

Рецептура и антиоксидантная способность сливового и яблочного соков

Фролов Д.И., Алмакаева Е.А.

Аннотация. Проведена оценка общего содержания фенольных соединений (ОСФС) и антиоксидантного потенциала осветленных сливового и яблочного соков с целью научного обоснования рецептуры их оптимальной купажной композиции. Восстановленные соки стандартизировали по нормативному содержанию растворимых сухих веществ. ОСФС определяли спектрофотометрическим методом с реактивом Фолина – Чокалтеу; суммарную антиоксидантную активность анализировали методами FRAP и DPPH. Органолептические характеристики полученных купажей оценивали с помощью дегустационного анализа. Установлена высокая линейная корреляция между ОСФС и антиоксидантными показателями, а также между методами FRAP и DPPH ($R^2 = 0,943$). Образец купажа с наивысшей органолептической оценкой достоверно превосходил монокомпонентный яблочный сок по ОСФС и антиоксидантной активности, уступая при этом чистому сливовому соку. Содержание фенольных соединений в оптимизированном образце составило $1162,79 \pm 15,02$ мг ГКЭ/л, активность по тестам FRAP и DPPH – $12043,57 \pm 12,37$ мкмоль Fe(II)/л и $3,07 \pm 0,02$ ммоль ТЭ/л соответственно. Научная новизна исследования заключается в обосновании соотношения сливового и яблочного соков, обеспечивающего баланс высоких сенсорных качеств и обогащения продукта нативными полифенольными антиоксидантами.

Ключевые слова: фруктовый сок, яблоко, слива, общие фенолы, антиоксидантная способность, сенсорный анализ.

Для цитирования: Фролов Д.И., Алмакаева Е.А. Рецепттура и антиоксидантная способность сливового и яблочного соков // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 3. С. 98–102.

Formulation and antioxidant capacity of plum and apple juices

Frolov D.I., Almakaeva E.A.

Abstract. The total phenolic content (TPC) and antioxidant potential of clarified plum and apple juices were evaluated to scientifically substantiate the formulation of an optimal blend. Reconstituted juices were standardized to meet regulatory requirements for soluble solids content. TPC was determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu reagent, while total antioxidant activity was analyzed via FRAP and DPPH assays. The organoleptic characteristics of the resulting blends were assessed through sensory analysis. A strong linear correlation was established between TPC and antioxidant metrics, as well as between the FRAP and DPPH methods ($R^2 = 0.943$). The blend sample with the highest organoleptic score significantly outperformed single-component apple juice in terms of TPC and antioxidant activity, though it ranked lower than pure plum juice. The phenolic content in the optimized sample was 1162.79 ± 15.02 mg GAE/L, with antioxidant activity values of 12043.57 ± 12.37 μ mol Fe(II)/L (FRAP) and 3.07 ± 0.02 mmol TE/L (DPPH). The scientific novelty of the study lies in determining the optimal ratio of plum to apple juice to achieve a balance between superior sensory qualities and enrichment of the product with native polyphenolic antioxidants.

Keywords: fruit juice, apple, plum, total phenols, antioxidant capacity, sensory analysis.

For citation: Frolov D.I., Almakaeva E.A. Formulation and antioxidant capacity of plum and apple juices. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 3. pp. 98–102. (In Russ.).

Введение

Сливы и яблоки являются широко распространёнными фруктами, выращиваемыми в России и обычно используемыми в производстве джемов, мармеладов, компотов, детского питания, сухофруктов и фруктовых соков. Эти фрукты также являются важными источниками природных антиоксидантов в рационе человека. Большое количество сахара в сливах и яблоках обуславливает их исключительную фруктовую сладость. Свободные органические кислоты вместе с углеводами и летучими соединениями вносят вклад в их уникальный вкус, влияя на богатство сока. Кроме того, эти фрукты содержат много фенольных соединений, таких как флавоноиды, проявляющих антиоксидантную способность [1].

