

ЦВЕТКИ КОСМЕИ КАК ИСТОЧНИКИ ТРЕХ ТИПОВ КРАСИТЕЛЕЙ**Я.Ю. Саласина, Т.Г. Буржинская, В.И. Дейнека, Л.А. Дейнека, С.М. Варушкина, А.Н. Чулков**

Ярослава Юрьевна Саласина (ORCID 0000-0002-4118-9941)*, Таисия Григорьевна Буржинская, Виктор Иванович Дейнека (ORCID 0000-0002-3971-2246), Людмила Александровна Дейнека (ORCID 0000-0002-4101-2468), Светлана Михайловна Варушкина

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, Белгород, Российская Федерация, 308015

E-mail: salasina@bsu.edu.ru*

Андрей Николаевич Чулков

Белгородский филиал «Центр оценки качества зерна и продуктов его переработки», ул. Щорса, 8, Белгород, Российская Федерация, 308027

E-mail: anch87@mail.ru

*В работе исследованы накопление и видовой состав антоцианов в цветках нескольких сортов космеи дваждыперистой (*Cosmos bipinnatus*) и в цветках красной и оранжевой окраски космеи серно-желтой (*C. sulphureus*), а также определен уровень накопления диэфиров лютеина в цветках *C. sulphureus* лимонно-желтой, желтой, оранжевой и красной окрасок. Установлено, что по уровню накопления антоцианов цветки *C. bipinnatus* интенсивно красной окраски сопоставимы с плодами черной смородины, а видовой состав различается вследствие различной эффективности в различных сортах, прежде всего *O*-метилтрансферазы – от 15 до 60%, обеспечивающей перевод производных цианидина в производные неонидина. Эффективность рамнозилтрансферазы во всех исследованных случаях порядка 90 и более процентов, что сказывается на том, что главные компоненты антоцианов цветов – рамнозиды цианидина и неонидина. В случае *C. sulphureus* эффективность *O*-метилтрансферазы не обнаружена, поэтому синтезируются производные цианидина при полном отсутствии производных неонидина. Но особенность вида – биосинтез уникального для растительного мира 3-деоксидантоциан-4'-глюкозида космонидина, обеспечивающего наряду с ксантофиллами желтую окраску из-за сильного гипсохромного сдвига максимума поглощения. Принадлежность этого вещества к антоцианам (как веществам, имеющим положительный заряд на агликоне) подтверждена ростом удерживания в условиях ион-парной обращенно-фазовой ВЭЖХ при росте концентрации в подвижной фазе гептансульфоната натрия. Установлено, что во всех исследованных образцах цветков *C. sulphureus* синтезируются диэфиры лютеина с практически не зависящим от окраски соотношением видов диэфиров, среди которых преобладающим является димиристат. Уровень накопления ксантофиллов резко увеличивается при переходе окраски цветков от лимонно-желтой до желтой. Усиление окраски лепестков от желтой до оранжевой и красной сопровождается сравнительно небольшим ростом уровня накопления, достигая 0,5 г на 100 г сухих лепестков. Таким образом, цветки растения являются хорошими источниками традиционных антоцианов, как красителей для пищевой и медицинской промышленности, а также желтых водорастворимых и жирорастворимых красителей.*

Ключевые слова: антоцианы, диэфиры лютеина, ВЭЖХ, *Cosmos bipinnatus*, *C. sulphureus*

Для цитирования:

Саласина Я.Ю., Буржинская Т.Г., Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Варушкина С.М., Чулков А.Н. Цветки космеи как источники трех типов красителей. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 8. С. 117–124. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6585.

For citation:

Salasina Ya.Yu., Burzhinskaya T.G., Deineka V.I., Deineka L.A., Varushkina S.M., Chulkov A.N. Cosmos flowers as sources of three types of dyes. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 8. P. 117–124. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6585.

COSMOS FLOWERS AS SOURCES OF THREE TYPES OF DYES

Ya.Yu. Salasina, T.G. Burzhinskaya, V.I. Deineka, L.A. Deineka, S.M. Varushkina, A.N. Chulkov

Yaroslava Yu. Salasina (ORCID 0000-0002-4118-9941)*, Taisiya G. Burzhinskaya, Victor I. Deineka (ORCID 0000-0002-3971-2246), Lyudmila A. Deineka (ORCID 0000-0002-4101-2468), Svetlana M. Varushkina

Belgorod State National Research University, Pobedy st., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: salasina@bsu.edu.ru

Andrey N. Chulkov

Belgorod Branch "Center for Grain and Processed Products Quality Assessment", Shchors st., 8, Belgorod, 308027, Russia

