

УДК 663.8

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СОСТАВ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОКА ИЗ ЯБЛОК, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В ПРИБАЙКАЛЬЕ

© Г.С. Гусакова<sup>1\*</sup>, А.Н. Чеснокова<sup>1</sup>, А.В. Кузьмин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Иркутский национальный исследовательский технический университет, ул. Лермонтова, 83, Иркутск, 664074 (Россия), e-mail: gusakova58@mail.ru

<sup>2</sup> Лимнологический институт СО РАН, ул. Улан-Баторская, 3, Иркутск, 664033 (Россия)

С целью технологической оценки исследованы 9 зимостойких сортов яблок, культивируемых в Прибайкалье, определены их физико-химические показатели (содержание растворимых сухих веществ, массовая концентрация титруемых кислот, массовая доля редуцирующих сахаров, содержание витамина С, общее содержание фенольных соединений). Плоды урожая 2016 г. собраны в фазе потребительской зрелости. В соке из яблок сорта Красноярский снегирек определен состав фенольных соединений методом ВЭЖХ-МС. Всего идентифицировано 15 фенольных соединений, относящихся к фенолкарбоновым кислотам, производным дигидрохалконов, флаван-3-олам и флавонолам. Наибольшее число соединений относится к последней группе и представлено кверцетином и его гликозидами: 3-О-глюкозид кверцетина, 3-О-галактозид кверцетина, 3-О-ксилозид кверцетина, 3-О-арабинозид кверцетина, 3-О-рамнозид кверцетина (кверцитрин), 3-О-рутинозид кверцетина (рутин). Показано, что по физико-химическим показателям исследованные образцы соответствуют технологическим требованиям к сырью для производства соков и вин. В производстве соков наиболее перспективными являются сорта, отличающиеся высоким уровнем биологически активных веществ: по содержанию витамина С – ранет Пурпурный (21 мг/100 см<sup>3</sup>), по содержанию фенольных соединений – яблони-полукультурки Красноярский снегирек (290 мг/дм<sup>3</sup>), Красноярский сеянец (305 мг/дм<sup>3</sup>) и Малинка (348 мг/дм<sup>3</sup>).

*Ключевые слова:* яблоня, сорт, сок, состав, фенольные соединения.

### Введение

Южное Прибайкалье – регион Восточной Сибири наиболее благоприятный для развития растениеводства в целом и садоводства в частности. Благодаря успешной селекции морозоустойчивых сортов яблоня занимает ведущее место среди семечковых культур, выращиваемых на садовых участках области. Важными технологическими показателями являются урожайность, форма и окраска плодов, сроки созревания, транспортабельность разных сортов яблок, которые определяются биологическими особенностями сорта, местом произрастания, погодными условиями и уровнем агротехники. Вкусовые качества мякоти, пищевая и физиологическая ценность обусловлены главным образом их исходным химическим составом. Выращенные в регионе плоды богаты сахарами, органическими кислотами, пектиновыми, Р-активными соединениями, витаминами и другими полезными веществами. В плодах сибирских сортов яблони их содержится в 3–5 раз больше, чем в привозных крупноплодных сортах [1–3].

Большинство выращиваемых в Прибайкалье сортов отличаются терпким вкусом. Это обусловлено

высоким содержанием в их составе полифенолов: катехинов, лейкоантоцианидинов, антоцианидинов, халконов, флавонолов и др. соединений ряда С<sub>6</sub>–С<sub>3</sub>–С<sub>6</sub>, также известных как «флавоноиды». Разнообразие природных флавоноидов связано с различным положением заместителей в бензольных кольцах, наличием асимметрических атомов углерода и способностью образовывать гликозиды [4, 5].

---

Гусакова Галина Семеновна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры органической химии и пищевой технологии имени профессора В.В. Тутуриной, e-mail: gusakova58@mail.ru  
Чеснокова Александра Николаевна – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской части, e-mail: chesnokova@istu.edu  
Кузьмин Антон Васильевич – кандидат химических наук, научный сотрудник, e-mail: kuzmin@lin.irk.ru

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Исследование химического состава и подбор сортов с наибольшим комплексом биологически активных соединений является актуальной задачей, решение которой позволяет создавать новые эффективные продукты оздоровительного действия [6, 7].

Цель работы – технологическая оценка яблочного сока из сортов яблок, культивируемых в Прибайкалье, для производства соков и вин, а также определение состава фенольных соединений.

