

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 664.8.036.522

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯГОД БУЗИНЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.Н. Тимофеева, Л.Ч. Бурак, М.Л. Зенькова, А.В. Черепанова

Обосновано использование ягод бузины для производства соков и сокосодержащей продукции. Исследован химический состав ягод бузины садовой и дикорастущей, произрастающей на территории Республики Беларусь. Определен качественный и количественный состав сахаров, органических кислот и флавоноидов (антоциановых пигментов) и кверцитинов. Показано, что содержание сахаров и флавоноидов выше в бузине садовой, а органических кислот в бузине дикорастущей.

Введение

В настоящее время, чтобы привлечь покупателя, нужно не только расширять ассортимент соковой продукции, но и создавать продукты питания, способствующие укреплению организма, так как согласно проведенным социологическим опросам сегодня основными аргументами при покупке сокосодержащей продукции выступают не только органолептические факторы и желание утолить жажду, но и польза для организма и профилактическая направленность продукта. Это особенно важно в связи со сложившейся неблагоприятной экологической обстановкой на территории Республики Беларусь. Из-за высокой стоимости импортного сырья для соковой продукции актуальным является использование местного дешевого сырья, ведущей группой биологически активных соединений которых являются, главным образом, флавоноиды, органические кислоты, витамины и минеральные вещества. Решить сырьевую проблему и расширить ассортимент выпускаемой сокосодержащей конкурентоспособной, импортозамещающей продукции можно за счет новых перспективных видов сырья, таких как бузина.

Бузина черная (*Sambucus nigra* L.) является мало распространенной ягодой для Республики Беларусь. Бузина является кустистым, листовым растением высотой до 6 метров, имеющим небольшие белые обоеполые цветки, собранные в большие соцветия, с цветением в начале лета. Зонтики состоят из темно-багряных отдельно расположенных ягод с диаметром до 6 мм; созревание плодов наступает в конце лета. Бузину возделывают в декоративных целях, также экстракты цветков и плодов бузины используются как напитки и пищевые ароматизаторы [1], плоды бузины широко используются по всему миру как лекарство или биологически активные добавки [2].

Свежие ягоды бузины редко употребляются в пищу в сыром виде, в большинстве случаев ягоды перерабатываются на соки, в том числе и концентрированные. Отжатый сок ягод бузины содержит разнообразные сахара и органические кислоты и характеризуется высоким содержанием антоцианов. Химический состав ягод черной бузины впервые был исследован Ф.В. Церевитиновым еще в 1949 г [3].

Химический состав ягод бузины зависит от структуры и состава почвы, климатических условий и др. [4]. По своей химической природе пигменты ягод крайне неустойчивые соединения и подвергаются изменениям под действием кислорода воздуха, pH среды, температуры, тяжелых металлов [5–7]. Антоцианы являются классом флавоноидных соединений, иг-

рающих важную роль в формировании качественных характеристик плодов растений, поскольку они обуславливают внешний вид плодов и их аромат [8]. Антоцианы, так же как и другие флавоноиды (например кверцетины), оказывают антиоксидантную, противоопухолевую, иммуностимулирующую, антибактериальную, антиаллергенную и противовирусную активность; поэтому их употребление может оказать положительное влияние на предотвращение развития некоторых заболеваний, таких как сердечно-сосудистые, онкологические, воспалительные заболевания и диабет [2, 9]. Эти соединения являются хорошо известными разрушителями свободных радикалов. Поэтому ягоды бузины, характеризующиеся высокими концентрациями антоцианов в своем составе, считаются наиболее ценными.

В литературе имеются недостаточные сведения о содержании сахаров и органических кислот и антоцианов в различных сортах ягод бузины [1,4].

Целью исследований являлось изучение химического состава бузины садовой и бузины дикорастущей, произрастающей на территории Республики Беларусь.

Результаты исследований и их обсуждение

Объектами исследований являлись следующие виды бузины: бузина садовая, произрастающая на опытном участке РУП «Институт плодородия», бузина дикорастущая. Для исследования использовали ягоды бузины технической стадии зрелости.

