

**Бурак Л.Ч**

Учреждение образования «Могилевский государственный университет  
продовольствия», РБ, г. Могилев, проспект Шмидта,3  
тел./факс (375) (0222) 48-00-11, e-mail: mgur@mogilev.by

**Завалей А.А**

СООО «Ароматик», РБ, г. Дзержинск, ул. Колхозная, 1  
тел./факс (375) (01716) 5-06-81, e-mail: andrey@aromatik.by

## **ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ БУЗИНЫ ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Проведен анализ изменения содержания полифенольных соединений плодов бузины в процессе производства сока. Были определены содержания флавоноидов, нефлавоноидных составляющих, флаван-3-олов, гидролизованных танинов. Общее количество фенольных соединений, флавоноидов, нефлавоноидных составляющих, флаван-3-олов и гидролизованных танинов были установлено посредством использования колориметрического метода Фолина-Чикальтеу. Суммарное содержание фенолов составило 42,95 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества. Были обнаружены в высоких концентрациях гидролизованные танины. Выявлено что после бланширования плодов концентрации всех полифенольных соединений уменьшается почти на 20%. При концентрировании плодового сока бузины большинство полифенольных соединений не претерпевали разрушения. Полученные результаты свидетельствуют, что сырые плоды бузины также как и концентрированный плодовой сок являются потенциальным источником полифенольных соединений.

Ключевые слова: бузина, сок, фенолы, флавоноиды, танины

## **STUDY OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS STABILITY DURING PROCESSING OF ELDERBERRY CULTIVARS WHICH GROW IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

Burak L. Ch. Zavaley A.A

There was performed analysis of changes in the content of polyphenolic compounds in the elderberry fruits during their processing into fruit juice. There were identified concentrations of flavonoids, non-flavonoid components, flavan-3-ols and hydrolyzed tannins. The total content of phenolic compounds, flavonoids, non-flavonoid components, flavan-3-ols and hydrolyzed tannins were determined with the use of colorimetric method of Folin-Chikalteu. The total content of phenols was found to be 42.95 mg-eq of gallic acid per gramm of dry matter. Hydrolyzed tannins were determined in high concentrations. It was ascertained that after elderberry fruits blanching concentrations of all polyphenolic compounds decreased by almost 20%. During concentrating of elderberry fruit juice most of polyphenolic compounds did not undergo destruction. Obtained results indicate that

raw elderberry fruits as well as concentrated elderberry fruit juice are a potential source of polyphenolic compounds.

Keywords: elderberry, juice, phenols, flavonoids, tannins

### Введение

Продукты функционального назначения - напитки, обогащенные биологически активными веществами, созданные на основе сырья растительного происхождения и несущих дополнительную функциональную нагрузку на различные системы жизнедеятельности, способствует оказанию направленного профилактического эффекта на организм. [1, 2]

Литературные данные свидетельствуют, что в технологических разработках новых пищевых готовых продуктов, в качестве сырья сокодержательной продукции может использоваться бузина черная. Бузина (*Sambucus*) или ее народные названия - бузина черная, бэз черны, базак - род цветковых растений семейства Адоховые (*Adoxaceae*), включающий около двадцати пяти видов кустарников, распространена в юго-западной и южной полосе европейской части России, в Беларуси, на Украине, в горах Кавказа до среднегорного пояса. Растет в подлесках лиственных лесов, реже смешанных и хвойных, на плодородных землях, на опушках. [3]

Во внимание принята бузина черная, плоды которой можно перерабатывать в сок, который имеет значительное содержание биологически активных веществ, и, на основе которого можно производить различные продукты и напитки.

Свежие ягоды данного сорта редко употребляются в пищу в сыром виде; в большинстве случаев плоды обрабатываются для получения концентратов и соков. Отжатый сок плодов бузины содержит разнообразные сахара и органические кислоты. Сок бузины характеризуется высокими концентрациями антоцианов.

Среднее содержание воды в ягодах составляет около 80 %, нерастворимые вещества 8,85 %, а растворимые - 11,41 %. Сахара дикорастущих плодов и ягод богаты богаты в основном глюкозой и фруктозой, в бузине содержание инвертного сахара составляет 5,2 %, глюкозы - 2,8 %, фруктозы - 2,5 %, свободные кислоты (в пересчете на яблочную) - 1,1 %, дубильные вещества - 0,31 %, клетчатка - 6,95 %, азотистые вещества - 2,56 % и зола - 0,64 %. Кроме сахаров в состав входят углеводы более сложного строения – крахмал, клетчатка и пектиновые вещества [4].