### *Экспериментальная часть*

Отбор проб проводили на коллекционных участках фермерского хозяйства «Иркутский садовод» в 2016 г. Объектами исследования были 9 зимостойких сортов яблони: ранетки Ермолаева, Каменно-Ангарская, Пурпуровая, Веселовка, яблони-полукультурки Краса Бурятии, Красноярский снегирек, Красноярский сеянец, Малинка, Красная гроздь. Плоды собирали в фазе потребительской зрелости.

Сок из яблок получали с помощью лабораторного пак-пресса, после предварительного измельчения сырья до размера частиц 2–5 мм.

Определение физико-химических показателей проводили по стандартным методикам. Содержание растворимых сухих веществ (%) – рефрактометрическим методом по ГОСТ Р 51433-99 [8]; массовую концентрацию титруемых кислот в расчете на яблочную кислоту ( $\text{г/дм}^3$ ) – потенциометрическим титрованием по ГОСТ Р 51434 [9]; массовую долю редуцирующих сахаров (%) – фотоколориметрическим методом ГОСТ 8756.13-87 [10]; содержание витамина С – методом визуального титрования по ГОСТ 24556 [11].

Общее содержание фенольных соединений в соках определяли спектрофотометрическим методом Фолина-Чокальтеу. Метод основан на окислении фенольных соединений в исследуемых соках реактивом Фолина-Чокальтеу в среде насыщенного карбоната натрия. Реакция проходит при температуре 20–25 °С. Спустя 30 мин определяется коэффициент пропускания при 765 нм. С использованием калибровочной кривой определяется общее содержание фенольных веществ. В качестве стандарта используется галловая кислота [12].

Состав полифенольных соединений в соке из яблок сорта Красноярский снегирек и эфирном экстракте данного сока определяли методом хроматомасс-спектрометрии с применением аналитического ВЭЖХ хроматографа Agilent 1200 в сочетании с масс-спектрометрическим (МС) детектором Agilent 6210 (ионизация электростатическим распылением в режиме регистрации положительных ионов). Эфирные экстракты получали из сока исчерпывающей экстракцией диэтиловым эфиром (температура 40 °С, 6 ч). Растворитель удаляли при помощи роторного вакуум-испарителя при температуре не выше 40 °С. Полученный сухой остаток перерастворяли в смеси метанол : вода (70 : 30, об./об.), выдерживали в ультразвуковой ванне в течение 30 мин и далее центрифугировали 30 мин при 10000  $\text{мин}^{-1}$ . Надосадочную жидкость анализировали методом ВЭЖХ-МС. Условия ВЭЖХ-МС анализа: колонка Zorbax 300SB C18 (5 мкм, 150×2.1 мм); температура колонки 35 °С; элюент А 0.1% гептафторбутановая кислота (HFBA) в воде; элюент Б 0.1% HFBA в MeCN; градиент от 10% до 100% Б за 30 мин; поток элюента 0.15 мл/мин; объем вводимой пробы 4 мкл; длины волн детектирования: 210, 260, 290 и 360 нм (дополнительно регистрировали УФ спектры в диапазоне 190–400 нм); диапазон детектируемых масс,  $m/z$ , 26–3200; напряжение на капилляре 3.5 кВ; температура газа-носителя ( $\text{N}_2$ ) 325 °С, поток газа-носителя 5 л/мин.

### *Обсуждение результатов*

Сок, полученный из плодов, представляет собой прозрачную жидкость светло-соломенного цвета с зеленоватым оттенком. Имеет характерный плодовой аромат, умеренно кислый и терпкий вкус. Основу экстрактивных веществ составляют сахара и кислоты (табл. 1).

Из полученных данных следует, что содержание сухих веществ в среднем составило 17.3% и варьирует в пределах 12.1–20.1%, что больше регламентированного минимального значения 10% [13] и соответствует [14].

Массовая доля сахаров в соке не нормируется, но является важным технологическим показателем, так как определяет органолептическое восприятие, маскирует высокую кислотность. Наибольшее содержание сахаров обнаружено в соке из яблок Веселовка (18.5%) и ранет Ермолаева (18.1%), менее сахаристыми были соки сортов Красноярский снегирек, Красноярский сеянец и ранет Каменно-Ангарский (11.4–11.5%).

Титруемая кислотность соков также не является нормируемым показателем. В изучаемых образцах она изменяется от 6.6 (Краса Бурятии) до 9.9  $\text{г/дм}^3$  (ранет Пурпурный).

По мнению ряда авторов, наиболее пригодными для производства соков являются сорта, сахаро-кислотный индекс которых равен 10–15 ед., содержание органических кислот 6–9  $\text{г/дм}^3$ , сахаров выше 9% [15, 16].