E-mail: anch87@mail.ru

*The accumulation and species composition of anthocyanins in the flowers of several varieties of double-feathered cosmos (*Cosmos bipinnatus*) and in the flowers of red and orange coloration are more sulfur-yellow (*C. sulphureus*). And the level of accumulation of lutein diesters in the flowers of *C. sulphureus* of lemon yellow, yellow, orange and red colors is also determined. It was found that according to the level of anthocyanin accumulation, the flowers of *C. bipinnatus* of intensely red color are comparable to the fruits of black currant, and the species composition differs due to the different effectiveness in different varieties, primarily O-methyltransferase - from 15 to 60%, which ensures the transfer of cyanidin derivatives to peonidin derivatives. The effectiveness of rhamnosyltransferase in all studied cases is about 90 percent or more, which affects the fact that the main components of anthocyanins of flowers are cyanidin and peonidin rhamnosides. In the case of *C. sulphureus* the effectiveness of O-methyltransferase has not been detected, therefore cyanidin derivatives are synthesized in the complete absence of peonidin derivatives. But the peculiarity of the species is the biosynthesis of 3-deoxyanthocyanin - 4'-glucoside cosmonidin, which, along with xanthophylls, provides a yellow color due to a strong hypsochromic shift of the absorption maximum. The belonging of this substance to anthocyanins (as substances having a positive charge on the aglycone) is confirmed by an increase in retention under conditions of ion-pair reversed-phase HPLC with an increase in the concentration of sodium heptanesulfonate in the mobile phase. It was found that in all the studied samples of *C. sulphureus* flowers, lutein diesters are synthesized with a practically color-independent ratio of diester species, among which dimyristate is predominant. The level of accumulation of xanthophylls increases sharply during the transition from lemon-yellow to yellow flowers. The increase in the color of the petals from yellow to orange and red is accompanied by a relatively small increase in the accumulation level, reaching 0.5 g per 100 g of dry petals. Thus, the flowers of the plant are good sources of traditional anthocyanins, as dyes for the food and medical industry, as well as yellow water-soluble and fat-soluble dyes.*

Key words: anthocyanins, lutein diesters, HPLC, *Cosmos bipinnatus*, *C. sulphureus*

ВВЕДЕНИЕ

Космосом (или космеей) называется род растений семейства сложноцветных, состоящий из 35 видов. Он распространяется от юго-запада Соединенных Штатов Америки до Северной Аргентины, но в Мексике растут 33 вида [1]. Космея дваждыперистая (*C. bipinnatus*) давно известна цветоводам России в качестве популярного декоративного однолетнего травянистого растения высотой до 150 см с тонкими, гибкими, прямостоячими и неразветвленными стеблями. Имеет супротивные дважды рассеченные светло-зеленые ажурные ли-

стья. Соцветие – корзинки диаметром до 7 см, собранные в рыхлые щитковидные метелки. Трубочатые цветки мелкие, имеют желтую окраску и находятся в центре, язычковые цветки крупные, расположены по краям соцветий; в зависимости от сорта они окрашены в розовый, фиолетовый или белый цвет [2]. Впрочем, известен сорт с язычковыми цветками желтого цвета [3]. По литературным данным [4] *C. bipinnatus* традиционно использовался как травяное средство для лечения различных заболеваний, таких как желтуха, перемежающаяся лихорадка и спленомегалия. Одна из причин биологической активности экстрактов цветков растения –

высокая антиоксидантная активность, которая возрастает с усилением окраски цветков от белой к темно-красной [4]. Окраска в красные цвета язычковых цветков *C. bipinnatus* связана с биосинтезом антоцианов [5] – двух производных цианидина: 3-глюкозида и 3-рутинозида, рис. 1. Отметим, что эти же антоцианы, но с добавлением таких же производных пеларгонидина, были найдены в цветках «шоколадного космоса», *C. astrosanguineus* и его гибридов в *C. bipinnatus* [5]. Но в работе [6] в лепестках цветков *C. bipinnatus* был найден набор из других четырех антоцианов, включающий 3-глюкозиды и 3-рутинозиды цианидина и пеонидина, рис. 1.

В течение нескольких лет популярность в России приобрел еще один вид космеи – космея серно-желтая, *C. sulphureus*. Это растение любопытно не только тем, что издавна напоминает *Tagetes patula*, но и тем, что желтая окраска обусловлена, как и в случае бархатцев, биосинтезом диэфиров лютеина [7]. При этом в цветках растения с желтой окраской даже после исчерпывающей экстракции каротиноидов *n*-гексаном желтая окраска остатка сохраняется. Эту желтую окраску цветков данного растения [8] и других растений семейства сложноцветные [9] связывают с биосинтезом бутена (2',3,4,4'-тетрагидрохалкона). Однако, в работе [10] в оранжевых цветках *C. sulphureus* найден уникальный 3-деоксиантоциан (космонидин-4'-О-глюкозид), рис. 1, с сильным гипсохромным сдвигом максимума полосы поглощения ($\lambda_{max} = 483$ нм), способным также обеспечить желтую окраску цветков.

Поиск возобновляемых растительных источников биологически активных веществ является важным направлением в современных научных исследованиях [11, 12]. В этом отношении цветки космеи могут рассматриваться как источники лютеина, необходимого для создания препаратов, предотвращающих возрастную макулярную дистрофию [13], а также как источники водорастворимых фенольных антиоксидантов.

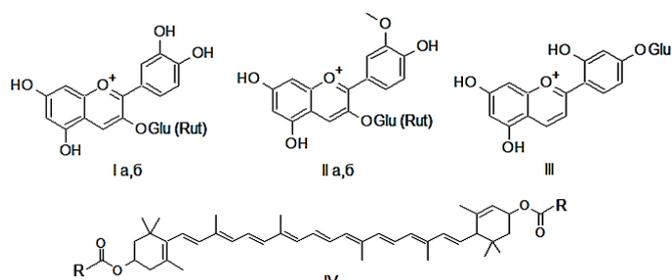


Рис. 1. 3-Глюкозиды и 3-рутинозиды цианидина (I а,б) и пеонидина (II а,б), космонидин-4'-О-глюкозид (III) и диэфиры лютеина (IV)

Fig 1. 3-Glucosides and 3-rutinosides of cyanidin (I a,б) and peonidin (II a,б), cosmonidin-4'-O-glucoside (III) and lutein diesters (IV)

Цель настоящей работы – определение и уточнение веществ, обеспечивающих окраску цветков новых сортов двух видов космеи – *C. bipinnatus* и *C. sulphureus*, и оценка возможности их использования в качестве источников для приготовления натуральных красителей.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Цветки были собраны с растений различных сортов *C. bipinnatus* и *C. sulphureus*, выращенных в Белгороде в открытом грунте. Лепестки цветков сушили вне доступа прямого солнечного света.