Авторы [2] проанализировали различные сорта слив и яблок с точки зрения содержания общих фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантной способности с целью определения их вклада в здоровье человека. Анализ различных сортов слив подтвердил высокое содержание флавоноидов, общих фенольных соединений, антиоксидантную способность и наличие следующих фенолов: кофейной кислоты, цианидин, пенидин, кверцетин и другие [3]. Фенолы, обнаруженные в яблочном соке, были следующими: хлорогеновая кислота, кофейная кислота, п-кумаровая кислота, эпикатехин, катехин, кверцетин и другие [4].

Положительная корреляция, обнаруженная между содержанием общих фенольных соединений и антиоксидантной способностью, позволяет предположить, что фенолы могут быть ответственны за антиоксидантную способность пищевых продуктов и напитков [5]. Было доказано, что потребление *in vivo* соков, богатых фенолами, может способствовать здоровью человека [6, 7, 8].

Поэтому целью данного эксперимента являлась разработка осветлённого сливового сока, смешанного с яблочным соком в различных соотношениях. Были исследованы антиоксидантная способность и общее содержание фенолов полученных фруктовых соков. Была выбрана наиболее подходящая с сенсорной точки зрения комбинация этих соков.

Объекты и методы исследования

Сливовый и яблочный соки получали из концентрированного фруктового сока, разбавленного до содержания сухих веществ, предписанного нормативными документами. Сливовый сок смешивали с 80, 60, 40, 20 или 0 % яблочного сока (образцы В, С, D, E, F соответственно), при этом 100 % яблочный сок (образец А) использовали в качестве контроля. Значение pH измеряли методом прямой потенциометрии (pH-метр со стеклянным электродом).

Общее содержание фенольных соединений

определяли с использованием метода Фолина – Чокальтеу. Двести микролитров раствора образца, разбавленного в соответствующем растворителе, смешивали с 1000 мкл 1:10 разбавленного реагента Фолина – Чокальтеу. Через 6 мин добавляли 800 мкл карбоната натрия (75 г/л). Образец выдерживали 120 мин при комнатной температуре, после чего измеряли оптическую плотность при 760 нм. В качестве контроля использовали растворитель вместо разбавленного образца. Галловую кислоту использовали в качестве стандарта, общее содержание фенольных соединений выражали в мг эквивалентов галловой кислоты (мг ГКЭ)/л сока. Измерения проводили в трёхкратной повторности и рассчитывали средние значения.

Тест FRAP основан на восстановительном потенциале антиоксидантных веществ. Этот метод использовали для определения антиоксидантной способности соков. Метод FRAP выполняли согласно процедуре: реагент FRAP готовили из ацетатного буфера (300 мМ, pH 3,6), раствора TPTZ (10 мМ TPTZ в 40 мМ HCl) и раствора FeCl₃ (20 мМ в воде) в объёмном соотношении 10:1:1 соответственно. Образец, содержащий 3 мл свежеприготовленного FRAP и 100 мкл разбавленного образца, инкубировали при 37 °C в течение 4 мин и измеряли оптическую плотность при 593 нм. Стандартную кривую строили с использованием раствора FeSO₄, результаты выражали в мкмоль Fe (II)/л сока. Все анализы проводили в трёхкратной повторности.

Для анализа DPPH использовали 0,1 мМ метанольный раствор реагента DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил). Образцы растворяли в подходящем растворителе. К 300 мкл разбавленного образца приливали 2700 мкл метанольного раствора реагента DPPH. После 30 мин инкубации в темноте при комнатной температуре измеряли оптическую плотность при 517 нм. Результаты представляли в ммоль ТЭ/л сока. Измерения проводили в трёхкратной повторности.

Все измерения проводили в трёхкратной повторности, результаты выражали как среднее ± стандартное отклонение. Результаты общего содержания полифенолов и антиоксидантной способности (методы FRAP и DPPH) анализировали с использованием ANOVA.