Таблица 1. Физико-химические показатели яблочного сока

Наименование сорта	Содержание сухих веществ, %	Сумма сахаров, %	Титруемая кислотность, г/дм <sup>3</sup>	Сахаро-кислотный индекс	Витамин С, мг/100 см <sup>3</sup> .	Сумма фенольных соединений, мг/дм <sup>3</sup>
Красноярский снегирек	12.1	11.5	7.8	15	9.5	290
Веселовка	20.1	18.5	9.3	20	10.5	154
Красноярский сеянец	12.5	11.4	9.7	12	10.6	305
Ранетка Ермолаева	19.5	18.1	6.7	27	11.2	174
Малинка	14.3	13.1	7.0	19	11.5	348
Каменно-Ангарская	12.8	11.5	8.7	13	12.5	180
Красная гроздь	13.8	12.5	7.2	17	13.7	166
Краса Бурятии	18.1	17.6	6.6	27	15.0	162
Ранетка Пурпуровая	18.7	17.0	9.9	17	21.0	202

Этим показателям соответствуют все сорта за исключением высококислотных – ранет Ермолаева, ранет Пурпурный, Красноярский сеянец, тем не менее их можно использовать в купажах с менее кислыми соками.

Наибольшее содержание витамина С отмечено в соке из сорта ранет Пурпурный – 21 мг/100 см<sup>3</sup>, для остальных сортов данный показатель изменяется от 9.5 (Красноярский снегирек) до 15.0 (Краса Бурятии) мг/100 см<sup>3</sup>.

Содержание фенольных соединений не относится к нормируемым показателям, но определяет физиологическую ценность соков. Их количество зависит от содержания в исходном сырье, технологических режимов переработки, активности ферментов (полифенолоксидазы и пероксидазы). Для изучаемых сортов изменяется в диапазоне от 154 (Веселовка) до 348 (Малинка) мг/дм<sup>3</sup>.

В работе [17] исследованы соки из 175 сортов яблок, выращенных в 12 странах мира, и показано, что они различаются по компонентному составу фенольных соединений. Во многих сортах такие соединения, как катехин, кофейная кислота, эпикатехин, *n*-кумаровая кислота, феруловая кислота и рутин не были обнаружены. Напротив, флоридзин и хлорогеновая кислота присутствовали во всех исследованных образцах. Это побудило нас к изучению состава фенольных соединений в соке из яблок сорта Красноярский снегирек, выращенных в Прибайкалье. Анализ осуществлялся методом ВЭЖХ-МС.

Для экстракции фенольных соединений из кожицы и мякоти яблок, как правило, используют водно-спиртовые или водно-ацетоновые смеси [18, 19]. При анализе жидких образцов, в том числе яблочных соков и вин, применяют адсорбцию полифенолов на полиамиде [20–22], а также жидкость-жидкостную экстракцию диэтиловым эфиром или этилацетатом [23] и др. методы. В работе [23] показано, что наиболее подходящим растворителем для извлечения фенолкарбоновых кислот и других низкомолекулярных фенолов является диэтиловый эфир. Поэтому для экстракции фенольных соединений из яблочного сока нами был выбран этот растворитель. Процесс осуществляли в аппарате Сокслета.

Поскольку фенольные соединения находятся в яблочном соке и его эфирном экстракте в низких концентрациях, образцы предварительно концентрировали под вакуумом при температуре не выше 40 °С, чтобы предотвратить протекание окислительно-восстановительных процессов, реакций гидролиза и полимеризации. Далее проводили перерастворение полученного сухого остатка в системе метанол : вода (70 : 30, об./об.), обрабатывали УЗ и затем центрифугировали. Надосадочную жидкость анализировали методом ВЭЖХ-МС.

Компонентный состав фенольных соединений в соке из яблок сорта Красноярский снегирек, а также в его эфирном экстракте, представлен в таблице 2. Данные получены на основе хроматографирования сока и его эфирной фракции путем извлечения выбранного ионного тока (EIC, extracted ion chromatogram) из полного ионного тока (TIC) (рис.).

Из приведенных данных видно, что всего идентифицировано 15 фенольных соединений, представленных фенолкарбоновыми кислотами (3), дигидрохалконами (3), флаван-3-олами (2) и флавонами (7).