Для проведения испытаний пробоподготовку проводили следующим образом: ягоды бузины были измельчены в лабораторных условиях с плодоножкой до пюреобразной консистенции. Далее 10 г растертой массы плодов помещали в 50 мл дистиллированной воды (прошедшей двойную перегонку) и перемешивали до состояния гомогенного раствора. Полученные опытные растворы оставляли на 30 мин при комнатной температуре при постоянном равномерном перемешивании. Затем пробы центрифугировали 7 мин при 10 °С. Полученный раствор отфильтровали через фильтр с размером пор 0,45 мкм. Полученный фильтрат анализировали методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ, Thermo Scientific, Finnigan Spectra System).

Анализ сахаров выполнялся с использованием Rezex-RCM-моносахаридной колонки (300x7,8 мм; Phenomenex, Torrance, CA) со скоростью потока 0,6 мл мин⁻¹ и с поддерживаемой температурой колонки на уровне 65 °С. Для подвижной фазы были использованы 4 ммоль серной кислоты. Концентрация углеводов и органических кислот была вычислена с помощью соответствующих стандартных методик.

Для анализа антоцианов и кверцетинов измельченные образцы плодов массой 1 г подвергались промыванию 20 мл метанола, содержащего 1 % соляной кислоты (HCl) и 1 % 2,6-дигтерт-бутил-4-метилфенола в ультразвуковой ванне на протяжении 30 мин. После промывания образцы были центрифугированы 7 мин и отфильтрованы через полиамидный фильтр Chromafil AO-45/25, затем помещены в склянку перед введением в систему ВЭЖХ. Анализ ВЭЖХ был проведен с использованием системы Surveyor с детектором на диодной матрице и пакета программного обеспечения CromQuest 4.0. Антоцианы анализировали при длине волны 530 нм, а кверцетины – при 350 нм. Использовалась колонка Gemini C₁₈ (150x4,6 мм 3 мкм; производства Phenomenex) с рабочей температурой 25 °С. В качестве элюента использовались растворы 1 % муравьиной кислоты в дважды дистиллированной воде (А) и 10 % ацетонитрил (В). Фенольные смолы были определены путем сравнения их УФ-Vis спектра в пределах от 220 до 550 нм и периода удерживания. Количественное определение было произведено по концентрациям соответствующих эталонов и было перепроверено на масспектрометре Thermo Scientific LCQ Deca XP. Концентрации обнаруженных антоцианов (цианидин 3-самбубиозид-5-глюкозид, цианидин 3,5-диглюкозид, цианидин 3-самбубиозид, цианидин 3-глюкозид и цианидин 3-рутинозид) были установлены по пиковым областям и вычислены как эквиваленты цианидина. Общее содержание антоцианов было выражено в мг/экв цианидина на 100 г образцов. Концентрации обнаруженных кверцетинов были вычислены по пиковым областям соответствующих стандартных образцов – кверцетин-глюкозид, кверцетин-рутинозид и кверцетин.

В качестве химических реагентов для подвижной фазы и подготовки образцов были использованы метанол и ацетонитрил производства Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Штейнхейм, Германия).

Определение витамина С проводили с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием хроматографа Agilent 1200 на колонке Eclipse-XDB (4,6X150 мм, 5 мкм). Для измерения концентрации витамина С применяли диодно-матричный детектор в видимой области 150 нм. Количественные расчеты проводили по площадям пиков.

Массовую долю золы определяли сухим сжиганием по СТБ ГОСТ Р 51434-2006.

Содержание белка определили на анализаторе белка Kjeltec 2200. Навеску образца сжигали при температуре 450 °С с концентрированной серной кислотой. Полученный раствор при перегонке обрабатывали 40 % едким натрием, затем отгон титровали 0,1N соляной кислотой.

Изучен качественный и количественный состав сахаров, который представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание сахаров в ягодах бузины, %

Бузина	Сахароза	Фруктоза	Глюкоза	Суммарная концентрация
Бузина дикорастущая	0,12 ± 0,06	3,40 ± 0,93	3,33 ± 0,67	6,85 ± 1,55
Бузина садовая	0,05 ± 0,05	4,53 ± 1,02	4,52 ± 1,13	9,10 ± 2,16
Среднее значение	0,084 ± 0,55	3,96 ± 0,98	3,92 ± 0,9	7,57 ± 1,85

Установлено, что в ягодах бузины садовой и дикорастущей преобладает глюкоза и фруктоза, тогда как сахароза обнаружена лишь в небольших количествах. Наибольшее содержание сахаров было обнаружено в бузине садовой со средним значением 9,10 %, а наименьшее – в ягодах бузины дикорастущей со средним значением 6,85 %.

