готового продукта.

Реализация температурного оптимума 60°С представляет собой экономически эффективное решение, не требующее моди-

фикации оборудования. Сочетание данного режима с использованием замороженных выжимок обеспечивает максимальное сохранение химического и сенсорного потенциала готового продукта.

Полученные в результате эксперимента данные легли в основу разработки авторского цифрового инструмента «Автоматизированный расчет органолептических показателей экстракта выжимок винограда в зависимости от температуры экстрагирования». Он предназначен для прогнозирования органолептических показателей напитков, производимых методом водной экстракции из виноградных выжимок. Приложение позволяет автоматизировать расчет качества экстрактов, обогащенных биологически активными веществами, с учетом начальной температуры экстрагента и режима экстракции. Инструмент направлен на оптимизацию технологических параметров для достижения максимальных качественных характеристик готовой продукции.

Целевой аудиторией программного решения являются технологи и проектировщики предприятий пищевой промышленности.

Основные характеристики приложения: тип ЭВМ – IBM PC - совместимый; язык программирования: Object Pascal (Lazarus); операционные системы: Windows 7, Windows 10, Windows 11. Функциональные требования к разработке можно представить в нотации UML в виде диаграммы вариантов использования (Use-Case). Она показана на рисунке 2.



Рис. 2. Функционал приложения
Fig. 2. Application functionality

Основным пользователем (актером) системы выступает технолог (или проектировщик) пищевого производства. В его распоряжении находятся следующие функции:

- ввод исходных параметров экстракции: начальная температура, температура процесса, масса сырья, а также выбор сорта виноградных выжимок. Для массы предусмотрена возможность указания единиц измерения (граммы, килограммы, тонны) с автоматической конвертацией в граммы;
- расчет интегрального органолептического индекса на основе оценок цвета, вкуса и аромата по 5-балльной шкале;
- определение требуемого объема воды для экстракции;
- формирование итогового отчета с краткими технологическими рекомендациями.

Алгоритм работы системы основан на регрессионных моделях, полученных на предыдущих этапах исследования [21]. Общая схема алгоритма представлена на рисунке 3.

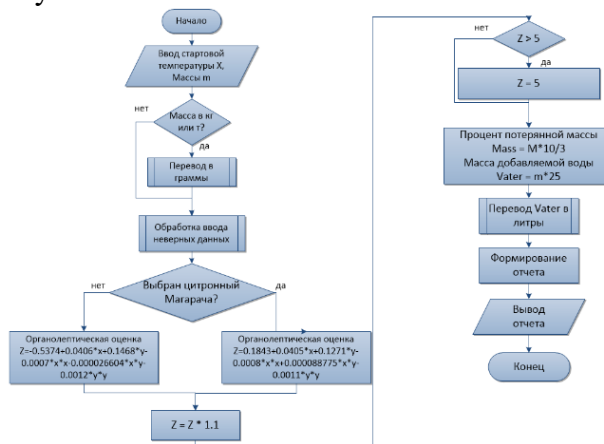


Рис. 3. Блок-схема алгоритма приложения
Fig. 3. Flowchart of the application algorithm

Для запуска цифрового инструмента необходимо выполнить файл УМКЭкстракция2024.exe. В стартовом интерфейсе приложения (рис. 4) размещены следующие элементы:

- поля ввода исходных параметров;
- краткое руководство пользователя;
- референс-изображение виноградных выжимок;
- QR-код для перехода на сайт разработчика.

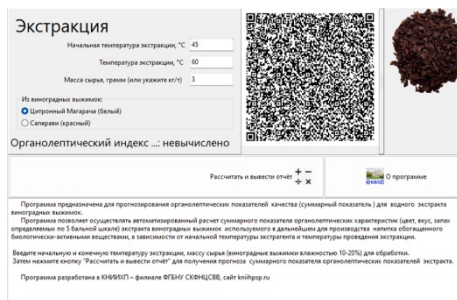


Рис. 4. Стартовое окно приложения
Fig. 4. Application launch window

Процедура расчета включает задание начальной и конечной температуры экстракции, указание массы сырья (влажность 10-20%), активацию функции «Расчитать и вывести отчет». Результаты в виде интегральной оценки органолептических свойств выводятся в текстовом поле нижней части интерфейса. Примеры работы системы представлены на рисунках 5 и 6.