В яблочном соке и в его эфирном экстракте в составе фенолкарбоновых кислот идентифицированы хлорогеновая кислота, 4-*n*-кумарилхиновая кислота и кофейная кислота. В литературе имеется много данных об антимикробном [24], противоопухолевом [25, 26] и антиоксидантном [27–29] действии фенолкарбоновых кислот. Попадая из растительного сырья в готовый напиток, они оказывают положительное воз-

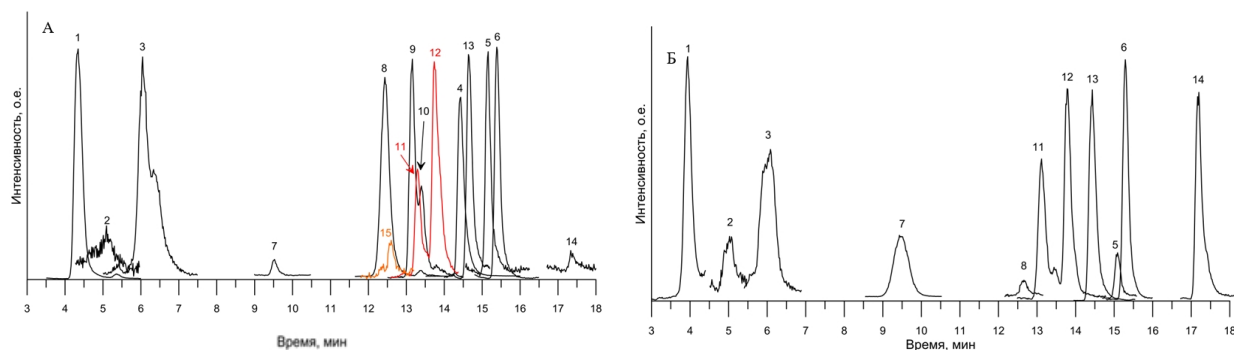
действие на здоровье человека. С точки зрения влияния на качество готовых напитков считается, что антиоксиданты фенольной природы способствуют сохранению вкусовой стабильности при хранении, предотвращая процессы свободнорадикального окисления.

Производные дигидрохалконов представлены 2'-*O*-ксилозидом флоретина (4), флоридзином (5) и флоретином (6). Среди данных соединений наиболее интересен с точки зрения медицинского применения флоретин, обладающий антиоксидантной и противораковой активностью [30, 31].

Из представителей группы флаван-3-олов найден (+)-катехин и его изомер (-)-эпикатехин. С технологической точки зрения к данным соединениям необходимо относиться настороженно. Считается, что мономерные катехины имеют положительное влияние на качество напитков, защищая их от окисления благодаря своим восстанавливающим свойствам. Однако при хранении и в процессе технологической переработки соков эти соединения склонны к ди- и полимеризации [32]. (+)-Катехин образует два димера: продельфинидин и процианидин В3, которые, взаимодействуя с белками, содержащимися в соке, могут приводить к образованию коллоидного помутнения напитков [31].

Таблица 2. Состав фенольных соединений в соке из яблок сорта Красноярский снегирек и его эфирном экстракте по результатам ВЭЖХ-МС

Название	Брутто	T <sub>R</sub> (MS), мин	[M+H] <sup>+</sup> теор.	УФ <sub>max</sub> , нм	Эфирный экстракт яблочного сока	Яблочный сок
Фенолкарбоновые кислоты:						
хлорогеновая кислота (1)	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	4.1	355.102	326	+	+
кофейная кислота (2)	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	5.0	181.050	325	+	+
4-паракумаровая кислота (3)	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>8</sub>	6.1	339.107	312	+	+
Производные дигидрохалконов:						
2'- <i>O</i> -ксилозид-флоретина (4)	C <sub>26</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub>	14.2	569.187	284	-	+
Флоридзин (5)	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub>	15.1	437.144	284	+	+
Флоретин (6)	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>	15.4	275.091	286	+	+
Флаван-3-олы:						
(+)-катехин (7)	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	9.5	291.086	278	+	+
(-)-эпикатехин (8)	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	12.6	291.086	278	+	+
Флавонолы и их гликозиды:						
3- <i>O</i> -гликозид-кверцетина (изокверцитрин) (9)	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>	13.1	465.103	354	-	+
3- <i>O</i> -галактозид кверцетина (10)	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>	13.4	465.103	355	-	+
3- <i>O</i> -ксилозид кверцетина (11)	C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>	13.3	435.092	356	+	+
3- <i>O</i> -арабинозид кверцетина (12)	C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>	13.9	435.092	354	+	+
3- <i>O</i> -рамнозид кверцетина (кверцитрин)(13)	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	14.6	449.108	350	+	+
кверцетин (14)	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	17.2	303.050	372	+	+
3- <i>O</i> -рутинозид кверцетина (рутин) (15)	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	12.5	611.161	356	-	+



