

hydration of the tissues, were characterized by less intense transpiration. When the tissues withered, the water output did not exceed 2 %, which indicates their high water-holding capacity and optimal conditions for the formation of the stomatal apparatus when growing tulips. It has been established that changes in red-ox systems occur before visible signs of loss of decorative value. The decorative qualities in the Strong Gold cultivar were preserved during 10–12 days. The treatment with bio-preparations increased that period to 15–16 days. Thus, the work has established the effectiveness of the biologics Biofit-1.0 M + Biofit-2.0 RO+Inbio-Fit (consortium of microorganisms), Phytolavin, VRK (phytobacteriomycin) for pickling bulbs and watering when the temperature rises in the greenhouse to preserve the decorative qualities in cut products. It has been shown that these preparations make it possible to obtain cut tulips with reliable regulation of water metabolism and delay the flowers aging. Further physiological, biochemical and genetic studies can give a more accurate picture of the aging regulation and the inclusion of apoptosis mechanisms in ethylene-insensitive tulip flowers. This is of both theoretical and great importance for solving practical problems of post-harvest plant physiology, including preserving the decorative qualities in floriculture products.

Key words: antioxidants, biofungicides, programmed cell death, tulips, cut flowers, fungal diseases.

УДК 577.13

doi:10.31360/2225-3068-2022-81-127-136

КОЛИЧЕСТВО ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЯХ, ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ

Киселева О.А.¹, Клобуков Г.И.¹, Бudevич В.А.²

¹ Ботанический сад Уральского отделения
Российской академии наук,
г. Екатеринбург, Россия, e-mail: kiselevaolga@inbox.ru

² Уральский федеральный университет,
г. Екатеринбург, Россия, vika_budevich@mail.ru

Сортовые мяты, выращенные на гидропонике, часто используют в свежем виде как источник биологически активных веществ. Количество фенольных соединений отражает антиоксидантную активность сырья. Цель исследования – изучить количественное содержание фенольных соединений в сырье пяти сортов мяты. Задачи: 1) получить достаточное для анализа количество фреш-сырья за счёт культивирования на гидропонных установках с использованием вертикальных ферм VeFarm GR российского производителя ООО «Агроаспект плюс» 2) сравнить содержание суммы фенольных соединений в исследованных сортах между собой и с литературными данными; 3) выявить наиболее перспективные сорта мяты с наиболее высоким содержанием фенольных соединений при возделывании на гидропонных фермах, которые можно рекомендовать в качестве источника природных фенолов. Содержание фенольных соединений определяли колориметрическим методом с применением реактива Фолина-Чокальтеу. Количественное содержание фенольных соединений у исследованных сортов мяты при

выращивании на гидропонике колеблется в пределах $37,4 \pm 1,0$ мг/г у сорта 'Ananasminze' (*M. × rotundifolia* (L.) Huds.), $40,8 \pm 1,0$ мг/г у сорта 'Gingermint' (*Mentha × gracilis* Sole), $40,1 \pm 1,4$ мг/г у сорта *Mentha × hybrida* hort. 'Berries and Cream', $38,3 \pm 1,7$ у сорта *Mentha × piperita* L. f. *citrata* 'Chocolate' $39,5 \pm 1,4$ у сорта *Mentha × piperita* L. 'Chocolate Mint'. Количественное содержание фенольных соединений у изучаемых сортов мяты сопоставимо с аналогичным показателем для растений, выращенных в других регионах и условиях. Апробация пилотных отечественных решений вертикальных ферм ООО «Агроаспект плюс» в процессе производства прошла успешно. Их дальнейшее использование по программе импортозамещения в уральском регионе для производства рассады пряно-ароматических культур и фреш-продукции сортов мяты, Melissa, розмарина, лаванд будет происходить с учётом данных проведённого исследования.

Ключевые слова: свежее лекарственное растительное сырьё, пряно-ароматические культуры, сортовые мяты, биологически активные вещества, сумма фенольных соединений, гидропоника.

Введение. Выявление производственных характеристик сортов и видов пряно-ароматических трав сем. Lamiaceae является важной частью поисковых исследований для развития современного лекарственного растениеводства [6], в том числе в формате сити-фермерства с использованием гидропонии [1, 11, 17, 18]. Подобные изыскания становятся всё более необходимыми в связи с развитием импортозамещения в РФ.