Таблица 1 – Значение pH образцов

Образцы	Соотношение яблочного и сливового соков, %	Значения pH
A	100:0	3,61
B	80:20	3,62
C	60:40	3,64
D	40:60	3,66
E	20:80	3,67
F	0:100	3,68

Результаты и их обсуждение

В настоящее время подчёркивается, что поддержание кислотно-щелочного баланса имеет большое значение для здоровья человека. Кислотность организма всё чаще упоминается в негативном контексте. Поэтому следует практиковать ощелачивающую диету, богатую овощами, фруктами и фруктовыми соками. Значение pH образцов было довольно кислым и может способствовать лучшему кислотно-щелочному балансу организма (таблица 1).

Общее содержание фенолов в образцах, определённое с использованием реагента Фолина – Чокальтеу, представлено на рисунке 1. Значения увеличивались с увеличением количества сливового сока и варьировались от $515,52 \pm 10,78$ мг ГКЭ/л сока для 100 % яблочного сока (А) до $1517,38 \pm 44,63$ мг ГКЭ/л для 100 % сливового сока (F).

Эти значения согласуются с результатами, полученными для натуральных свежесжатых соков сладкой черешни, земляники, красной малины и ежевики [8]. Кроме того, они соотносятся с данными по общим фенолам различных сортов слив [9], а также с результатами, полученными для слив, яблок и их соков.

Антиоксидантная способность образцов, определённая методами FRAP и DPPH, представлена на рисунках 2 и 3 соответственно.

Результаты, полученные методом FRAP, варьировались от $4731,19 \pm 20,62$ мкмоль Fe (II)/л для яблочного сока до $15072,86 \pm 42,86$ мкмоль Fe (II)/л для сливового сока.

Антиоксидантная активность сформулированных соков по методу DPPH представлена на рисунке 3. Значения варьировались от наименьшего $1,17 \pm 0,01$ ммоль ТЭ/л для образца А до наибольшего значения $5,21 \pm 0,08$ ммоль ТЭ/л для образца F.

Сливовый сок продемонстрировал почти в три раза более высокое значение общих фенолов, чем яблочный сок, и в три или даже пять раз более высокие значения FRAP и DPPH соответственно. По предварительному сенсорному анализу наилучший по оценке образца сока (D) с исключительным ароматом показал достоверно более высокие значения общего содержания фенольных соединений и антиоксидантной способности, чем яблочный сок (А), но достоверно более низкие по сравнению со сливовым соком (F) (данные не показаны).

Общее содержание фенольных соединений в наилучшем, по сенсорной оценке, соке составило $1162,79 \pm 15,02$ мг ГКЭ/л, тогда как активность FRAP и DPPH составила $12043,57 \pm 12,37$ мкмоль Fe (II)/л и $3,07 \pm 0,02$ ммоль ТЭ/л соответственно.

Наблюдались чрезвычайно высокие корреляции между общим содержанием фенольных соединений и обоими методами, использованными для определения антиоксидантной способности (0,982 и 0,947 для FRAP и DPPH соответственно), а также между тестами FRAP и DPPH ($R^2 = 0,943$). Эти высокие значения указывают на то, что фенольные

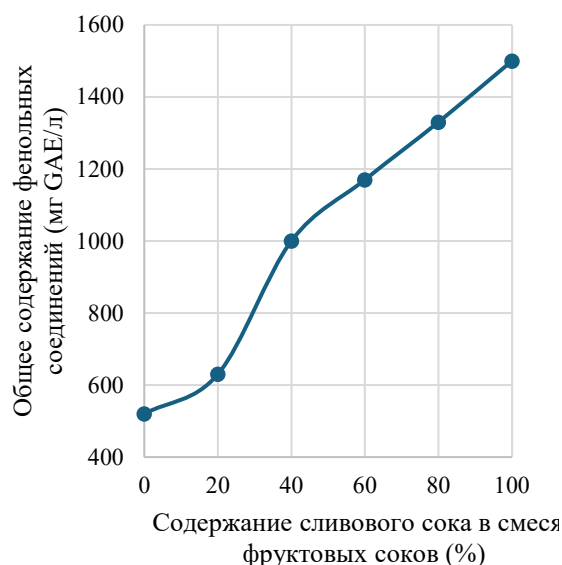


Рис. 1. Общее содержание фенольных соединений (TPC) в сливовом соке, смешанном с яблочным соком