Хроматограмма сока из яблок сорта Красноярский снегирек (А) и его эфирной фракции (Б). Нумерация соединений и их значения *m/z* представлены в таблице 1

Наибольшее число идентифицированных соединений принадлежит к группе флавонолов, среди которых в исследуемом яблочном соке обнаружены кверцетин (14) и его гликозиды: 3-*O*-глюкозид кверцетина (9), 3-*O*-галактозид кверцетина (10), 3-*O*-ксилозид кверцетина (11), 3-*O*-арабинозид кверцетина (12), 3-*O*-рамнозид кверцетина (кверцитрин) (13), 3-*O*-рутинозид кверцетина (рутин) (15). Кверцетин широко известен благодаря своей выраженной антиоксидантной активности [32, 33]. По своему физиологическому воздействию большое значение имеет рутин (15). Он проявляет активность витамина Р и применяется для предотвращения хрупкости капиллярных кровеносных сосудов [34].

### **Выводы**

Таким образом, показано, что концентрация изучаемых веществ в соке из сортов яблок, выращиваемых в Прибайкалье, соответствует технологическим требованиям к сырью при производстве соков и вин. В производстве соков наиболее перспективными являются сорта отличающиеся высоким уровнем биологически активных веществ: по содержанию витамина С – ранет Пурпурный (21 мг/100 см<sup>3</sup>), по содержанию фенольных соединений яблони-полукультурки Красноярский снегирек, Красноярский сеянец и Малинка. В соке из яблок сорта Красноярский снегирек идентифицировано 15 полифенольных физиологически-активных соединений, представленных фенолкарбоновыми кислотами (3), дигидрохалконами (3), флаван-3-олами (2) и флавонами (7).

Все сорта обладают оригинальными вкусовыми характеристиками, широко распространены и доступны. Их промышленная переработка позволит расширить ассортимент натуральных яблочных соков и вин высокого качества.

### **Список литературы**

1. Могилянский Н.К. Плодовое и ягодное виноделие. М., 1954. 157 с.
2. Раченко М.А. Оценка антиоксидантной активности плодов яблонь, выращенных в условиях Южного Прибайкалья // Садоводство и виноградарство. 2011. №4. С. 33–36.
3. Гусакова Г.С., Раченко М.А. Перспективы промышленного использования зимостойких сортов яблони Южного Прибайкалья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. №5. С. 52–56.
4. Медведев С.С. Физиология растений. Санкт-Петербург, 2013. 512 с.
5. Раченко М.А., Шигарова А.М., Макарова Л.Е. Различия в количестве фенольных соединений в плодах яблонь, выращенных в Прибайкалье // Вестник ИрГСХА. 2016. №72. С. 17–21.
6. Дейнека В.И., Соломатин Н.М., Дейнека Л.А., Сорокопудов В.Н., Макаревич С.Л. Яблоки с красной мякотью как источник антоцианов // Химия растительного сырья. 2014. №4. С. 163–168.
7. Степанова Н.Ю., Богатырев А.Н. Технологическая оценка пригодности разных сортов яблок и малины для производства вина // Пищевая промышленность. 2015. №8. С. 12–15.
8. ГОСТ Р 51433-99. Метод определения содержания растворимых веществ рефрактометром. М., 2000. 7 с.
9. ГОСТ Р 51434-99. Соки фруктовые и овощные. Метод определения титруемой кислотности. М., 2000. 7 с.
10. ГОСТ 8756.13-87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М., 2010. 11 с.
11. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М., 2003. 11 с.
12. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent // Methods in Enzymology. 1999. Vol. 299. Pp. 152–178.
13. Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей. Введ. 01.07.2013 // Консорциум кодекс [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320562> (дата обращения 18.10.2016).
14. ГОСТ 32101-2013. Консервы. Продукция соковая. Соки фруктовые прямого отжима. Общие технические условия. М., 2014. 16 с.
15. Вечер А.С., Юрченко Л.А. Сидры и яблочные игристые вина (химия и технология) // Пищевая промышленность. 1976. С. 135.
16. Иванченко К.В., Мухтаров Р.Я. Влияние изменения фенольно-кислотного показателя яблочного суслу на качественные показатели сидра газированного полуигристого // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Технические науки. 2011. №138. С. 113–119.
17. Eisele T.A., Drake S.R. The partial compositional characteristics of apple juice from 175 apple varieties // J. of Food Composition and Analysis. 2005. Vol. 18. N2-3. Pp. 213–221.
18. Alberto M.R., Rinsdahl Canavosio M.A., Manca de Nadra M.C. Antimicrobial effect of polyphenols from apple skins on human bacterial pathogens // Electronic Journal of Biotechnology. 2006. Vol. 9. N3. Pp. 205–209.
19. Barcenilla J., Estrella I., Gomez-Cordoves C., Hernandez T., Hernandez L. The influence of yeasts on certain non-volatile components of wine // Food Chem. 1989. Vol. 31. N3. Pp. 177–187.