Антоцианы экстрагировали 0,1 М водным раствором HCl настаиванием при комнатной температуре в течение суток, и экстракты отделяли от остатка центрифугированием. Электронные спектры поглощения записывали для этих экстрактов после соответствующего разбавления. Для последующего определения методом ВЭЖХ полученные растворы очищали твердофазной экстракцией на концентрирующих патронах C18 (Биохиммакт, Москва). С патронов антоцианы экстрагировали раствором, содержащим 30 об. % ацетонитрила и 30 об. % муравьиной кислоты в воде, сразу разбавляя дистиллированной водой в три раза перед вводом в хроматограф.

Ксантофиллы экстрагировали из высушенных лепестков *n*-гексаном при растирании в фарфоровой ступке под слоем экстрагента с добавлением кварцевого песка до обесцвечивания экстракта (остаток сохраняет желтую окраску, обусловленную веществами фенольной природы). Полученные экстракты после разбавления использовали для записи электронных спектров поглощения и оценки уровня накопления ксантофиллов. Для ВЭЖХ *n*-гексан удаляли на вакуумном ротационном испарителе, остаток растворяли в смеси ацетона с ацетонитрилом (4 к 1 по объему) и перед введением в хроматограф фильтровали через насадочный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм.

Для определения компонентов экстракта использовали хроматограф Agilent 1260 Infinity с диодно-матричным детектором. Для записи, хранения и обработки хроматограмм использовали программу Agilent Chem Station.

Определение антоцианов. Использовали хроматографическую колонку 150×4,6 мм Symmetry C18, 3,5 мкм при температуре термостата колонок 40 °С и расходе подвижной фазы 0,8 мл/мин. При этом для определения видового состава антоцианов использовали градиентное элюирование: компонент А – 8 об. % CH₃CN, 10 об. % HCOOH в воде; компонент Б – 30 об. % CH₃CN, 10 об. %

НСООН в воде. Градиентный режим: 0 мин – 0 %Б, 20 мин – 50 %Б; 21 мин – 0 %Б; 30 мин – 0 %Б. Для исследования антоцианов в условиях ион-парной обращенно-фазовой ВЭЖХ готовили элюент, содержащий 10 об. % CH_3CN , 10 об. % НСООН в воде (компонент А) и в части этого компонента (Б) растворяли гептансульфонат натрия до концентрации 0,01 М. При хроматографировании компоненты А и Б смешивали в заданном соотношении, используя градиентный насос.

Определение каротиноидов. Использовали хроматографическую колонку 250×4,6 мм Kromasil 100-5C18 при температуре термостата колонок 30 °С и расходе подвижной фазы 1,0 мл/мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определение антоцианов

Хроматограммы частично очищенных экстрактов антоцианов цветков различных сортов *C. bipinnatus* и двух сортов (с оранжевой и красной окраской) *C. sulphureus* представлены на рис. 2.

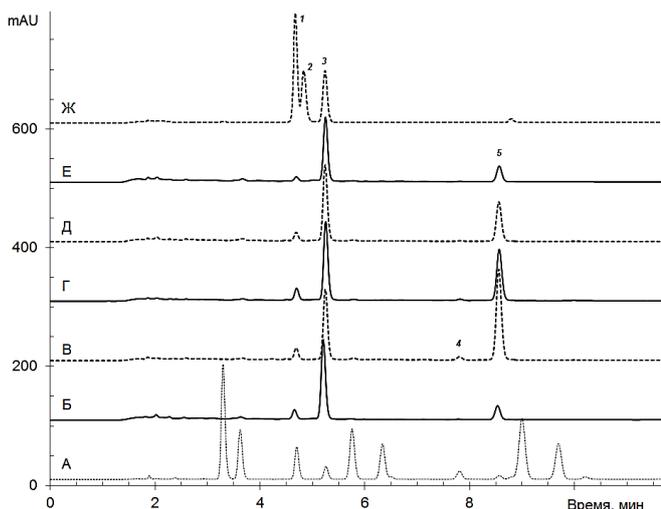


Рис. 2. Хроматограммы экстрактов цветков двух видов космеи и мальвы розовой. Образцы экстрактов: А – цветков мальвы розовой, цветков *C. bipinnatus* сортов: Б – «Гранатовый бархат»; В – «Красная», Г – Мадам Помпадур»; Д – «Рэд пайп» (с язычковыми цветками в виде трубок); Е – «Огонь»; и Ж – цветков красной окраски *C. sulphureus*. Вещества: 1 – Су3G, 2 – космонидин-3-глюкозид, 3 – Су3R, 4 – Pn3G и 4 – Pn3R
 Fig. 2. Chromatograms of extracts of flowers of two types of Cosmos and pink mallow. Samples of extracts: А - pink mallow flowers, *C. bipinnatus* flowers of cultivars: Б - "Pomegranate velvet"; В - "Red", Г – "Madame Pompadour"; Д – "Red pipe" (with zoned flowers in the form of tubes); Е - "Fire"; and Ж - red colored flowers of *C. sulphureus*. Compounds: 1 - Су3G, 2 - cosmonidin-3-glucoside, 3 - Су3R, 4 - Pn3G and 4 - Pn3R

Из представленных хроматограмм вытекает, что антоциановый состав экстрактов цветков сортов *C. bipinnatus* включает четыре антоциана

цианидин-3-глюкозид (Су3G), цианидин-3-рутинозид (Су3R), пеонидин-3-глюкозид (Pn3G) и пеонидин-3-рутинозид (Pn3R). Это подтверждается не только совпадением времен удерживания со временами удерживания соответствующих соединений из экстракта цветков мальвы розовой (*Alcea rosea*) [14], но и совпадением электронных спектров поглощения (рис. 3).