Оценка содержания суммы фенольных соединений в сырье некоторых пряно-ароматических растений представляет собой интерес в связи с их последующим использованием в качестве лекарственного или пищевого сырья [2, 4]. Благодаря технологии вертикальных ферм появляется возможность круглогодично выращивать культуры, содержащие большое количество биологически активных веществ – первичных и вторичных метаболитов растений (эфирных масел, флавоноидов, простых фенольных соединений, липидов, углеводов, микроэлементов и т. д.), необходимых для нормального функционирования организма человека [1, 5]. Фенольные соединения – это неотъемлемая часть химического состава лекарственных и пряно-ароматических растений и ценная компонента сырья, которая определяет их противовоспалительные, антисептические и антиоксидантные свойства [3, 9, 10].

Цель работы – оценка количественного содержания фенольных соединений в свежей траве пяти сортов мяты.

Задачи: 1) получение достаточного количества фреш сырья (листьев) за счёт культивирования на гидропонных установках временного подтопления с использованием вертикальных ферм VeFarm GR российского производителя ООО «Агроаспект плюс»; 2) сравнение содержания суммы фенольных соединений в исследованных сортах между собой и с литературными данными; 3) выявление наиболее перспективных сортов мяты с наиболее высоким содержанием фенольных соединений в листьях при возделывании в условиях гидропонии.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования стали популярные у рестораторов сорта мяты: *Mentha × hybrida hort.* ‘Berries and Cream’, *Mentha × piperita* L. f. *citrata* ‘Chocolate’, *Mentha × piperita* L. ‘Chocolate Mint’, *Mentha × gracilis* Sole ‘Gingermint’ и *Mentha × rotundifolia* (L.) Huds. ‘Ananasminze’. Все растения выращивались на гидропонных установках временного подтопления с использованием вертикальных ферм VeFarm GR и удобрений микроэлементов-анионов (Micro-) и микроэлементов-катионов (Micro+) российского производителя ООО «Агроаспект плюс» (дозировка концентратов – 0,1 мл на 1 литр воды, ЕС раствора 2 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 5,8, пропорция NPK 4 : 2 : 7). В качестве субстрата служила смесь торфа KlasmannTS1085 с агроперлитом в соотношении 1 : 1. Температура воздуха поддерживалась в пределах 18–25 °C, влажность воздуха в пределах 40–45 %.

Материал собирали в течение 2020–2021 гг. ежемесячно (всего 24 повторности, т. е. 24 образца), высушивали в сушильном шкафу до абсолютно сухого состояния при температуре до 35 °C. Листья отделяли от стеблей. Для проведения исследования использовали по 24 образца от каждого из пяти сортов мяты.

Содержание фенольных соединений определяли с использованием реактива Фолина-Чокальтеу и выражали в мг/г сухого веса в пересчёте на галловую кислоту [4]. Для экстракции фенолов 1 г абсолютно сухого измельчённого сырья с размером частиц 1–2 мм залили 10 мл 70%-ного раствора этанола и экстрагировали 24 часа. Полученный экстракт отделяли от осадка через фильтровальную бумагу. При проведении реакции были использованы следующие реактивы: 0,2 М раствор Фолина-Чокальтеу, 7,5%-ный раствор карбоната натрия (Na_2CO_3), а также серия растворов галловой кислоты с концентрациями 500, 400, 300, 200, 100, 50 мкг/мл для построения калибровочного графика. Реакцию проводили в пробирках Эппендорфа. Каждый образец с экстрактами анализировали в пяти повторностях, с растворами галловой кислоты – в трёх. К 0,1 мл спиртового экстракта/раствора галловой кислоты добавляли 0,5 мл 0,2 М раствора реактива Фолина-Чокальтеу и тщательно перемешивали. Через 5 минут добавляли 0,4 мл 7,5%-ного раствора карбоната натрия, перемешивали и инкубировали в темноте в течение 2 часов. После этого, если выпадал осадок, то центрифугировали 10 минут при 3 000 об./мин. Далее измеряли оптическую плотность при 760 нм на планшетном спектрофотометре.

Для удобства сравнения полученных результатов с данными других литературных источников количественное содержание суммы фенольных соединений было переведено в мг/г. Вычисления среднего значения, стандартного отклонения осуществляли при помощи компьютерной

программы «Microsoft Excel». Статистическую обработку данных осуществляли с использованием непараметрических методов статистики («Statistica»). Для оценки значимости различий между группами использовали дисперсионный анализ. При вероятности ошибки (p) $< 0,05$ различия между средними значениями считались достоверными. Для обнаружения различий между группами использовали пост-хок тест Тьюки.