20. Kunz T., Chesnokova A., Wietstock P., Lutsky V., Methner F.-J. Acylphloroglucinol glucoside from hops: isolation, identification and haze-activity // *Brewing Science*. 2012. Vol. 65. Pp. 65–71.
21. Чеснокова А.Н., Луцкий В.И., Ушаков И.А. Исследование полифенольного комплекса коммерческого хмелевого экстракта // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2011. Т. 51. №4. С. 104–109.
22. Suárez B., Álvarez Á.L., García Y.D., delBarrio G., Picinelli Lobo A., Parra F. Phenolic profiles, antioxidant activity and *in vitro* antiviral properties of apple pomace // *Food Chemistry*. 2010. Vol. 120. N1. Pp. 339–342.
23. Fernandez de Simon B., Perez-Ilzabe J., Hernandez T., Gomez-Gordoves C., Estrela I. HPLC Study of the Efficiency of Extraction of Phenolic Compounds // *Chromatographia*. 1990. Vol. 30. N1-2. Pp. 35–37.
24. Alves M.J., Ferreira I.C.F.R., Froufe H.J.C., Abreu R.M.V., Martins A., Pintado M. Antimicrobial activity of phenolic compounds identified in wild mushrooms, SAR analysis and docking studies // *Journal of Applied Microbiology*. 2013. Vol. 115. N2. Pp. 346–357.
25. Yagasaki K., Miura Y., Okauchi R., Furuse T. Inhibitory effects of chlorogenic acid and its related compounds on the invasion of hepatoma cells in culture // *Cytotechnology*. 2000. Vol. 33. N1-3. Pp. 229–235.
26. Heleno S.A., Ferreira I.C.F.R., Calhelha R.C., Esteves A.P., Queiroz M.J.R.P. Cytotoxicity of *Coprinopsis atramentaria* extract, organic acids and their synthesized methylated and glucuronate derivatives // *Food Research International*. 2014. Vol. 55. Pp. 170–175.
27. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. Structure – Antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids // *Free Radic. Biol. Med.* 1996. Vol. 20. N7. Pp. 933–956.
28. Piazzon A., Vrhovsek U., Masuero D., Mattivi F., Mandoj F., Nardini M. Antioxidant activity of phenolic acids and their metabolites: synthesis and antioxidant properties of the sulfate derivatives of ferulic and caffeic acids and of the acyl glucuronide of ferulic acid // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. Vol. 60. N50. Pp. 12312–12323.
29. Ferreira I.C.F.R., Barros L., Abreu R.M.V. Antioxidants in wild mushrooms // *Current Medicinal Chemistry*. 2009. Vol. 16. N12. Pp. 1543–1560.
30. Pajor A.M., Randolph K.M., Kerner S.A., Smith C.D. Inhibitor binding in the human renal low- and high-affinity Na<sup>+</sup>/glucose cotransporters // *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 2008. Vol. 324. N3. Pp. 985–991.
31. Rezk B.M., Haenen G.R., van der Vijgh W.J., Bast A. The antioxidant activity of phloretin: the disclosure of a new antioxidant pharmacophore in flavonoids // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2002. Vol. 295. N1. Pp. 9–13.
32. Siebert K.J., Carrasco A., Lynn P.Y. Formation of protein-polyphenol haze in beverages // *J. Agric. Food Chem.* 1996. Vol. 44. N8. Pp. 1997–2005.
33. Edwards R.L., Lyon T., Litwin S.E., Rabovsky A., Symons J.D., Jalili T. Quercetin reduces blood pressure in hypertensive subjects // *J. Nutr.* 2007. Vol. 137. N11. Pp. 2405–2411.
34. Frericks C.T., Tillotson I.G., Hayman J.M. Jr. The effect of rutin on capillary fragility and permeability // *J. Lab. Clin. Med.* 1950. Vol. 35. N6. Pp. 933–939.