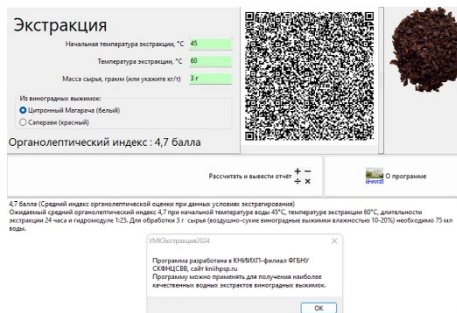


Рис. 5. Пример расчета 1
Fig. 5. Calculation example 1

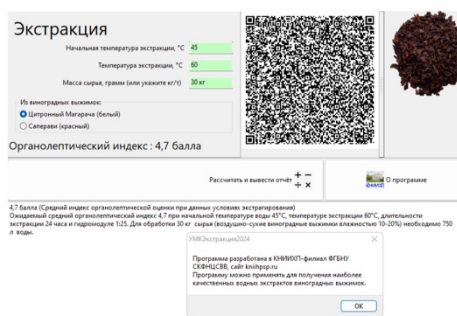


Рис. 6. Пример расчета 2
Fig. 6. Calculation example 2

Заключение. Результаты работы демонстрируют, что температурный фактор является одним из ключевых параметров, определяющих органолептические показатели экстрактов, полученных из виноградных выжимок.

Поддержание температуры экстракции на уровне 60°C представляет собой оптимальное технологическое решение, обеспечивающее рентабельность производства без необходимости модернизации оборудования. Применение замороженных выжимок в указанном режиме позволяет максимально сохранить биохимический состав и органолептические характеристики готового продукта.

Создание специализированного программного обеспечения для расчета органолептических показателей полностью отвечает потребностям современных предприятий в точном управлении качеством. Инструмент позволит технологическим службам оперативно определять оптимальные параметры экстрагирования, что особенно важно при работе с нестабильным по составу растительным сырьем. Также разработанное приложение устраняет субъективный фактор при оценке органолептических свойств, обеспечивая воспроизводимость результатов. Это особенно значимо для пищевой промышленности, где соблюдение стабильных характеристик продукции является критически важным параметром.

В целом, практическая реализация моделей, связывающих физико-химические параметры с сенсорными характеристиками продукта, полностью соответствует современным трендам создания «цифровых двойников» технологических процессов для предиктивного управления качеством.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология производства винодельческой продукции с использованием вторичных продуктов / Шелудько О.Н. [и др.] // Передовые исследования Кубани: сборник материалов Ежегодной отчетной конференции грантодержателей Кубанского научного фонда. Краснодар, 2023. С. 119-123. EDN: GDSEMR.
2. Современное состояние производства пищевых волокон из виноградных выжимок / Тихонова А.Н. [и др.] // Современные научные исследования: актуальные теории и концепции: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. М.: Олимп, 2016. С. 59-61. EDN: WXXQOL.
3. Чекмарева М.Г., Егян М.А. Технология комплексной переработки виноградной выжимки с получением энокрасителя и комплекса пищевых органических кислот // Актуальные проблемы науки и техники: материалы национальной научно-практической конференции. Ростов н/Д, 2020. С. 1672-1673. EDN: STOYLG.
4. Tikhonova A., Ageeva N., Globa E. Grape pomace as a promising source of biologically valuable components // *Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture: International Scientific Conference (BIOLOGIZATION)*. 2021. № 34. P. 6. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20213406002>.
5. Byproducts as Precious Resource of Natural Antimicrobials: In Vitro Antibacterial and Antibiofilm Activity of Grape Pomace Extracts against Foodborne Pathogens / Sateriale D. [et al.] // *Microorganisms*. 2024. № 12 (3). P. 437. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12030437>.
6. Potential anti-diabetic properties of Merlot grape pomace extract: An in vitro, in silico and in vivo study of α -amylase and α -glucosidase inhibition / Kato-Schwartz C.G. [et al.] // *Food Research International*. 2020. № 137. P. 109462. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109462>.
7. The Antidiabetic Effect of Grape Pomace Polysaccharide-Polyphenol Complexes / Campos F. [et al.] // *Nutrients*. 2021. № 13. P. 4495. <https://doi.org/10.3390/nu13124495>.
8. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative effects of the *Vitis vinifera* L. var. Fetească Neagră and Pinot Noir pomace extracts / Balea S.S. [et al.] // *Front. Pharmacol.* 2020. № 11. P. 990. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00990>.
9. Anti- and Pro-Oxidant Activity of Polyphenols Extracts of Syrah and Chardonnay Grapevine Pomaces on Melanoma Cancer Cells / Spissu Y. [et al.] // *Antioxidants*. 2023. № 12. P. 80. <https://doi.org/10.3390/antiox12010080>.
10. Мусифулина В.М., Омаров М.М. Сравнительная характеристика методов экстрагирования растительного сырья // *Вестник Инновационного Евразийского университета*. 2021. № 4 (84). С. 107-112. <https://doi.org/10.37788/2021-4/107-112>. EDN: FDDRXH.
11. Environmentally friendly swift and perfect extraction procedures for analysing the phytochemistry and proximate nutritional biochemistry of biomaterial processed from *Avicennia marina* leaves / Thamizharasan S. [et al.] // *Natural Product Research*. 2024. P. 1-10. <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2349805>.
12. Polyphenolic characterisation and antiprotozoal effect of extracts obtained by maceration, ultrasound, microwave and ultrasound/microwave of *Porophyllum ruderale*. (Jacq.) / Renovato-Núñez J. [et al.] // *Natural Product Research*. 2024. P. 1-5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2265532>.
13. Wani K.M., Uppaluri R.V.S. Comparative efficacy of ultrasound-assisted and hot water extraction of papaya leaves // *Journal of Herbal Medicine*. 2023. № 42. P. 100809. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100809>.
14. Recent trends in extraction of plant bioactives using green technologies: A review / Kumar M. [et al.] // *Food Chemistry*. 2021. № 353. P. 129431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129431>.
15. Semi-continuous pressurized hot water extraction of black tea / He Ch. [et al.] // *Journal of Food Engineering*. 2018. № 227. P. 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.02.001>.
16. Chua L.S., Wahab N.S.A., Soo J. Water soluble phenolics, flavonoids and anthocyanins extracted from jaboticaba berries using maceration with ultrasonic pretreatment // *Food Chemistry Advances*. 2023. № 3. P. 100387. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100387>.