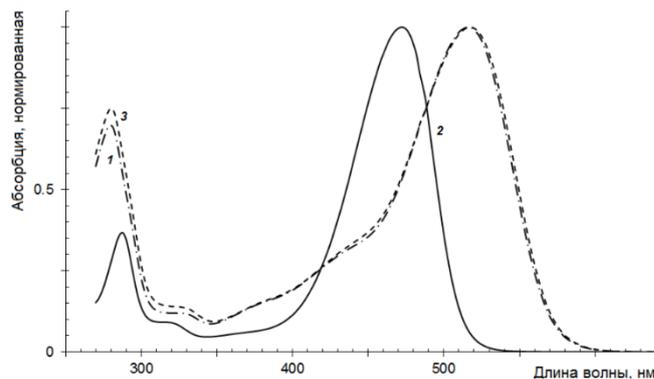


Рис. 3. Нормированные электронные спектры поглощения цианидин-3-глюкозида (1), космонидин-4'-О-глюкозида (2) и цианидин-3-рутинозида (3)
 Fig. 3. Normalized electronic absorption spectra of cyanidin-3-glucoside (1), cosmonidin-4'-O-glucoside (2) and cyanidin-3-rutinoside (3)

Так, электронные спектры поглощения 3-глюкозидов цианидина и пеонидина, как и спектры 3-рутинозидов при элюировании в изократических условиях неразличимы между собой, но смещаются батохромно примерно на 1 нм только при переходе от 3-глюкозидов к 3-рутинозидам. Анализ показал, что производные пеларгонидина во всех случаях отсутствовали.

При этом при переходе от одного сорта к другому изменяется соотношение между основными антоцианами, табл. 1, свидетельствуя о различной для различных сортов эффективности в цепи биосинтеза антоцианов *O*-метилтрансферазы (MT, как сумма долей производных пеонидина), обеспечивающей переход производных цианидина в производные пеонидина, но довольно близкой эффективности рамнозилтрансферазы (RT, как суммы долей рутинозидов) для превращения 3-глюкозидов в 3-рутинозиды. Это может быть причиной различия результатов определения антоцианов в цветках космеи дважды перистой различными авторами в различных лабораториях мира.

В экстракте лепестков красных цветков *C. sulphureus* найдены 3-глюкозид и 3-рутинозид цианидина с преобладанием 3-глюкозида при отсутствии производных пеонидина. При этом обнаруживается еще один пик вещества с максимумом аб-

сорбции, соответствующим космонидин-3'-гликозиду [5]. Этот же пик, но при существенно меньших концентрациях двух производных цианидина был найден и в экстракте цветков *C. sulphureus* оранжевой окраски. Для подтверждения принадлежности этого пика к антоцианам исследовали

хроматографическое поведение рассматриваемых веществ в условиях обращенно-фазовой хроматографии с ион-парной добавкой (концентрация ион-парной добавки возрастала от нижней хроматограммы к верхней), рис. 4.

Таблица 1

Видовой состав антоцианов и эффективность работы ферментов метилтрансферазы (MT) и рамнозилтрансферазы (RT)

Table 1. Species composition of anthocyanins and efficiency of the enzymes methyltransferase (MT) and rhamnosyltransferase (RT)

Сорта вида <i>C. bipinnatus</i>	Доля видов антоцианов*, моль %				Эффективность ферментов, %	
	Cy3G	Cy3R	Pn3G	Pn3R	MT	RT
Гранатовый бархат	8,93	75,35	0,47	15,26	15,7	90,6
Красный	5,47	36,04	2,03	56,45	58,5	92,5
Ред Пайп	5,78	57,61	0,66	35,95	36,6	93,6
Мадам Помпадур	7,699	51,18	1,04	40,08	41,1	91,3
Огонь	4,323	74,39	0,41	20,88	21,3	95,3
Неизвестный	8,128	34,4	2,51	54,96	57,5	89,4
<i>C. sulphureus</i> , красный	66,2	33,8	нет	нет	0	33,8
<i>C. sulphureus</i> , оранжевый	8,10	91,9	нет	нет	0	91,9

Примечание: * - по площадям пиков

Note: * - by peak areas

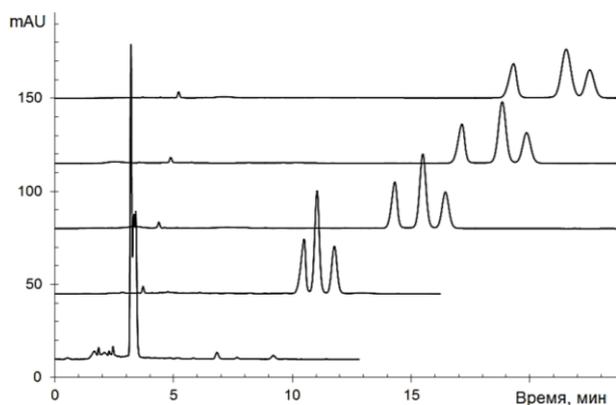


Рис. 4. Влияние добавок гептансульфоната натрия в подвижную фазу на удерживание антоцианов цветков *C. sulphureus*
Fig. 4. The effect of sodium heptanesulfonate additives in the mobile phase on the retention of anthocyanins of *C. sulphureus* flowers