*Поступило в редакцию 3 октября 2017 г.*

*После переработки 12 декабря 2017 г.*

**Для цитирования:** Гусакова Г.С., Чеснокова А.Н., Кузьмин А.В. Физико-химические показатели и состав фенольных соединений сока из яблок, культивируемых в Прибайкалье // *Химия растительного сырья*. 2018. №2. С. 97–104. DOI: 10.14258/jcprm.2018023294

Gusakova G.S.<sup>1\*</sup>, Chesnokova A.N.<sup>1</sup>, Kuzmin A.V.<sup>2</sup> PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND PHENOLIC COMPOSITION OF JUICE FROM APPLES CULTIVATED IN THE BAIKAL REGION<sup>1</sup>Irkutsk National Research Technical University, ul. Lermontova, 83, Irkutsk, 664074 (Russia),

e-mail: gusakova58@mail.ru

<sup>2</sup>Linnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Ulan-Batorskaya, 3, Irkutsk, 664033 (Russia)

Physicochemical characteristics (soluble solids, titratable acidity, reducing sugars, vitamin C content, total phenolic content) of 9 cold-hardy apples varieties cultivated in the Baikal region have been studied for their technological evaluation. The fruits were collected in the full-ripe maturity stage in 2016. Phenolic composition of apple juice from Krasnoyarskiy snegirek apple variety was investigated by the HPLC-MS method. A total of 15 phenolic compounds represented by phenolic acids, dihydrochalcones, flavan-3-ols and flavones were identified. The greatest number of compounds belongs to the latter group and is represented by quercetin and its glycosides: quercetin-3-O-glucoside, quercetin-3-O-galactoside, quercetin-3-O-xyloside, quercetin-3-O-arabinoside, quercetin-3-O-rhamnoside, quercetin-3-O-rutinoside. It was shown that physicochemical characteristics of studied samples correspond to technological requirements for raw materials for production of juices and wines. The most promising varieties for production of juices are varieties with high level biologically active substances: Purpurniy (vitamin content C is 21 mg/100 cm<sup>3</sup>), Krasnoyarskiy snegirek, Krasnoyarskiy seyanets and Malinka (total phenolic content 290, 305 and 348 mg/dm<sup>3</sup>, respectively).