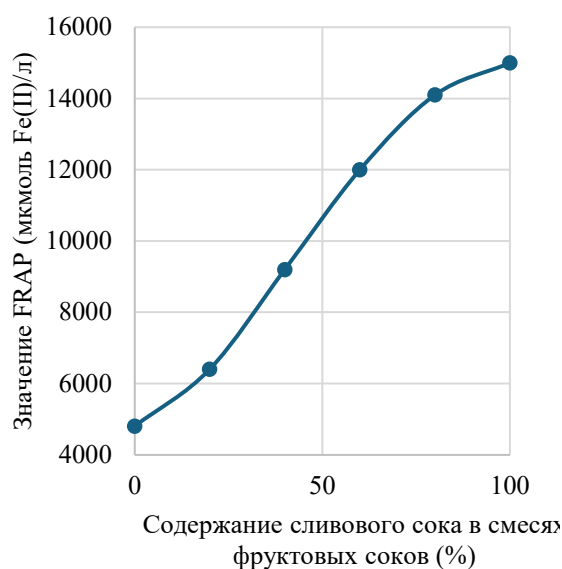


Рис. 2. Антиоксидантная способность по методу FRAP сливового сока, смешанного с яблочным соком

соединения могут быть ответственны за антиоксидантную способность исследуемых соков. Кроме того, методы, использованные для определения антиоксидантной активности, показали очень высокую корреляцию.

Полученные результаты согласуются с данными ранее опубликованных исследований о содержании фенольных соединений и антиоксидантной способности фруктовых соков. Установлено, что увеличение доли сливового сока в образцах приводит к повышению общего содержания полифенолов и антиоксидантной способности, что обусловлено более высоким содержанием фенольных соединений в сливе по сравнению с яблоком. Сливовый сок продемонстрировал почти в три раза более высокое значение общих фенолов, чем яблочный сок, и в три или даже пять раз более высокие значения FRAP и

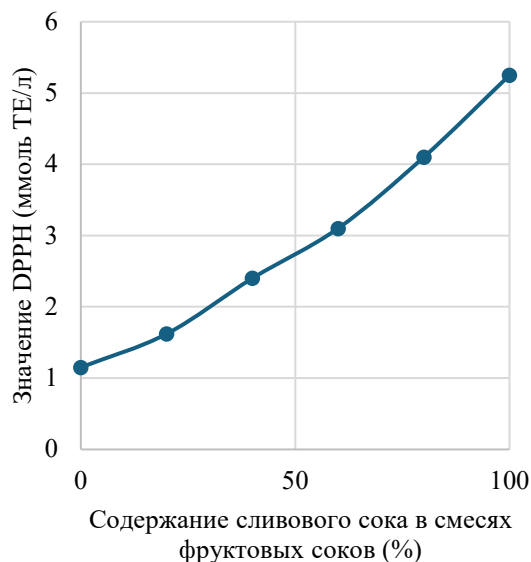


Рис. 3. Антиоксидантная способность по методу DPPH сливового сока, смешанного с яблочным соком

DPPH соответственно, что согласуется с данными, полученными для различных сортов слив и яблок.

Высокие коэффициенты корреляции между общим содержанием фенольных соединений и обоими методами определения антиоксидантной способности (0,982 и 0,947 для FRAP и DPPH соответственно), а также между самими методами ($R^2 = 0,943$), подтверждают, что именно фенольные соединения вносят основной вклад в антиоксидантную способность исследуемых соков.