17. Microwave irradiation: Effect of β -glucosidase activity by modulating its structural properties in grape maceration stage / Yuan J.F. [et al.] // *LWT*. 2024. № 191. P. 115650. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115650>.
18. Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization / Sagar N.A. [et al.] // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2018. № 17 (3). P. 512-531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>.
19. Sharma M., Kaushik P. Vegetable phytochemicals: An update on extraction and analysis techniques // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2021. № 36. P. 102149. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102149>.
20. Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Загоскина Н.В. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификация и сравнение // *Химия растительного сырья*. 2021. № 2. С. 291-299. DOI: 10.14258/jcrpm.2021028250.
21. Исследование влияния температуры экстрагирования виноградных выжимок на органолептические показатели экстрактов / Першакова Т.В. [и др.] // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2025. № 92. С. 42-56. DOI: 10.31360/2225-3068-2025-92-42-57.

REFERENCES

1. Technology of wine production using by-products / Sheludko O.N. [et al.] // *Advanced research of Kuban: collection of materials of the Annual reporting conference of grant holders of the Kuban Science Foundation*. Krasnodar, 2023. P. 119-123. EDN: GDSEMR. [In Russ.]
2. Current state of production of dietary fiber from grape pomace / Tikhonova A.N. [et al.] // *Modern scientific research: current theories and concepts: collection of materials of the XIV International scientific and practical conference*. Moscow: Olimp, 2016. P. 59-61. EDN: WXXQOL. [In Russ.]
3. Chekmareva, M.G., Egyan, M.A. Technology of complex processing of grape pomace to obtain grape skin extract and a complex of food organic acids // *Actual problems of science and technology: materials of the national scientific and practical conference*. Rostov n/d, 2020. P. 1672-1673. EDN: STOYLG. [In Russ.]
4. Tikhonova, A., Ageeva, N., Globa, E. Grape pomace as a promising source of biologically valuable components // *Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture: International Scientific Conference (BIOLOGIZATION)*. 2021. No. 34. P. 6. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20213406002>. [In Russ.]
5. Byproducts as Precious Resource of Natural Antimicrobials: In Vitro Antibacterial and Antibiofilm Activity of Grape Pomace Extracts against Foodborne Pathogens / Sateriale D. [et al.] // *Microorganisms*. 2024. No. 12 (3). P. 437. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12030437>.
6. Potential anti-diabetic properties of Merlot grape pomace extract: An in vitro, in silico and in vivo study of α -amylase and α -glucosidase inhibition / Kato-Schwartz C.G. [et al.] // *Food Research International*. 2020. No. 137. P. 109462. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109462>.
7. The Antidiabetic Effect of Grape Pomace Polysaccharide-Polyphenol Complexes / Campos F. [et al.] // *Nutrients*. 2021. No. 13. P. 4495. <https://doi.org/10.3390/nu13124495>.
8. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative effects of the *Vitis vinifera* L. var. Fetească Neagră and Pinot Noir pomace extracts / Balea S.S. [et al.] // *Front. Pharmacol.* 2020. No. 11. P. 990. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00990>.
9. Anti- and Pro-Oxidant Activity of Polyphenols Extracts of Syrah and Chardonnay Grapevine Pomaces on Melanoma Cancer Cells / Spissu Y. [et al.] // *Antioxidants*. 2023. No. 12. P. 80. <https://doi.org/10.3390/antiox12010080>.
10. Musifulina, V.M., Omarov, M.M. Comparative characteristics of plant raw material extraction methods // *Bulletin of the Innovative University of Eurasia*. 2021. Issue 4 (84). P. 107-112. <https://doi.org/10.37788/2021-4/107-112>. EDN: FDDRXH. [In Russ.]
11. Environmentally friendly swift and perfect extraction procedures for analyzing the phytochemistry and proximate nutritional biochemistry of biomaterial processed from *Avicennia marina* leaves /

Thamizharasan S. [et al.] // Natural Product Research. 2024. P. 1-10. <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2349805>. [In Russ.]