В цветках бузины черной содержатся: до 82 мг % аскорбиновой кислоты, гликозид самбунигрин, расщепляющийся на синильную кислоту, бензальдегид и глюкозу, а так же рутин, эфирное масло (до 32%), холин, хлорогеновая, кофейная, валериановая, яблочная и уксусная кислоты. Плоды содержат до 50 мг аскорбиновой кислоты, каротин дубильные вещества, карбоновые и аминокислоты; из незрелых ягод выделен самбунигрин, из семян - жирное масло. Листья содержат самбунигрин, эфирное масло, гексеновый и гликолевый альдегиды; в свежих листьях найдена аскорбиновая кислота и каротин; кора ветвей содержит эфирное масло, холин, ситостерин [5,6]

Было проведено несколько исследований на содержание антоцианов и других полифенильных соединений в различных сортах бузины черной, в результате которых, однако, в них недостаточно было уделено внимания содержанию сахаров и органических кислот [7, 8, 9, 10]

Лечебный потенциал бузины заключается в его антиоксидантных свойствах.

[11]

Недавние исследования в США показали, что измерение антиоксидантного потенциала различных ягод, вывело бузину черную на первое место, опередив клюкву и чернику, которые являются, чуть ли не лучшими ягодами, обладающими высоким уровнем антиоксидантной защиты. Свежий сок бузины, также, содержит сырого протеина 1,10%, 0,26% жиров, углеводов 6,9%, пектин 0,76%, дубильных веществ 0,89%, золы 0,80%, воды 90,9% [12]. В числе других компонентов перечисляются гликозиды, в том числе самбунигрин (придает горечь соку), рутин, холин, каротиноиды, органические кислоты - яблочную, валериановую, уксусную, хлорогеновую, кофейную и аминокислоты. Кроме того, бузиновый сок содержит 20 - 30 мг % витамина С. [13]

В литературе дискутируется состав полифенолов в бузине [14]

Многие исследования подтверждают наличие полифенольных комплексов во фруктовых соках, в том числе соке бузины, богатым на антоцианы и флавонолы [15]

Важнейшими полифенолами, содержащимися в бузине являются антоцианы, главным образом, цианидин 3-глюкозид [16]

Среди различных распространенных флавоноидов растительного происхождения, цианидин имеет один из самых высоких уровней антиоксидантной активности [17]

Многие ученые отмечают роль бузины в повышении иммунитета [18]

Анализ литературы показал, что зарубежными исследователями, а именно – европейскими, американскими и канадскими, большое внимание уделяется изучению антиоксидантных свойств бузины, российскими и украинскими – химического состава плодов, польскими – агротехническим приемам выращивания. В отечественной литературе существуют единичные сведения об изучении биохимического состава и пищевой ценности бузины. Исследование тенденций на рынке сокодержущей продукции в Республике Беларусь свидетельствует о возросшем потребительском спросе на напитки профилактического и функционального назначения. Совершенствование существующих технологий производства сокодержущей продукции с увеличением содержания биологически активных веществ является актуальной проблемой современности. В настоящее время во всем мире уделяется значительное внимание созданию продукции, которая носит оздоровительный характер. Это предполагает разработку продукции с новыми технологиями с заданными свойствами, сбалансированными в пищевом отношении и биологически полноценными. Создание таких продуктов возможно при условии сохранения ценных природных качеств пищевых продуктов, использования нетрадиционных видов сырья, совершенствования существующих технологий производства.

Принимая во внимание то, что ягоды бузины являются ценным сырьем в плане запаса многих питательных и биологически активных веществ, расширение сокодержущей продукции с использованием бузины позволит создать в стране конкуренцию импортным аналогам. Поэтому целью данного исследования является определение устойчивости полифенольных соединений в процессе переработки плодов бузины, произрастающей в Республике Беларусь.