**Keywords:** apple, variety, juice, composition, phenolic compounds.

### References

1. Mogilianskii N.K. *Plodovoe i iagodnoe vinodelie*. [Fruit and berry wine making]. Moscow, 1954, 157 p. (in Russ.).
2. Rachenko M.A. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2011, no. 4, pp. 33–36. (in Russ.).
3. Gusakova G.S., Rachenko M.A. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhoziaistvennoi nauki*, 2016, no. 5, pp. 52–56. (in Russ.).
4. Medvedev S.S. *Fiziologiya rastenii*. [Plant Physiology]. Sankt-Peterburg, 2013, 512 p. (in Russ.).
5. Rachenko M.A., Shigarova A.M., Makarova L.E. *Vestnik IrGSKhA*, 2016, no. 72, pp. 17–21. (in Russ.).
6. Deineka V.I., Solomatina N.M., Deineka L.A., Sorokopudov V.N., Makarevich S.L. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2014, no. 4, pp. 163–168. (in Russ.).
7. Stepanova N.Iu., Bogatyrev A.N. *Pishchevaia promyshlennost'*, 2015, no. 8, pp. 12–15. (in Russ.).
8. *GOST R 51433-99. Metod opredeleniia sodержaniia rastvorimykh veshchestv refraktometrom*. [GOST R 51433-99. Method for determination of soluble substances content by a refractometer]. Moscow, 2000, 7 p. (in Russ.).
9. *GOST R 51434-99. Soki fruktovye i ovoshchnye. Metod opredeleniia titruemoi kislotosti*. [GOST R 51434-99. Fruit and vegetable juices. Method for determination of titratable acidity]. Moscow, 2000, 7 p. (in Russ.).
10. *GOST 8756.13-87. Produkty pererabotki plodov i ovoshchei. Metody opredeleniia sakharov*. [GOST 8756.13-87. Products processing fruits and vegetables. Methods for the determination of sugars]. Moscow, 2010, 11 p. (in Russ.).
11. *GOST 24556-89. Produkty pererabotki plodov i ovoshchei. Metody opredeleniia vitamina S*. [GOST 24556-89. Products processing fruits and vegetables. Methods for the determination of vitamin C]. Moscow, 2003, 11 p. (in Russ.).
12. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. *Methods in Enzymology*, 1999, vol. 299, pp. 152–178.
13. *Tekhnicheskii reglament na sokovuiu produkciiu iz fruktov i ovoshchei*. [Technical regulations for juice products from fruits and vegetables]. 01.07.2013 [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320562> (date of the application 18.10.2016). (in Russ.).
14. *GOST 32101-2013. Konservy. Produktsiia sokovaia. Soki fruktovye priamogo otzhima. Obshchie tekhnicheskie usloviia*. [GOST 32101-2013. Canned food. Juice products. Fresh fruit juices. General specifications]. Moscow, 2014, 16 p. (in Russ.).
15. Vecher A.S., Iurchenko L.A. *Pishchevaia promyshlennost'*, 1976, p. 135. (in Russ.).
16. Ivanchenko K.V., Mukhtarov R.Ia. *Nauchnye trudy Iuzhnogo filiala Natsional'nogo universiteta bioresursov i prirodopol'zovaniia Ukrainy «Krymskii agrotekhnologicheskii universitet». Seriya: Tekhnicheskie nauki*, 2011, no. 138, pp. 113–119. (in Russ.).
17. Eisele T.A., Drake S.R. *J. of Food Composition and Analysis*, 2005, vol. 18, no. 2-3, pp. 213–221.
18. Alberto M.R., Rinsdahl Canavosio M.A., Manca de Nadra M.C. *Electronic Journal of Biotechnology*, 2006, vol. 9, no. 3, pp. 205–209.
19. Barcenilla J., Estrella I., Gomez-Cordoves C., Hernandez T., Hernandez L. *Food Chem*, 1989, vol. 31, no. 3, pp. 177–187.
20. Kunz T., Chesnokova A., Wietstock P., Lutsky V., Methner F.-J. *Brewing Science*, 2012, vol. 65, pp. 65–71.
21. Chesnokova A.N., Lutskiy V.I., Ushakov I.A. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011, vol. 51, no. 4, pp. 104–109. (in Russ.).
22. Suárez B., Álvarez Á.L., García Y.D., delBarrio G., Picinelli Lobo A., Parra F. *Food Chemistry*, 2010, vol. 120, no. 1, pp. 339–342.
23. Fernandez de Simon B., Perez-Ilzabe J., Hernandez T., Gomez-Gordoves C., Estrela I. *Chromatographia*, 1990, vol. 30, no. 1-2, pp. 35–37.
24. Alves M.J., Ferreira I.C.F.R., Froufe H.J.C., Abreu R.M.V., Martins A., Pintado M. *Journal of Applied Microbiology*, 2013, vol. 115, no. 2, pp. 346–357.

\* Corresponding author.

25. Yagasaki K., Miura Y., Okauchi R., Furuse T. *Cytotechnology*, 2000, vol. 33, no. 1-3, pp. 229–235.
26. Heleno S.A., Ferreira I.C.F.R., Calhelha R.C., Esteves A.P., Queiroz M.J.R.P. *Food Research International*, 2014, vol. 55, pp. 170–175.
27. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. *Free Radic. Biol. Med.*, 1996, vol. 20, no. 7, pp. 933–956.
28. Piazzon A., Vrhovsek U., Masuero D., Mattivi F., Mandoj F., Nardini M. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, vol. 60, no. 50, pp. 12312–12323.
29. Ferreira I.C.F.R., Barros L., Abreu R.M.V. *Current Medicinal Chemistry*, 2009, vol. 16, no. 12, pp. 1543–1560.
30. Pajor A.M., Randolph K.M., Kerner S.A., Smith C.D. *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 2008, vol. 324, no. 3, pp. 985–991.
31. Rezk B.M., Haenen G.R., van der Vijgh W.J., Bast A. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 2002, vol. 295, no. 1, pp. 9–13.
32. Siebert K.J., Carrasco A., Lynn P.Y. *J. Agric. Food Chem.*, 1996, vol. 44, no. 8, pp. 1997–2005.
33. Edwards R.L., Lyon T., Litwin S.E., Rabovsky A., Symons J.D., Jalili T. *J. Nutr.*, 2007, vol. 137, no. 11, pp. 2405–2411.
34. Frericks C.T., Tillotson I.G., Hayman J.M. Jr. *J. Lab. Clin. Med.*, 1950, vol. 35, no. 6, pp. 933–939.

*Received October 3, 2017*

*Revised December 12, 2017*

**For citing:** Gusakova G.S., Chesnokova A.N.<sup>1</sup>, Kuzmin A.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 97–104. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2018023294