Результаты и их обсуждение. Выращивание фреш-сырья мят на базе пилотных отечественных вертикальных ферм VeFarm GR в ходе апробации оборудования завершилось успешно, и необходимое количество сырья для анализа было получено в течение двух лет.

В результате проведённого исследования было установлено, что максимальное содержание фенольных соединений находится в спиртовом экстракте *Mentha × gracilis* Sole ‘Gingermint’ – $40,8 \pm 1,0$ мг/г и минимальное в *Mentha × rotundifolia* (L.) Huds. ‘Ananasminze’ – $37,4 \pm 1,0$ мг/г, остальные сорта исследованных мят имеют промежуточные между этими крайними вариантами значения суммы фенольных соединений (табл. 1).

Таблица 1

Содержание фенольных соединений в растительном сырье

№	Растение	Сумма фенольных соединений, мг/г
1	<i>Mentha × piperita</i> L. f. <i>citrata</i> ‘Chocolate’	$38,3 \pm 1,7$
2	<i>Mentha × piperita</i> L. ‘Chocolate Mint’	$39,5 \pm 1,4$
3	<i>Mentha × hybrida</i> hort. ‘Berries and Cream’	$40,1 \pm 1,4$
4	<i>Mentha × gracilis</i> Sole ‘Gingermint’	$40,8 \pm 1,0$
5	<i>Mentha × rotundifolia</i> (L.) Huds. ‘Ananasminze’	$37,4 \pm 1,0$

Статистическая оценка полученных данных показала, что количественное содержание суммы фенольных соединений достоверно отличается только для крайних значений в сырье *M. × gracilis* Sole ‘Gingermint’ и *M. × rotundifolia* (L.) Huds. ‘Ananasminze’ ($F(4, 23) = 4,4825$, $p = 0,00951$). Результаты можно связать с тем, что данные сорта мят принадлежат растениям генетически отдалённых друг от друга видов, поэтому они накапливают разное количество фенолов. Мята тонкая (*M. × gracilis* Sole) является гибридом мяты полевой (*M. arvensis* L.) и мяты колосистой (*M. spicata* L.) [20], а мята круглолистная (*M. × rotundifolia* (L.) Huds.) — гибрид мяты длиннолистной (*M. longifolia* (L.) Huds.) и мяты душистой (*M. suaveolens* Ehrh.) [8].

К сожалению, в литературе, посвящённой химическому составу фенольных соединений мят, обычно указываются сведения безотносительно сортов. Исключением является работа, выполненная в Финляндии, в которой упомянуты гибридные разновидности *Mentha ×*

hybrida hort. ‘Native Wilmet’, ‘Morocco’, *Mentha × piperita* L. ‘Frantsila’ [14]. В проанализированных источниках приведены данные для разных видов мяты, выращенных в полевых условиях на плантациях [3, 7, 12–15, 19, 22, 24], в ходе лабораторных вегетационных опытов на почве [15] или собранных в природе [16, 21]. Не найдена информация о специфике накопления фенольных соединений в изучаемых непосредственно нами сортовых мятах, отсутствует информация по содержанию фенольных соединений в сырье мяты, выращенных с использованием гидропоники. Таким образом, полученные нами сведения представляют научную новизну и актуальны в связи с всё большим распространением гидропонного способа возделывания пряно-ароматических видов.

Полученные нами значения для травы гибридов *Mentha × piperita* L. ‘Chocolate’, ‘Chocolate Mint’, *Mentha × hybrida hort.* ‘Berries and Cream’ близки данным, которые приводятся для листьев мяты перечной (*Mentha × piperita* L.) в литературе. Так у клонов, выращенных в Турции, сумма фенольных соединений в пересчёте на галловую кислоту варьирует от $21,56 \pm 1,63$ мг/г до $23,99 \pm 4,28$ мг/г [15], в Болгарии – $35,1 \pm 1,2$ мг/г [23], в Сербии $50,05 \pm 0,31$ [22], в Чехии 63,0 мг/г [13], самые низкие показатели у листьев *M. piperita* L., собранных в Калининграде – $4,8 \pm 0,4$ мг/г [7]. Последний факт не противоречит данным, приведённым в работах польских исследователей: сумма фенольных соединений в листьях мяты перечной в пересчёте на галловую кислоту может варьировать от 5,58 до 36,04 мг/г [24]. В образцах *Mentha × piperita* L. из Ирана сумма фенольных соединений в пересчёте на рутин составляет $433,60 \pm 19,62$ мг/г [21].