В этом случае использовали не градиентный, а изократический режим, используя два компонента (А и Б) с одинаковым составом по ацетонитрилу и муравьиной кислоте (по 10 об. %) в воде, но в компоненте Б дополнительно растворили гептансульфонат натрия до концентрации 0,01 М. Смешивая компоненты А и Б в нужных пропорциях, получали подвижные фазы с различной концентрацией ион-парной добавки. Для антоцианов в кислых растворах характерна флавилиевая форма с положительным зарядом, поэтому удерживание антоцианов чувствительно к концентрации анионной (гептансульфонатной) добавки в подвижной фазе – удерживание антоцианов должно возрастать с ростом концентрации гептансульфоната, что и

было найдено экспериментально. Отметим, что при этом удерживание веществ флавоноидной природы, не имеющих заряда, оставалось практически неизменным (детектировали при 350 нм).

Таким образом, важное отличие антоцианов *C. sulphureus* и *C. bipinnatus* состоит в том, что только в первом случае появляется уникальный 3-деоксиантоциан и, кроме того, отсутствуют производные пеонидина. В количественном отношении суммарный уровень накопления антоцианов в наиболее интенсивно окрашенных в вишнево-красный цвет лепестках цветков *C. bipinnatus* превышает 0,300 г на 100 свежего материала (309 мг на 100 г), что сопоставимо с уровнем накопления антоцианов, например, в плодах черной смородины [15]. Однако это существенно ниже накопления антоцианов в темноокрашенных цветках *C. atrosanguineus* (2,43 г на 100 г материала [5]), которые вообще можно отнести к наиболее богатым источникам антоцианов в растительном мире. Отметим, что по соотношению площадей пиков космонидин-3'-гликозида и производных цианидина в экстрактах *C. sulphureus* содержание 3-деоксиантоциана почти на порядок больше площади остальных антоцианов при записи хроматограмм на максимумах поглощения. Это позволяет предположить преобладание именно производного космонидина в экстрактах, объясняющее использование цветков *C. sulphureus* в качестве источника красителя для шерсти [16].

Определение каротиноидов

При исследовании ксантофиллов цветов бархатцев было установлено, что уровень накопления ксантофиллов выше для растений с темно-оранжевой окраской по сравнению с растениями с лимонно-желтой и желтой окрасками [17]. В таком случае интерес представляло определение уровня накопления ксантофиллов в новых сортах *C. sulphureus* не только с желтой, но и оранжевой и даже красной окраской, как потенциальных источников для профилактики возрастной макулярной дистрофии [18].

Выполненный в настоящей работе спектрофотометрический анализ *n*-гексановых экстрактов цветков *C. sulphureus* лимонно-желтой, желтой, оранжевой и красной окрасок показал, что экстракты одинаковых навесок лепестков цветков, во-первых, не отличаются друг от друга, рис. 5, и соответствуют веществам с хромофором, характерным для α -каротина или лютеина; во-вторых, уровень накопления действительно возрастает, но только при переходе от цветков лимонно-желтой до желтой окрасок цветков. Дальнейший переход к

оранжевой и красной окраскам сопровождается относительно небольшим ростом накопления ксантофиллов, табл. 2, и окраска обусловлена производными космонидина и цианидина.

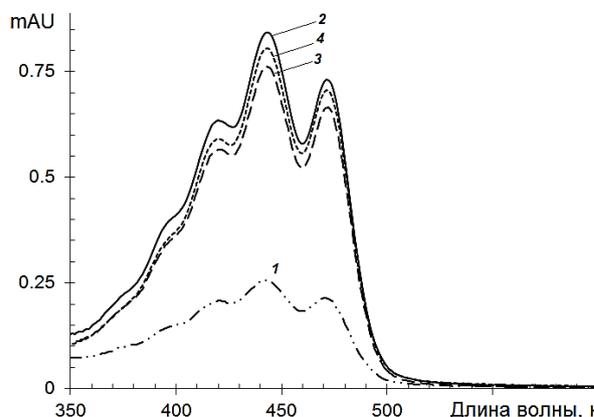


Рис. 5. Электронные спектры поглощения экстрактов цветков *C. sulphureus* лимонно-желтого (1), желтого (2), оранжевого (3) и красного (4) цветов

Fig. 5. Electronic absorption spectra of extracts of *C. sulphureus* flowers of lemon yellow (1), yellow (2), orange (3) and red (4) colors

Таблица 2

Уровень накопления ксантофиллов, доля типов диэфиров и основные жирные кислоты диэфиров
Table 2. The level of accumulation of xanthophylls, the proportion of types of diesters and the main fatty acids of diesters

Окраска лепестков	Накопление ксантофиллов, г/100 г	Доля типов диэфиров лютеина*, моль %			Доля миристиновой кислоты, %
		димиристат	миристат-пальмитат	дипальмитат	
лимонно-желтая	0,047 ± 0,005	62,8 ± 0,8	20,3 ± 0,3	2,53 ± 0,1	85,2
желтая	0,36 ± 0,04	60,2 ± 0,3	25,2 ± 0,5	4,33 ± 0,3	81,1
оранжевая	0,48 ± 0,05	63,6 ± 2,6	24,2 ± 1,3	3,95 ± 0,1	82,5
красная	0,51 ± 0,05	61,7 ± 0,2	23,3 ± 0,2	3,46 ± 0,1	82,9

Примечание: * - по площадям пиков
 Note: * - by peak areas

Методом обращенно-фазовой ВЭЖХ был определен видовой состав диэфиров лютеина в полученных экстрактах. При этом вид хроматограмм был практически одинаковым, поэтому на рис. 6 приведена только одна хроматограмма. Для этого использовали совпадение времен удерживания веществ экстракта с диэфирами лютеина цветков бархатцев, для которых состав был определен ранее с использованием масс-спектрометрического детектирования [19].