#### Материалы и методы

### Образцы

Плоды бузины черной (*Sambucus nigra*) были закуплены ООО «Ароматик», собранные в 2010г в самый сезон их созревания. Исследования проводили в лабораториях компании ООО « Ароматик». Плоды были созревшими и произрастали в обычных условиях, набраны с запасом для проведения всех необходимых экспериментов. Плоды были заморожены и хранились при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  до начала проведения исследований. Перед началом экстракции, плоды проходили размораживание. Сырые плоды, проходили бланшировку на водяной бане (10 мин при  $70^{\circ}\text{C}$ ) и были измельчены при помощи бытового блендера. Полученная плодовая каша была собрана в марлевую ткань и отжата с нарастающим давлением на протяжении 10 минут до момента прекращения выделения сока. Полученный сок был сконцентрирован посредством вращающегося испарителя с нагреванием до  $40^{\circ}\text{C}$  до момента получения сокового концентрата с содержанием сухих веществ 32%

### Химический анализ.

Суммарное содержание фенолов, флавоноидов и нефлавоноидных соединений было определено с помощью колориметрического метода Фолина-Чикальтэу (поглощение, измеряемое при 765 нм). Фенольные соединения плодов бузины были извлечены из 10 г образцов с использованием 40 мл 80% водного раствора этанола. Смесь экстрагировалась в течение 20 мин в инертной атмосфере и отфильтрована через бумажный фильтр Ватмана с использованием воронки Бюхнера. Экстракция остаточного количества была повторена при тех же условиях. Фильтраты были смешаны и разбавлены 80 % водным раствором этанола до объема 100 мл в мерной колбе. Полученные экстракты использовались для определения суммарного содержания фенолов, флавоноидов и нефлавоноидных соединений. Осаждение формальдегидом применялось для определения флавоноидов в образцах плодов. Суммарное содержание фенолов и флавоноидов было измерено следующим образом: 0.5 мл разбавленного экстракта или эталонный раствор галловой кислоты (20-500 мг/л) были добавлены в мерную колбу с объемом 50 мл, содержащую 30 мл дистиллированной воды; затем к смеси был добавлен реагент Фолина-Чикальтэу объемом 2.5 мл и после этого колба со смесью подвергалась встряхиванию. Через 5 минут, 7.5 мл 7%-го раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  были добавлены к смеси и сразу после этого смесь была разбавлена водой до объема 50 мл. По истечении 2-х часового хранения при комнатной температуре была измерена оптическая плотность раствора при 765 нм. Результаты были выражены как соотношение мг-экв галловой кислоты на грамм сухого вещества. Количество флавоноидов было вычислено как разница между суммарным содержанием фенолов и нефлавоноидных компонентов, и было выражено как соотношение мг-экв галловой кислоты на грамм сухого вещества.

### Содержание гидролизированных танинов

Метод основан на принципе осаждения гидролизированных танинов путем добавления сульфата цинхонина. 5 г образцов были смешаны с дистиллированной водой в соотношении 1:2. В разбавленный образец были добавлены 12.5 мл буферного раствора с рН = 7.9 и 6.3 мл раствора цинхонин-сульфата. Смесь была гомогенизирована на магнитной мешалке на протяжении 20 мин и центрифугирована на скорости 5500 об/мин на протяжении 20 мин. Полученная надосадочная жидкость была отфильтрована в мерную колбу объемом 100 мл. Остаток на фильтре вместе

с фильтровальной бумагой был ополоснут 10 мл 10%-го раствора сульфата натрия и отцентрифугирован на скорости 5500 об/мин в течение 20 мин. По окончании центрифугирования, жидкая часть была смешана с прежде отделенной надосадочной жидкостью. Величина рН жидкой смеси была доведена до 3.5 добавлением 1 М соляной кислоты и после этого раствор был разбавлен дистиллированной водой до объема 100 мл. Оставшийся осадок был растворен в 25 мл 1 М растворе соляной кислоты и этанола. Полученный экстракт был использован для определения суммарного содержания таннинов. Результаты были выражены как соотношение мг-экв галловой кислоты на грамм сухого вещества.

### **Содержание флаван-3-олов**

Для определения содержания флаван-3-олов был использован экстракт, полученный ранее для определения суммарного содержания фенолов, и был применен метод, описанный *Таннером и Бруннером (1979)*. Принцип определения суммарного содержания флаван-3-олов основан на характерном взаимодействии флаван-3-олов с ванилином. Поглощение было измерено при 500 нм. Результаты были выражены как соотношение мг-экв галловой кислоты на грамм сухого вещества.