Поскольку в создании гибридного сорта ‘Gingermint’ участвовала мята колосистая, то считаем логичным сравнить полученную нами величину $40,8 \pm 1,0$ мг/г (табл. 1) с многочисленными сведениями для сырья *M. spicata* L. из литературы. Сумма фенольных соединений в пересчёте на галловую кислоту у листьев мяты колосистой, заготовленных в Турции, варьирует от $9,39 \pm 1,42$ мг/г до $23,00 \pm 3,80$ мг/г [15], в странах Средиземноморья – от $18,91 \pm 0,20$ мг/г до $87,06 \pm 4,56$ мг/г [12]. Полученные нами значения для *Mentha × gracilis* Sole близки приведённым данным. В образцах мяты колосистой из Ирана сумма фенольных соединений в пересчёте на рутин составляет $150,91 \pm 5,14$ мг/г [21].

Количественное содержание суммы фенольных соединений в пересчёте на галловую кислоту в листьях *M. rotundifolia* (L.) Huds. L., выращенной в Алжире, составило $4,6 \pm 0,1$ мг/г [16], что примерно в 10 раз меньше от полученных нами результатов для сорта мяты круглолистной ‘Ananasminze’ (табл. 1). В образцах *M. rotundifolia* (L.) Huds. L. из Ирана сумма фенольных соединений в пересчёте на рутин составляет $331,31 \pm 6,51$ мг/г [21].

О происхождении гибридного сорта мяты круглолистной ‘Ananasminze’ уже упоминалось ранее, поэтому мы сравнили наш результат (табл. 1) со сведениями из обзорной статьи 2021 г., посвящённой составу биологически активных веществ фенольной природы у мят, где приведены данные по родительским формам мяты круглолистной [12]. Сумма фенольных соединений в пересчёте на галловую кислоту у *M. longifolia* (L.) Huds. находится в широких пределах от 48 мг/г до 216 мг/г, у *M. suaveolens* Ehrh. от $2,25 \pm 0,297$ мг/г до $58,93 \pm 8,39$ мг/г [12]. В образцах из Ирана сумма фенольных соединений у *M. longifolia* (L.) Huds. в пересчёте на рутин составляет $288,82 \pm 11,55$ мг/г [21].

В результате анализа литературы обнаружилось, что самые высокие зарегистрированные значения суммы фенольных соединений в пересчёте на галловую кислоту были получены на примере образцов мят, выращенных в Финляндии: *Mentha* × *piperita* L. ‘Frantsila’ (230 мг/г), *M. spicata* L. var. *Crispa* Benth (214 мг/г), *M. arvensis* L. var. *piperascens* Holmes ex Christ (155,2 мг/г) [12, 14]. Важно, что измерения проводили на водном экстракте, полученном путём вымораживания сырья, подвергнутого предварительно гидродистилляции [14]. Итак, разброс результатов может быть связан с происхождением растений и условиями выращивания, а также с особенностями переработки сырья.

Действительно, отличия в значениях суммы фенольных соединений можно связать с различиями в методике их выявления. Как показано выше, значения суммы фенольных соединений в сырье мят существенно отличаются в пересчёте на галловую кислоту и в пересчёте на рутин. Согласно исследованиям, проведённым в Болгарии, выход фенольных соединений из сырья мят также может зависеть от особенностей экстракционной системы [19]. При использовании в качестве экстрагента ацетона в смеси с муравьиной кислотой, получается извлечь большее количество фенольных соединений из листьев мят, по сравнению с опытом, где в качестве экстрагента используется вода (*Mentha* × *piperita* L. $20\ 216 \pm 359$ мг/100 г, *M. spicata* L. $4\ 522 \pm 102$ мг/100 г и *Mentha* × *piperita* L. $9\ 356 \pm 204$ мг/100 г, *M. spicata* L. $3\ 713 \pm 46$ мг/100 г, соответственно) [19]. На выход целевой группы веществ из сырья мят может повлиять давление, при котором проводится экстракция фенольных соединений [24].