На хроматограмме (рис. 6) основной пик является димиристатом лютеина, за которым следуют миристат-пальмитат и дипальмитат лютеина. Небольшие пики, следующие за основными, соответствуют *cis*-изомерам этих же диэфиров. При этом среди них не обнаружены диэфиры зеаксантина, как в случае экстрактов цветков бархатцев. К преимуществам цветков *C. sulphureus* по сравнению с цветками *T. patula* является отсутствие в экс-

трактах фототоксичных полицинофенов, требующих использования специальной процедуры подготовки лепестков к экстракции [20].

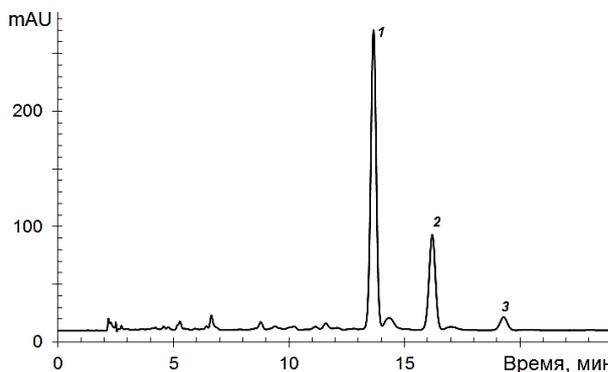


Рис. 6. Разделение диэфиров лютеина цветков *C. Sulphureus*. Диэфиры: 1 – димиристат лютеина, 2 – миристат-пальмитат лютеина, 3- дипальмитат лютеина

Fig. 6. Separation of lutein diesters of *C. sulphureus* flowers. Diesters: 1 - lutein dimyristate, 2 - lutein myristate palmitate, 3- lutein dipalmitate

ВЫВОДЫ

Таким образом, в цветках растений *C. bipinnatus* уровень накопления антоцианов сопоставим с плодами черной смородины, что делает эти вещества хорошими источниками для получения водорастворимых красителей. В цветках *C. sulphureus* накапливается 3-деоксиантоциан с желтой окраской, расширяя палитру потенциальных природных красителей для пищевой и др. промышленности. Цветки *C. sulphureus* накапливают диэфир

лютеина, поэтому могут быть использованы для получения ксантофиллов, необходимых для профилактики возрастной макулярной дистрофии или желтых жирорастворимых красителей при условии комплексной переработки растительного сырья.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vargas-Amado G., Castro-Castro A., Harker M., Villasecor J.L., Ortiz E., Rodríguez A. Distribución geográfica y riqueza del género Cosmos (Asteraceae: Coreopsideae). *Revista Mexic. Biodiv.* 2013. V. 84. P. 536–555. DOI: 10.7550/rmb.31481.
2. Куличенко Е.О., Лукашук С.П., Оганесян Э.Т. Морфолого-анатомическое изучение космеи дваждыперистой. *Евраз. Союз Уч. (ЕСУ)*. 2017. Т. 10 (43). С. 72–74.
3. Inazu A. Biochemical and genetic studies on a new cosmos (*Cosmos bipinnatus* Cav.) cultivar with yellow ray petals. *Bull. Faculty Agricult. Tamagawa Univ. (Japan)*. 1993. N 33. P. 75–140.
4. Jang I.-C., Park J.-H., Park E., Park H.-R., Lee S.-C. Antioxidative and Antigenotoxic Activity of Extracts from Cosmos (*Cosmos bipinnatus*) Flowers. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2008. V. 63. P. 205–210. DOI: 10.1007/s11130-008-0086-8.
5. Amamiya K., Iwashina T. Qualitative and Quantitative Analysis of Flower Pigments in Chocolate Cosmos, *Cosmos atrosanguineus*, and its Hybrids. *Nat. Prod. Commun.* 2016. V. 11. P. 77–78. DOI: 10.1177/1934578X1601100122.
6. Дейнека В.И., Григорьев А.М., Ермаков А.М. Антоцианы некоторых растений белгородской флоры. *Химия природ. соедин.* 2003. № 5. С. 412–413.
7. Дейнека Л.А., Шаркунова Н.А., Третьяков М.Ю., Сиротина С.С., Лиманская И.Н., Ожерельева Т.Н., Сиротин А.А., Сорокопудов В.Н., Дейнека В.И. Поиск новых растительных источников ксантофиллов. *Науч. вестн. БелГУ. Сер.: Естеств. науки*. 2008. № 3(43). Вып. 6. С. 152–158.
8. Schlangen K., Miosic S., Thill J., Halbwirth H. Cloning, functional expression, and characterization of a chalcone 3-hydroxylase from *Cosmos sulphureus*. *J. Exp. Bot.* 2010. V. 61(12). P. 3451–3459. DOI: 10.1093/jxb/erq169.
9. Ohno S., Yokota M., Yamada H., Tatsuzawa F., Doi M. Identification of Chalcones and their Contribution to Yellow Coloration in Dahlia (*Dahlia variabilis*) Ray Florets. *Hortic. J.* 2021. V. 90. P. 450–459. DOI: 10.2503/hortj.UTD-305.
10. Iwashina T., Amamiya K., Kamo T., Kitajima J., Mizuno T., Uehara A., Koizuka N. 2'-Hydroxylated 3-Deoxyanthocyanin from the Flowers of *Cosmos sulphureus* Cultivars. *Nat. Prod. Commun.* 2019. V. 14. P. 1–4. DOI: 10.1177/1934578X19876219.
11. Тептерева Г.А., Пахомов С.И., Четвертнева И.А., Каримов Э.Х., Егоров М.П., Мовсумзаде Э.М., Евстигнеев Э.И., Васильев А.В., Севастьянова М.В., Волошин А.И., Нифантьев Н.Э., Немов В.В., Докичев В.А., Бабаев Э.Р., Роговина С.З., Берлин А.А., Фахреева А.В., Баулин О.А., Колчина Г.Ю., Воронов М.С., Староверов Д.В., Козловский И.А., Козловский Р.А.,