### **Результаты и обсуждения**

Целью данного исследования было определение устойчивости к разрушению полифенольных соединений в процессе производства концентрированного сока бузины. Суммарное содержание полифенолов в образцах было установлено посредством спектроскопии в соответствии с методом Фолина-Чикальтэу и определено как отношение мг-экв галловой кислоты на грамм сухого вещества. Во всех исследованных образцах сырых плодов бузины, полифенолы составляли основную часть всех фенольных соединений. Их содержание варьировалось в широких пределах от 26,68 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества в бланшированных плодах бузины до 42,95 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества в соковом концентрате. После бланширования суммарное содержание фенольных соединений уменьшилось почти на 20% в сравнении с их содержанием в сырых плодах. Высокое значение суммарного содержания фенольных соединений в соковом концентрате может объясняться лучшим отделением и извлечением химически связанных фенолов из растительной ткани (*Рисунок 1*).

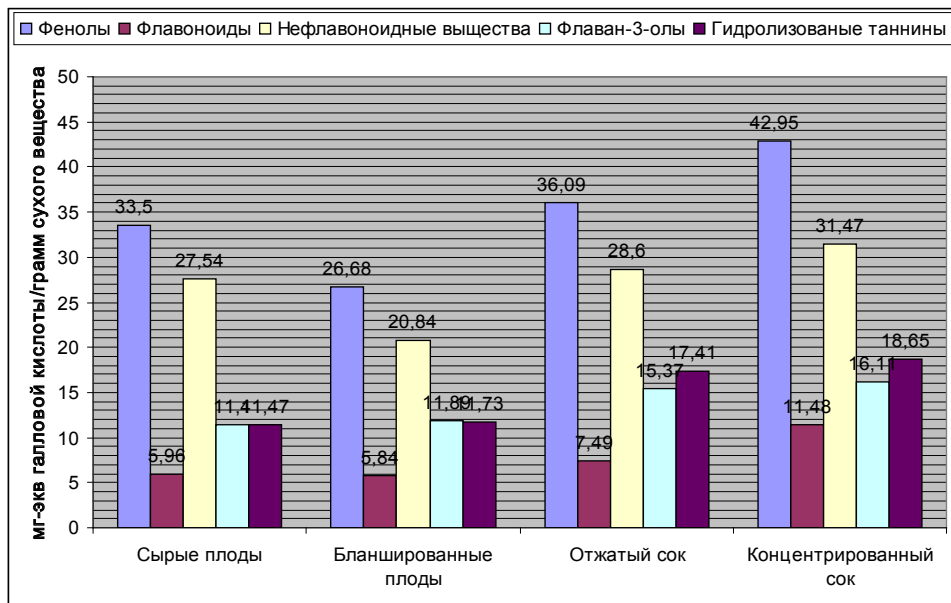
Среди фенольных соединений доминирующее положение занимали нефлавоноидные вещества, чьё высокое содержание было обнаружено во всех исследованных образцах. Наименьшее содержание нефлавоноидных веществ было обнаружено в бланшированных плодах (20,84 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества), а наибольшая концентрация была установлена в соковом концентрате (31,47 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества).

В сравнении с содержанием других полифенолов, содержание флавоноидов во всех исследованных образцах было наименьшим. Изменения количественного содержания флавоноидов в процессе переработки плодов бузины показаны на *Рисунке 1*. Полученные результаты свидетельствуют, что концентрация флавоноидов в процессе производства сокового концентрата увеличивалась от 5,96 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества в сырых плодах бузины до 11,48 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества в концентрированном плодовом соке.

Содержание гидролизованных таннинов значительно увеличивалось в

процессе производства сокового концентрата с 11,47 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества в сырых плодах до 18,65 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества в соковом концентрате. Данное увеличение содержания гидролизованных танинов вероятнее всего является следствием особенностей различных этапов производства сокового концентрата.

**Рисунок 1. Полифенольные соединения в образцах бузины в процессе переработки плодов для получения концентрированного сока**



Флаван-3-олы были обнаружены в меньших количествах в сравнении с суммарным содержанием фенольных соединений, нефлавоноидных веществ и гидролизованных танинов. Содержание флаван-3-олов постепенно увеличивалось во всех исследованных образцах в процессе производства сокового концентрата. В сырых плодах бузины содержание флаван-3-олов составляло 11,47 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества, в то время как их содержание в соковом концентрате было почти на 63% выше, т.е. 18,65 мг-экв галловой кислоты/грамм сухого вещества. Полученные данные свидетельствуют, что данные соединения широко представлены во всех исследованных образцах.