Согласно проведённому нами исследованию, можно выстроить следующий ряд в порядке убывания суммы фенольных соединений в пересчёте на галловую кислоту у сортовых мят: *Mentha* × *gracilis* Sole \geq *Mentha* × *hybrida hort.* \geq *Mentha* × *piperita* L. $>$ *Mentha* × *rotundifolia* (L.) Huds. Этот ряд согласуется со сведениями, известными из работ зарубежных коллег. В частности, в работе, где было проведено сравнение содержания фенольных соединений для пяти видовых мят отмечено более высокое их содержание в мяте перечной по сравнению с мятой круглолистной [15].

Относительно высокое содержание фенольных соединений в сырье пяти изученных сортов мяты делает их важным источником этой группы природных соединений. Фреш-сырье, получаемое круглогодично посредством выращивания на вертикальной ферме, востребовано не только в гастрономических целях. Оно может найти применение для получения функциональных продуктов, фармацевтических и парафармацевтических средств, задействовано в ветеринарии или парфюмерно-косметической индустрии.

Запланировано дальнейшее использование ферм VeFarm GR по программе импортозамещения в уральском регионе для производства рассады пряно-ароматических культур и фреш-продукции сортовых мяты, мелиссы, розмарина, лаванд и исследования химического состава их сырья.

Выводы. Проведенный химический анализ сырья позволил сделать следующие выводы:

1) Рейтинг сортов в порядке уменьшения содержания фенольных соединений в свежей траве мяты: 'Gingermint', 'Berries and Cream', 'Chocolate Mint', 'Chocolate', 'Ananasminze';

2) Количественное содержание фенольных соединений колеблется в узких пределах от $37,4 \pm 1,0$ мг/г у сорта 'Ananasminze' (*M. × rotundifolia* (L.) Huds.) до $40,8 \pm 1,0$ мг/г у сорта 'Gingermint' (*Mentha × gracilis* Sole), между которыми показано существование статистически достоверного различия;

3) В целом значения суммы фенольных соединений в сырье мяты, выращенных на гидропонике, сопоставимы со значениями, приведенными в литературе. В отдельных сравнениях с литературными данными показано, что содержание фенольных соединений в сырье *Mentha × rotundifolia* (L.), *Mentha × piperita* L. Huds., полученном на гидропонике, превышает аналогичные значения для сырья мяты, выращенных на почвенных субстратах.

4) Свежее сырье исследованных пяти сортов мяты, выращенное на гидропонике, может служить источником биологически активных веществ фенольной природы.

*Работа выполнена в рамках государственного задания
Ботанического сада УрО РАН на базе биоресурсной
коллекции (УНУ № 673947 «Коллекции растений
открытого и закрытого грунта УрО РАН»).*

Список литературы

1. Говоруха Е.А., Киселева О.А. Использование гидропонике для выращивания пряно-ароматических культур // V Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов: сборник материалов. – Екатеринбург: Уральское издательство, 2019. – С. 88-93.
2. Говоруха Е.А., Киселева О.А. Пищевое применение пряно-ароматических культур, выращенных на гидропонике // Коняевские чтения: сборник научных трудов VII Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2020. – С. 55-57.