REFERENCES

1. Vargas-Amado G., Castro-Castro A., Harker M., Villasecor J.L., Ortiz E., Rodríguez A. Distribución geográfica y riqueza del género Cosmos (Asteraceae: Coreopsideae). *Revista Mexic. Biodiv.* 2013. V. 84. P. 536–555. DOI: 10.7550/rmb.31481.
2. Kulichenko E.O., Lukashuk S.P., Oganesyanyan E.T. Morphological and anatomical study of the *Cosmos bipinnatus*. *Evrz. Soyuz Uch. (ESU)*. 2017. V. 10 (43). P. 72–74 (in Russian).
3. Inazu A. Biochemical and genetic studies on a new cosmos (*Cosmos bipinnatus* Cav.) cultivar with yellow ray petals. *Bull. Faculty Agricult. Tamagawa Univ. (Japan)*. 1993. N 33. P. 75–140.
4. Jang I.-C., Park J.-H., Park E., Park H.-R., Lee S.-C. Antioxidative and Antigenotoxic Activity of Extracts from Cosmos (*Cosmos bipinnatus*) Flowers. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2008. V. 63. P. 205–210. DOI: 10.1007/s11130-008-0086-8.
5. Amamiya K., Iwashina T. Qualitative and Quantitative Analysis of Flower Pigments in Chocolate Cosmos, *Cosmos atrosanguineus*, and its Hybrids. *Nat. Prod. Commun.* 2016. V. 11. P. 77–78. DOI: 10.1177/1934578X1601100122.
6. Deineka V.I., Grigor'ev A.M., Ermakov A.M. Anthocyanins of Certain Belgorod Plants. *Chem. Nat. Comp.* 2003. V. 39. N 5. P. 503–504. DOI: 10.1023/B:CONC.0000011129.97991.c4.
7. Deineka L.A., Sharkunova N.A., Tret'yakov M.YU., Sirochina S.S., Limanskaya I.N., Ozherel'eva T.N., Sirochin A.A., Sorokopudov V.N., Deineka V.I. Search for new plant sources of xanthophylls. *Nauch. Vestn. BelGU. Ser.: Estestv. nauki*. 2008. N 3(43). Iss. 6. P. 152–158 (in Russian).
8. Schlangen K., Miosic S., Thill J., Halbwirth H. Cloning, functional expression, and characterization of a chalcone 3-hydroxylase from *Cosmos sulphureus*. *J. Exp. Bot.* 2010. V. 61(12). P. 3451–3459. DOI: 10.1093/jxb/erq169.
9. Ohno S., Yokota M., Yamada H., Tatsuzawa F., Doi M. Identification of Chalcones and their Contribution to Yellow Coloration in Dahlia (*Dahlia variabilis*) Ray Florets. *Hortic. J.* 2021. V. 90. P. 450–459. DOI: 10.2503/hortj.UTD-305.
10. Iwashina T., Amamiya K., Kamo T., Kitajima J., Mizuno T., Uehara A., Koizuka N. 2'-Hydroxylated 3-Deoxyanthocyanin from the Flowers of *Cosmos sulphureus* Cultivars. *Nat. Prod. Commun.* 2019. V. 14. P. 1–4. DOI: 10.1177/1934578X19876219.
11. Teptereva G.A., Pakhomov S.I., Chetvertneva I.A., Karimov E.H., Egorov M.P., Movsumzade E.M., Evstigneev E.I., Vasiliev A.V., Sevastyanova M.V., Voloshin A.I., Nifantsev N.E., Nosov V.V., Dokichev V.A., Babaev E.R., Rogovina S.Z., Berlin A.A., Fakhreeva A.V., Baulin O.A., Kolchina G.Yu., Voronov M.S., Staroverov D.V., Kozlovsky I.A., Kozlovsky R.A., Tarasova N.P., Zanin A.A.,