В ягодах бузины были обнаружены четыре органические кислоты: лимонная, яблочная, шикимовая и фумаровая (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание органических кислот в ягодах бузины, мг/100 г

Бузина	Лимонная кислота	Яблочная кислота	Шикимовая кислота	Фумаровая кислота	Суммарная концентрация
Бузина дикорастущая	4,81 ± 0,19	1,10 ± 0,04	0,18 ± 0,04	0,29 ± 0,001	6,38 ± 0,26
Бузина садовая	3,11 ± 0,10	1,10 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,14 ± 0,001	4,52 ± 0,13
Среднее значение	3,96 ± 0,14	1,10 ± 0,03	0,17 ± 0,03	0,22 ± 0,001	5,45 ± 0,19

Как видно из таблицы 2, концентрация лимонной кислоты в ягодах была наибольшей, за которой следовала яблочная, шикимовая и фумаровая кислоты присутствовали в небольших количествах. Содержание лимонной кислоты в ягодах бузины колеблется от 3,11 мг/100 г до 4,81 мг/100 г. Наименьшее значение суммарного содержания органических кислот было обнаружено в ягодах бузины садовой, ее содержание на 29,2 % меньше, чем в ягодах бузины дикорастущей.

Также был изучен качественный и количественный состав антоцианов в ягодах бузины. Результаты исследований представлены в таблице 3.

В результате исследований было установлено присутствие пяти пиковых областей антоцианов: цианидин 3-самбубиозид-5-глюкозид ($[M+H]^+$ при m/z 743), цианидин 3,5-диглюкозид ($[M+H]^+$ при m/z 611), цианидин 3-самбубиозид ($[M+H]^+$ при m/z 581), цианидин 3-глюкозид ($[M+H]^+$ при m/z 449) и цианидин 3-рутинозид ($[M+H]^+$ при m/z 595). Другие антоцианы были обнаружены в незначительных количествах. Было установлено, что в ягодах бузины садовой преобладающим антоцианом является цианидин 3-самбубиозид, содержание которого составляет больше половины от всех обнаруженных антоцианов (592,8 мг/100 г). В то время как преобладающим антоцианом для бузины дикорастущей является цианидин 3-

глюкозид (456,2 мг/100 г). Разделение и установление пиковых значений цианидин 3-самбубиозида и цианидин 3-глюкозида были невозможны, принимая во внимание выбранный метод, из-за одинакового периода удерживания. Поэтому идентификация данных соединений была проведена с использованием массового анализа.

Таблица 3 – Содержание антоцианов в ягодах бузины, мг/100 г

Бузина	цианидин 3-самбубиозид-5-глюкозид	цианидин 3,5-диглюкозид	цианидин 3-самбубиозид	цианидин 3-глюкозид	цианидин 3-рутинозид	Суммарная концентрация
Бузина дикая	19,52 ± 0,98	7,41 ± 0,31	270,8 ± 18,6	456,2 ± 26,4	2,98 ± 0,52	756,9 ± 45,3
Бузина садовая	53,49 ± 3,55	23,29 ± 1,63	592,8 ± 42,0	285,1 ± 15,8	2,52 ± 0,21	957,3 ± 63,0
Среднее значение	30,77 ± 2,61	14,34 ± 1,33	438,8 ± 31,2	376,2 ± 27,4	3,77 ± 0,62	863,8 ± 49,9

Было установлено, что в ягодах бузины содержится незначительное количество цианидин 3,5-диглюкозида и цианидин 3-рутинозида. Суммарная же концентрация антоцианов варьировалась от 756 мг /100 г в бузине дикой до 957 мг /100 г в бузине садовой.

Таким образом, в результате исследований было установлено, что бузина садовая отличается большим содержанием антоцианов, чем бузина дикорастущая. Однако нужно иметь в виду, что более высокие концентрации антоцианов не означают более темный цвет плодов и поэтому сорт бузины дикой также является пригодным для переработки.