### Заключение

Проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать вывод, что сырые плоды бузины, произрастающей в Республике Беларусь, сок прямого отжима как и концентрированный сок бузины, являются богатым источником полифенольных соединений. Полифенольные соединения также сохраняли свою химическую устойчивость в процессе переработки плодов бузины в концентрированный сок. В целом, все полученные данные свидетельствуют, что сырые плоды бузины и концентрированный сок бузины сохраняют в своем составе важные биологически-активные вещества и это говорит о том, что сырые плоды и

соковые концентраты являются легкодоступными источниками высококачественного натурального сырья. Использование сока прямого отжима и концентрированного сока бузины в производстве морсов, нектаров, напитков позволяет получать сокосодержащую продукцию профилактического и функционального назначения.

### Список литературы

1. Тананайко Т. М. Функциональные напитки — современные тенденции развития рынка напитков / Т. М. Тананайко // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2011. - № 4(14) - С.61-67.
2. Тихомирова, Н. А. Технология продуктов функционального питания / Н. А. Тихомирова. — Москва: ООО ФранЭра, 2002. — 213 с.
3. Суслова А. Бузина обыкновенная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecosystema.ru/07referats/buzina.htm>
4. Шапиро Д.К. и др. Дикорастущие плоды и ягоды. – Изд-во: Мн.: Урожай, 1969. – 144 с.
5. Бузина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://all-pages.com/news/1/16/552/9518.html>
6. Суслова А. Бузина обыкновенная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecosystema.ru/07referats/buzina.htm>
7. Гридина С.Б. Использование продуктов переработки дикорастущих и культивируемых ягод в производстве продуктов питания : Тез. Док. научно-практической конференции Кемеровского технологического института пищевой промышленности. – Кемерово, 1994. С. 89.
8. Christensen, L. P., Knaack, K., & Frette, X. C. (2007). Selection of elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes best suited for the preparation of elderflower extracts rich in flavonoids and phenolic acids. *European Food Research and Technology*, 227(1), 293–305.
9. Kaack, K., Fretté, X. C., Christensen, L. P., Landbo, A.-K., & Meyer, A. S. (2008). Selection of elderberry genotypes best suited for the preparation of juice. *European Food Research and Technology*, 226, 843–855.
10. Murkovic M, Mülleder U, Adam U, Pfannhauser W – (2001) Detection of anthocyanins from elderberry juice in human urine, *J Sci Food Agr*, 81(9):934–937.
11. Mumcuoglu M. Wonderful *Sambucus*: The Black Elderberry. Shmuel Tal Printing Service, Jerusalem, Israel; 1998: 16 pp. Atkinson MD, Atkinson E. *Sambucus nigra* L. *J Ecol*. 2002;90:895-923
12. Park K.S. Studies on the nutritional value of elderberry (*Sambucus canadensis*) fruits // *Journal of Korean Forestry Society*. – Dec. 1984. - V. 67. - P. 42-49.
13. Петрова В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. – Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1986.
14. Karakaya, S. 2004. Bioavailability of phenolic compounds. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44:453–464.
15. Schwarz, K., G. Bertelsen, L.R. Nissen, P.T. Gardner, M.I. Heinonen, A. Hopia, T. Huynh-ba, P. Lambelet, D. Mc Phail, L.H. Skibsted, and L. Tijburg. 2001. Investigation of plant extracts for the protection of processed foods against lipid oxidation. Comparison of antioxidant assays based on radical scavenging, lipid oxidation and analysis of the principal antioxidant. *Eur. Food Res. Technol.* 212:319–328.

16. Gebhardt, S.E., J.M. Harnly, S.A. Bhagwat, G.R. Beecher, R.F. Doherty, J. Holden, D.B. Haytowitz, A.L. Eldridge, J.J. Peterson, and J.T. Dwyer. 2002. USDA's flavonoid database: Flavonoids in fruit.

17. Rice-Evans, C.A., N.J., Miller, P.G. Bolwell, P.M. Bramley, and J.B. Pridham. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radic. Res.* 22:375–383.

18. Zakay-Rones Z, Varsano N, Zlotnik M, et al. Inhibition of several strains of influenza virus in vitro and reduction of symptoms by an elderberry extract (*Sambucus nigra* L.) during an outbreak of influenza B Panama. *J Alternative and Complementary Medicine.* 1995;1(4):361-369.