12. Polyphenolic characterization and antiprotozoal effect of extracts obtained by maceration, ultrasound, microwave and ultrasound/microwave of *Porophyllum ruderale*. (Jacq.) / Renovato-Núñez J. [et al.] // Natural Product Research. 2024. P. 1-5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2265532>.

13. Wani K.M., Uppaluri R.V.S. Comparative efficacy of ultrasound-assisted and hot water extraction of papaya leaves // Journal of Herbal Medicine. 2023. No. 42. P. 100809. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100809>.

14. Recent trends in extraction of plant bioactives using green technologies: A review / Kumar M. [et al.] // Food Chemistry. 2021. No. 353. P. 129431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129431>.

15. Semi-continuous pressurized hot water extraction of black tea / He Ch. [et al.] // Journal of Food Engineering. 2018. No. 227. P. 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.02.001>.

16. Chua L.S., Wahab N.S.A., Soo J. Water soluble phenolics, flavonoids and anthocyanins extracted from jaboticaba berries using maceration with ultrasonic pretreatment // Food Chemistry Advances. 2023. No. 3. P. 100387. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100387>.

17. Microwave irradiation: Effect of β -glucosidase activity by modulating its structural properties in grape maceration stage / Yuan J.F. [et al.] // LWT. 2024. No. 191. P. 115650. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115650>.

18. Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization / Sagar N.A. [et al.] // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2018. No. 17 (3). P. 512-531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>.

19. Sharma M., Kaushik P. Vegetable phytochemicals: An update on extraction and analysis techniques // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2021. No. 36. P. 102149. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102149>.

20. Nikolaeva, T.N., Lapshin, P.V., Zagorskina, N.V. Method for determination of total content of phenolic compounds in plant extracts with Folin-Denis reagent and Folin-Ciocalteu reagent: modification and comparison // Chemistry plant raw materials. 2021. Issue 2. P. 291-299. DOI: 10.14258/jcpm.2021028250. [In Russ.]

21. Study of the influence of grape pomace extraction temperature on the organoleptic properties of extracts / Pershakova T.V. [et al.] // Subtropical and ornamental gardening. 2025. Issue 92. P. 42-56. DOI: 10.31360/2225-3068-2025-92-42-57. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Иванова Елена Александровна, старший преподаватель кафедры системного анализа и обработки информации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица им. Калинина, дом 13. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7762>, e-mail: elena_is_kubagro@mail.ru

Бородихин Александр Сергеевич, научный сотрудник, «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная аллея, 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9904-8458>, e-mail: kniihpsp@kubannet.ru

Першакова Татьяна Викторовна, доктор техн. наук, доцент, профессор, автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Кубанский институт профессионального образования»; 350042, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Садовая, 218, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8528-0966>, e-mail: 7999997@inbox.ru

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

Elena A. Ivanova, Senior Lecturer, Department of Systems Analysis and Information Processing, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7762>, e-mail: elena_is_kubagro@mail.ru

Alexandr S. Borodikhin, Researcher, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9904-8458>, e-mail: kniihpsp@kubannet.ru

Tatiana V. Pershakova, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor, Kuban Institute of Professional Education; 350042, the Russian Federation, Krasnodar, 218 Sadovaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8528-0966>, e-mail: 7999997@inbox.ru

Заявленный вклад соавторов

Иванова Елена Александровна – оформление статьи по требованиям журнала, валидация данных, описание цифрового инструмента.

Бородихин Александр Сергеевич – разработка цифрового инструмента.

Першакова Татьяна Викторовна – подбор литературных источников, разработка методики исследования, проведение экспериментов.

Claimed contribution of the authors

Elena A. Ivanova – article formatting according to the Journal requirements, data validation, digital tool description.

Alexander S. Borodikhin – digital tool development.

Tatyana V. Pershakova – literature selection, research methodology development, and experimentation.

Поступила в редакцию 29.10.2025

Поступила после рецензирования 27.11.2025

Принята к публикации 28.11.2025

Received 29.10.2025

Revised 27.11.2025

Accepted 28.11.2025