Следует отметить, что, несмотря на более низкие значения общего содержания фенольных соединений и антиоксидантной способности по

сравнению с чистым сливовым соком, образец D, содержащий 40 % яблочного и 60 % сливового сока, получил наилучшую сенсорную оценку благодаря гармоничному кисло-сладкому вкусу и типичному сливово-яблочному аромату. Это указывает на возможность получения высокоприемлемого продукта с повышенной антиоксидантной активностью путём смешивания сливового и яблочного соков.

Таким образом, результаты проведённого исследования развивают существующие представления о влиянии соотношения смешиваемых соков на их антиоксидантные свойства и подтверждают перспективность создания сокодержавщих продуктов с заданными функциональными свойствами.

Выводы

С целью увеличения потребления слив в рационе были разработаны различные комбинации сливового и яблочного соков. Соки обладали гармоничным кисло-сладким вкусом и типичным сливово-яблочным ароматом. Увеличение доли сливового сока в образцах способствовало повышению общего содержания полифенолов и антиоксидантной способности. Высокая корреляция между использованными методами показала, что содержание общих фенолов влияет на антиоксидантную способность соков. Сливовый сок в сочетании с яблочным соком может быть богатым источником антиоксидантов с эффектом, способствующим укреплению здоровья. Наилучшим, по сенсорной оценке, признан образец с соотношением яблочного и сливового соков 40:60, который может быть рекомендован для производства функциональных сокодержавщих напитков.

Литература

- [1] J. Bermúdez-Soto M., A. Tomás-Barberán F. Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices //European Food Research and Technology. – 2004. – Т. 219. – №. 2. – С. 133-141.
- [2] Wootton-Beard P. C., Moran A., Ryan L. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods //Food research international. – 2011. – Т. 44. – №. 1. – С. 217-224.
- [3] Fu L. et al. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits //Food chemistry. – 2011. – Т. 129. – №. 2. – С. 345-350.
- [4] Kim D. O. et al. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums //Journal of agricultural and food chemistry. – 2003. – Т. 51. – №. 22. – С. 6509-6515.
- [5] Chun O. K. et al. Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums //

References

- [1] J. Bermúdez-Soto M., A. Tomás-Barberán F. Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices //European Food Research and Technology. – 2004. – Т. 219. – No. 2. – pp. 133-141.
- [2] Wootton-Beard P. C., Moran A., Ryan L. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods //Food research international. – 2011. – Т. 44. – No. 1. – pp. 217-224.
- [3] Fu L. et al. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits //Food chemistry. – 2011. – Т. 129. – No. 2. – pp. 345-350.
- [4] Kim D. O. et al. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums //Journal of agricultural and food chemistry. – 2003. – Т. 51. – No. 22. – pp. 6509-6515.
- [5] Chun O. K. et al. Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums //

- Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2003. – Т. 51. – №. 25. – С. 7240-7245.
- [6] Manach C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability //The American journal of clinical nutrition. – 2004. – Т. 79. – №. 5. – С. 727-747.
- [7] Кароматов И. Д., Баймурадов Р. С. Виноград и сердечно-сосудистая система //Биология и интегративная медицина. – 2023. – №. 2 (61). – С. 180-203.
- [8] Кенийз Н. В., Варивода А. А. Биологически активные компоненты в питании человека за счет потребления соков и напитков //Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2020. – Т. 6. – №. 65. – С. 50.
- Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2003. – Т. 51. – No. 25. – pp. 7240-7245.
- [6] Manach C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability //The American journal of clinical nutrition. – 2004. – Т. 79. – No. 5. – pp. 727-747.
- [7] Karomatov I. D., Baimuradov R. S. Grapes and the cardiovascular system // Biology and Integrative Medicine. – 2023. – No. 2 (61). – P. 180–203.
- [8] Keniiz N. V., Varivoda A. A. Biologically active components in human nutrition derived from the consumption of juices and beverages // Technology and Commodity Science of Innovative Food Products. – 2020. – Vol. 6. – No. 65. – P. 50.

Сведения об авторах

Information about the authors

Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru	Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru
Алмакаева Елена Анатольевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11	Almakaeva Elena Anatolyevna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University