3. Гребенникова О.А., Палий А.Е., Работягов В.Д. Фенольные соединения водно-этанольного экстракта *Mentha longifolia* L. // Фармация и фармакология. – 2014. – Т. 2. – № 6(7). – С. 5-7. – ISSN 2307-9266.
4. Денисенко Т.А., Вишник А.Б., Цыганок Л.П. Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений в растительных объектах с использованием хлорида алюминия, 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу // Аналитика и контроль. – 2015. – Т. 19. – № 4. – С. 373-380. – ISSN 2073-1442.
5. Колпаков Н.А. Сравнительная оценка сортов пряно-ароматических культур при выращивании на конвейерной линии // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 12. – С. 51-56. – ISSN 1819-4036.
6. Ловиненко Л.А., Шевчук О.М., Хлыпенко Л.А. Субтропические и тропические виды ароматических и лекарственных растений в коллекции Никитского ботанического сада // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2016. – № 12. – С. 34-37.
7. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н. Содержание фенольных соединений в лекарственных растениях ботанического сада // Известия РАН. Серия Биологическая. – 2013. – № 5. – С. 551-557.
8. Похлёбкин В.В. Мята яблочная (*Mentha rotundifolia*) // Пряности, специи, приправы. – М.: Эксмо, 2011. – 256 с. – ISBN 978-5-699-42298-2.
9. Ткачёва Е.Н. Флавоноиды как антиоксидантный компонент пряно-ароматических растений семейства Яснотковые: мат-лы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 100-летию И.С. Шатилова. – М.: 2017. – С. 81-82.
10. Тохсырова З. М., Попов И. В., Попова О. И. Исследование фенольных соединений листьев и побегов розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L.), интродуцированного в ботаническом саду Пятигорского медико-фармацевтического института // Химия растительного сырья. – 2018. – № 3. – С. 199-207. – ISSN 1029-5151.
11. Al-Karaki G.N., Othman Y. Soilless cultivation of some medicinal and aromatic herb plants under the conditions of Arabian Gulf region. – [Electronic Resources]. – Access mode: <https://www.researchgate.net/directory/publications> (accessed on 18.05.2022).
12. Čavar Zeljković S., Šišková J., Komzáková K., De Diego N., Kaffková K., Tarkowski P. Phenolic compounds and biological activity of selected *Mentha* species // Plants. – 2021. – Vol. 10. – № 3. – P. 550. – ISSN 2223-7747.
13. Chrpová D., Kouřimská L., Gordon M.H., Heřmanová V., Roubíčková I., Pánek J. Antioxidant activity of selected phenols and herbs used in diets for medical conditions // Czech J. Food Sci. – 2010. – Vol. 28. – P. 317-325. – ISSN 1212-1800.
14. Dorman H.J. Damien, Koşar M., Kahlos K., Holm Y., Hiltunen R. Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties, and cultivars // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2003. – Vol. 51. – № 16. – P. 4563-4569. – ISSN 0021-8561.
15. Elmastaş M., Telci İ., Akşit H., Erenler R. Comparison of total phenolic contents and antioxidant capacities in mint genotypes used as spices // Turkish Journal of Biochemistry. – 2015. – Vol. 40. – № 6. – P. 456-462. – ISSN 02504685.
16. Fatiha B. Phenolic composition, *in vitro* antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia* (L.) Huds (Lamiaceae) // Industrial crops and products. – 2015. – Vol. 74. – P. 722-730. – ISSN 9266690.
17. Hyden A. Aeroponic and hydroponic systems for medicinal herb, rhizome and root crops // HortScience. – 2006. – Vol. 41(3). – P. 536-538. – ISSN 2327-9834.

18. Keith R. How-To Hydroponics. – New York, 2000. – 72 p. – ISBN 0-9672026-0-4.
19. Kratchanova M., Denev P., Ciz M., Lojek A., Mihailov A. Evaluation of antioxidant activity of medicinal plants containing polyphenol compounds. Comparison of two extraction systems // *Acta Biochim. Pol.* – 2010. – Vol. 57. – P. 229-234. – ISSN 1734-154X.
20. *Mentha × gracilis* Sole // Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. – [Electronic Resources]. – Access mode: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/view/item/46655.html> (accessed on 18.05.2022).
21. Nikavar B., Ali N.A., Kamalnezhad M. Evaluation of the antioxidant properties of five *Mentha* species // *Iranian Journal of Pharmaceutical Research.* – 2008. – Vol. 7. – № 3. – P. 203-209. – ISSN 1735-0328.
22. Pavlić B., Teslić N., Zengin G., Đurović S., Rakić D., Cvetanović A., Gunes A.K., Zeković Z. Antioxidant and enzyme-inhibitory activity of peppermint extracts and essential oils obtained by conventional and emerging extraction techniques // *Food Chem.* – 2021. – Vol. 338. – P. 127724. – ISSN 0308-8146.
23. Petkova N., Ivanova L., Filova G., Ivanov I., Denev P. Antioxidants and carbohydrate content in infusions and microwave extracts from eight medicinal plants // *J. Appl. Pharm. Sci.* – 2017. – Vol. 7. – P. 55-61. – ISSN 2231-3354.
24. Sadowska U., Zabinski A., Szumny A., Dziadek K. An effect of peppermint herb (*Mentha piperita* L.) pressing on physico-chemical parameters of the resulting product // *Ind. Crop. Prod.* – 2016. – Vol. 94. – P. 909-919. – ISSN 0926-6690.