В результате исследований кверцетинов (таблица 4) были обнаружены следующие соединения этой группы: кверцетин ([M-H]⁺ при m/z 301), кверцетин 3-рутинозид ([M-H]⁺ при m/z 609) и кверцетин 3-глюкозид ([M-H]⁺ при m/z 463). Количественно основным кверцетином в плодах исследованных сортов был кверцетин 3-рутинозид со значениями, варьирующимися от 35,8 мг /100 г в бузине дикой до 50,0 мг / 100 г в бузине садовой. Остальные два кверцетина присутствовали в незначительных количествах. Суммарная же концентрация кверцетинов была наименьшей в дикой 56,44 мг / 100 г, а наибольшей в бузине садовой 73,4 мг /100 г.

Таблица 4 – Содержание кверцетинов в ягодах бузины, мг/100 г

Бузина	Кверцетин	Кверцетин 3-рутинозид	Кверцетин 3-глюкозид	Суммарная концентрация
Бузина дикорастущая	3,22 ± 0,21	35,82 ± 0,65	17,42 ± 1,33	56,44 ± 3,52
Бузина садовая	4,06 ± 0,46	50,04 ± 0,65	19,32 ± 0,41	73,43 ± 1,20
Среднее значение	3,64 ± 0,34	42,93 ± 0,65	18,37 ± 0,87	62,00 ± 1,82

Также в исследуемом сырье было изучено содержание витамина С, белка и зольности. В результате исследований было установлено, что в ягодах бузины садовой содержится на 21 % больше белковых веществ, чем в бузине дикорастущей и на 11,6 % больше золы. Наибольшее содержание витамина С было обнаружено в бузине дикорастущей 8,63 мг/100 г, в то время как в бузине садовой 6,43 мг/100 г.

Заключение

Таким образом, ягоды бузины являются перспективным сырьем для производства сокосодержащей продукции. Установлено, что бузина садовая содержит значительно большее количество антоцианов, чем дикорастущая, но имеет меньшие концентрации органических кислот. Преобладающим антоцианом в бузине садовой является цианидин 3-самбубиозид, а для

бузины дикорастущей – цианидин 3-глюкозид. Также бузина садовая характеризуется высоким содержанием кверцетинов, особенно кверцетин 3-рутинозида.

Литература

1. Соловьева, М.Ф. Малораспространенные плодово-ягодные растения / М.Ф. Соловьева – Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1987. – 184 с.
2. Dawidowicz, A. L. The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidative properties of extracts) / A. L. Dawidowicz, D., Wianowska, B Baraniak // *Food Science Technology*. – 2006. – № 3. – С.308–315.
3. Церевитинов, Ф.В. Химия и товароведение свежих плодов и овощей / Ф.В. Церевитинов // – М.: Госторгиздат, 1949. – 611 с.
4. Джоуль, Дж. Основы химии гетероциклических соединений / Дж. Джоуль, Г. Смит. – М.: Мир, 1975. – 398 с.
5. Del Caro, A. Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruits cultivars (*Ficus carica* L.) / A.Del Caro // *European Food Research and Technology*. – 2008. – № 226. – С.715–719.
6. Барабой, В.А. Биологическое действие растительных фенольных соединений / В.А. Барабой. – Киев: Наукова думка, – 1976. – 260 с.
7. Гридина, С.Б. Использование продуктов переработки дикорастущих и культивируемых ягод в производстве продуктов питания / С.Б. Гридина // *Совершенствование техники и технологий в пищевых отраслях промышленности: тез. док. научно-практической конференции Кемеровского технологического института пищевой промышленности*. – Кемерово, 1994. – С. 89.
8. Christensen, L. P. Selection of elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes best suited for the preparation of elderflower extracts rich in flavonoids and phenolic acids / L.P.Christensen, K.Knaack // *European Food Research and Technology*. – 2007. – № 227. – С.293–305.
9. Kaack, K Selection of elderberry genotypes best suited for the preparation of juice. / K Kaack, X.C.Fretté, L.P.Christensen // *European Food Research and Technology*. – 2008. – № 226. – С.843–855.

Поступила в редакцию 25.06.2012