- Тарасова Н.П., Занин А.А., Кривобородов Е.Г., Каримов О.Х., Флид В.Р., Логинова М.Е. Возобновляемые природные сырьевые ресурсы, строение, свойства, перспективы применения. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2021. Т. 64. Вып. 9. С. 5-122. DOI: 10.6060/ivkkt.20216409.6465.
12. Balandrin M.F., Klocke J.A., Wurtele E.S., Bollinger W.H. Natural plant chemicals: Sources of industrial and medicinal materials. *Science*. 1985. V. 228. P. 1154-60. DOI: 10.1126/science.3890182.
13. Ma, L., Dou, H.-L., Wu, Y.-Q., Huang, Y.-M., Huang, Y.-B., Xu, X.-R., Zou, Z.-Y., Lin, X.-M. Lutein and zeaxanthin intake and the risk of age-related macular degeneration: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Nutr.* 2012. V. 107. P. 350-359. DOI: 10.1017/S0007114511004260.
14. Дейнека В.И., Кульченко Я.Ю., Олейниц Е.Ю., Дейнека Л.А., Варушкина С.М., Чулков А.Н., Семенов В.Ф. Использование ВЭЖХ при определении антоцианов цветков растений семейства Malvaceae. *Сорбц. и хроматограф. проц.* 2020. Т. 20. № 2. С. 150-157. DOI: 10.17308/sorpchrom.2020.20/2769.
15. Дейнека Л.А., Шапошник Е.И., Гостищев Д.А., Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Семенов В.Ф. ВЭЖХ в контроле антоцианового состава плодов черной смородины. *Сорбц. и хроматограф. проц.* 2009. Т. 9. Вып. 4. С. 529-536.
16. Kale S., Naik S., Deodhar S. Utilization of Cosmos sulphureus Cav. Flowers dye on wool using mordant combinations. *Nat. Prod. Radiance*. 2006. V. 5. P. 19-24.
17. Третьяков М.Ю., Сорокопудов В.Н., Дейнека В.И. Накопление ксантофиллов у некоторых видов рода Tagetes L. в условиях Белгородской области. *Сельскохозяй. биология*. 2010. № 4. С. 105-109.
18. Feng L., Nie K., Jiang H., Fan W. Effects of lutein supplementation in age-related macular degeneration. *PLoS ONE*. 2019. V. 14(12). P. e0227048. DOI: 10.1371/journal.pone.0227048.
19. Лапшова М.С., Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Блинова И.П., Третьяков М.Ю. Идентификация ксантофиллов в экстракте лепестков цветков бархатцев. *Ж. аналит. химии*. 2013. Т. 68. С. 1130-1136. DOI: 10.7868/S0044450213110078.
20. Deineka V.I., Tret'yakov M.Y., Lapshova M.S., Deineka L.A. Thiophenes of Tagetes Flowers and Partial Purification of Xanthophyll Esters. *Universal J. Agric. Res.* 2014. V. 2 (3). P. 101-106. DOI: 10.13189/ujar.2014.020304.
- Krivoborodov E.G., Karimov O.Kh., Flid V.R., Loginova M.E. Renewable natural raw materials. Structure, properties, application prospects. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 9. P. 5-122 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20216409.6465.
12. Balandrin M.F., Klocke J.A., Wurtele E.S., Bollinger W.H. Natural plant chemicals: Sources of industrial and medicinal materials. *Science*. 1985. V. 228. P. 1154-60. DOI: 10.1126/science.3890182.
13. Ma, L., Dou, H.-L., Wu, Y.-Q., Huang, Y.-M., Huang, Y.-B., Xu, X.-R., Zou, Z.-Y., Lin, X.-M. Lutein and zeaxanthin intake and the risk of age-related macular degeneration: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Nutr.* 2012. V. 107. P. 350-359. DOI: 10.1017/S0007114511004260.
14. Deineka V.I., Kul'chenko Ya.Yu., Oleinits E.Yu., Deineka L.A., Varushkina S.M., Chulkov A.N., Selemenev V.F. The use of HPLC in the determination of anthocyanins of flowers of plants of the Malvaceae family. *Sorbts. Khromatograf. Prots.* 2020. V. 20. N 2. P. 150-157 (in Russian). DOI: 10.17308/sorpchrom.2020.20/2769.
15. Deineka L.A., Shaposhnik E.I., Gostishchev D.A., Dejneka V.I., Sorokopudov V.N., Selemenev V.F. HPLC in the control of anthocyanin composition of black currant fruits. *Sorbts. Khromatograf. Prots.* 2009. V. 9. N 4. P. 529-536 (in Russian).
16. Kale S., Naik S., Deodhar S. Utilization of Cosmos sulphureus Cav. Flowers dye on wool using mordant combinations. *Nat. Prod. Radiance*. 2006. V. 5. P. 19-24.
17. Tret'yakov M.Yu., Sorokopudov V.N., Deineka V.I. Accumulation of xanthophylls in some species of the genus Tagetes L. in the conditions of the Belgorod region. *Sel'skokhoz. Biolog.* 2010. N 4. P. 105-109 (in Russian).
18. Feng L., Nie K., Jiang H., Fan W. Effects of lutein supplementation in age-related macular degeneration. *PLoS ONE*. 2019. V. 14(12). P. e0227048. DOI: 10.1371/journal.pone.0227048.
19. Lapshova M.S., Deineka V.I., Deineka L.A., Blinova I.P., Tret'yakov M.Yu. Identification of Xanthophylls in a Marigold Petal Extract. *J. Analyt. Chem.* 2013. V. 68. P. 1014-1019. DOI: 10.1134/S1061934813110075.
20. Deineka V.I., Tret'yakov M.Y., Lapshova M.S., Deineka L.A. Thiophenes of Tagetes Flowers and Partial Purification of Xanthophyll Esters. *Universal J. Agric. Res.* 2014. V. 2 (3). P. 101-106. DOI: 10.13189/ujar.2014.020304.

Поступила в редакцию 02.02.2022
Принята к опубликованию 27.05.2022

Received 02.02.2022
Accepted 27.05.2022