THE TOTAL PHENOLIC CONTENT IN AROMATIC PLANTS GROWN IN HYDROPONICS

Kiseleva O.A.¹, Klobukov G.I.¹, Budevich V.A.²

¹ Botanical Garden of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia, e-mail: kiselevaolga@inbox.ru

² Ural Federal University,
Ekaterinburg, Russia, e-mail: vika_budevich@mail.ru

Mint cultivars grown in hydroponics are often used fresh as a source of biologically active substances. The total phenolic content reflects the antioxidant activity of raw materials. The purpose of this study is to investigate the quantitative content of phenolic compounds in raw materials of 5 varietal mints. The scopes of this study are 1. obtaining a sufficient amount of fresh raw materials by cultivating on hydroponic using VeFarm GR vertical farms of the Russian manufacturer «Agroaspect Plus»; 2. comparing the amount of phenolic compounds in the investigated cultivars and with the literature data; 3. finding the most promising mint cultivars with the highest phenolic content when cultivated on hydroponic farms, which can be recommended as a source of natural phenols. The content of phenolic compounds was determined using the Folin-Ciocalteu reagent. The quantitative content of phenolic compounds in the studied mint cultivars when grown in hydroponics ranges 37,4±1,0 mg/g for ‘Ananasminze’ cv (*M. × rotundifolia* (L.) Huds.), 40,8 ±1,0 mg/g for ‘Gingermint’ cv (*Mentha × gracilis* Sole), 40,1 ±1,4 mg/g for ‘Berries and Cream’ cv (*Mentha × hybrida* hort.), 38,3 ±1,7 mg/g for ‘Chocolate’ cv (*Mentha × piperita* L. f. *citrata*), 39,5 ±1,4 mg/g for ‘Chocolate Mint’ cv (*Mentha × piperita* L.). The quantitative content of phenolic compounds in the studied

mint cultivars differs from that of plants grown in other regions and conditions. Approval of pilot Russian vertical farms from «Agroaspect plus» in the production process was successful. Their further use under the import substitution program in the Ural region for the production of seedlings of spicy-aromatic crops and fresh products of varietal mint, lemon balm, rosemary and lavender will occur taking into account the data of the study.

Key words: fresh medicinal plant raw materials, spicy-aromatic plants, varietal mints, biologically active substances, the sum of phenolic compounds, hydroponics.

УДК 633.72:581.19

doi:10.31360/2225-3068-2022-81-136-143

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ВИТАМИНОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ МАРКАХ ЧАЯ

Платонова Н.Б., Романов Л.А., Белоус О.Г.

*Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия; e-mail: oksana191962@mail.ru*

Проведено исследование по выявлению изменений в содержании витаминов С и Р в готовом краснодарском чае, а также проведено сравнение содержания витаминов в промышленных марках чая различных чаепроизводящих стран. Объектами исследований являлись 3-лиственная флеш и готовый чай сорта 'Колхида', произрастающий на коллекционно-маточном участке ФИЦ СНЦ РАН, а также, промышленные марки готового чёрного и зелёного чая из Китая, Шри-Ланки, Индии и Азербайджана. Выявлено, что особенности технологического процесса, почвенно-климатические особенности регионов выращивания, а также принадлежность растений к ассамской или китайской крупнолистной разновидности влияют на содержание основных витаминов в чае. Показано, что при переработке сырья в готовый продукт происходит разрушение витамина С почти в 4–6 раза при приготовлении белого и зелёного чая и в среднем в 20 раз при производстве чёрного. Содержание рутина в зелёном чае колеблется от 20 мг/100 г до 32 мг/100 г, в белом – около 15–20 мг/100 г, а в чёрном его в 2,5–3,0 раза выше. По содержанию витамина С краснодарский чай превосходит остальные (в среднем около 6,4 мг/100 г – в чёрном и 24,1 мг/100 г – в зелёном), что объясняется северным расположением плантаций, обуславливающим повышенное содержание витамина С в растениях. В краснодарском чае содержание рутина колеблется в пределах 14–18 мг/г сухой массы, в то время как в азербайджанских и китайских промышленных марках доходит до 34–52 мг/г сухой массы.

Ключевые слова: чай, витамины, динамика, переработка, биофлавоноиды, аскорбиновая кислота, ферментация.