



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 543.544:543.421;422:615.322

doi: 10.17308/sorpchrom.2022.22/9016

### Хроматографическое определение зеаксантина в некоторых сортах *Capsicum annuum*

Таисия Григорьевна Буржинская<sup>1</sup>, Виктор Иванович Дейнека<sup>1</sup>✉,  
Людмила Александровна Дейнека<sup>1</sup>, Владимир Федорович Селеменев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия, [deineka@bsu.edu.ru](mailto:deineka@bsu.edu.ru)✉

<sup>2</sup>Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**Аннотация.** Исследован каротиноидный состав девяти сортов плодов болгарского перца (*Capsicum annuum*) с оранжевой окраской. Установлено, что оранжевая окраска может быть обусловлена как накоплением зеаксантина (неэтерифицированного, моноэфиров и диэфиров), так и смесью желтых (при продолжении цепи биосинтеза до продуктов эпоксицирования) и красных (при неполном превращении последних в производные капсантина и капсорубина) ксантофиллов. Показано, что дифференциация в этом случае возможна по анализу электронных спектров поглощения ацетоновых экстрактов плодов. Однако спектрофотометрический метод не позволяет различать β-каротин, β-криптоксантин и его эфиры и зеаксантин и его эфиры.

Для профилактики и лечения возрастной макулярной дистрофии (ВМД) нужен только зеаксантин (и его эфиры). Поэтому поиск довольно редко встречающихся в российской флоре источников зеаксантина представляет особый интерес. В этом отношении на следующей стадии контроля конечной стадии биосинтеза возможно использование тонкослойной хроматографии на силикагеле или еще более информативного метода – обращенно-фазовой ВЭЖХ. В тонкослойной хроматографии (ТСХ) разделение на силикагелевых пластинах основано на различии в количестве и качестве полярных групп и практически не зависит от липофильности, связанной с радикалами высших жирных кислот, образовавших соответствующие эфиры. Отмечено, легко добиться условий, при которых β-каротин, как компонент, не имеющий полярных групп, имеет наиболее высокую хроматографическую подвижность, эфиры β-криптоксантина (имеется только одна полярная сложноэфирная группа) имеют заметно меньшую подвижность, и еще сильнее удерживаются диэфиры зеаксантина (имеют две полярные сложноэфирные группы). Неэтерифицированный β-криптоксантин (имеет одну ОН-группу), моноэфиры зеаксантина (имеют одну ОН- и одну сложноэфирную группы) и, наконец, неэтерифицированный зеаксантин имеют низкую подвижность, оставаясь на линии старта или недалеко от нее (подвижная фаза н-гексан – ацетон 20 : 0.3). В обращенно-фазовой ВЭЖХ удастся также разделить все указанные компоненты, при этом они легко отделяются от продуктов эпоксицирования зеаксантина, и возможно определение распределения радикалов лауриновой, миристиновой и пальмитиновой кислот по моно- и диэфирам. Найдено, что среди четырех сортов перца, содержащих производные зеаксантина уровень их накопления, находится в пределах 15-25 мг на 100 г свежих плодов, что при правильной подготовке пищи может обеспечить суточную потребность в зеаксантине (2 мг).

**Ключевые слова:** *Capsicum annuum*, дифференциация плодов с оранжевой окраской, зеаксантин и его эфиры, спектро-фотометрия, ТСХ, обращенно-фазовая ВЭЖХ

**Для цитирования:** Буржинская Т.Г., Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Селеменев В.Ф. Хроматографическое определение зеаксантина в некоторых сортах *Capsicum annuum* // Сорбционные и хроматографические процессы. 2022. Т. 22, № 1. С. 12-20. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/9016>



Original article

## Chromatographic determination of zeaxanthin in some varieties of *Capsicum annuum*

Taisia G. Burzhinskaya<sup>1</sup>, Viktor I. Deineka<sup>1✉</sup>,  
Lyudmila A. Deineka<sup>1</sup>, Vladimir F. Selemenev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belgorod State University, Belgorod, Russia, [deineka@bsu.edu.ru](mailto:deineka@bsu.edu.ru)✉

<sup>2</sup>Voronezh State University, Voronezh, Russia

**Abstract.** We studied the carotenoid composition of nine varieties of orange bell pepper (*Capsicum annuum*). It was found that the orange colouring could be caused both by an accumulation of zeaxanthin (unesterified, monoesters, and diesters) and by a mixture of yellow (when biosynthesis continues to epoxidation products) and red (when the latter are not fully transformed into capsanthin and capsorubin derivatives) xanthophylls. It was shown that it was possible to differentiate substances in this case by the analysis of electronic absorption spectra of acetone extracts of the fruit. However, the spectrophotometric method does not allow the differentiation between  $\beta$ -carotene,  $\beta$ -cryptoxanthin, and its esters, as well as between zeaxanthin and its esters. Only zeaxanthin (and its esters) is effective in the prevention and treatment of age-related macular degeneration (AMD). Therefore, it is particularly important to find sources of zeaxanthin, which are quite rare in the Russian flora. In this regard, it is possible to use thin layer chromatography on silica gel or an even more informative method, reversed-phase HPLC, in the next step of biosynthesis end-stage control. In thin layer chromatography (TLC), the separation on silica gel plates is based on the difference in quantity and quality of the polar groups. It is almost independent of the lipophilicity associated with the higher fatty acid radicals forming the corresponding esters. It was noted that it is easy to achieve the conditions when  $\beta$ -carotene, as a component with no polar groups, has the highest chromatographic mobility,  $\beta$ -cryptoxanthin esters (with only one polar ester group) have a considerably lower mobility, and zeaxanthin diesters (with two polar ester groups) have an even longer retention time. Unesterified  $\beta$ -cryptoxanthin (has one OH-group), zeaxanthin monoesters (with one OH- and one ester group), and also unesterified zeaxanthin have low mobility, remaining at the start line or close to it (n-hexane-acetone mobile phase 20:0.3). Reversed phase HPLC also allows separation of all the above components, and they are easily separated from the epoxidation products of zeaxanthin. It is possible to determine the radical distribution of lauric, myristic, and palmitic acids over the mono- and diesters. It was found that among the four varieties of pepper containing zeaxanthin derivatives the level of their accumulation is in the range of 15-25 mg per 100 g of fresh fruit. This amount can provide the daily requirement for zeaxanthin (2 mg) if the food is prepared properly.

**Keywords:** *Capsicum annuum*, differentiation of fruits with orange colouring, zeaxanthin and its esters, spectrophotometry, TLC, reversed-phase HPLC

**For citation:** Burzhinskaya T.G., Deineka V.I., Deineka L.A., Selemenev V.F. Chromatographic determination of zeaxanthin in some varieties of *Capsicum annuum*. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2022. 22(1): 12-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/9016>

### Введение

Плоды болгарского перца *Capsicum annuum* L. относятся к числу наиболее важных и популярных овощей в кулинарии РФ и всего мира благодаря накоплению важнейших питательных веществ, витаминов и других биологически активных соединений [1]. Разнообразие окраски плодов обусловлено различием в биосинтезе хлорофиллов, каротиноидов и антоцианов в конкретных сортах расте-

ния. И если фиолетовая окраска определяется биосинтезом антоцианов [2], то привычные окраски в тона от желтых до красных – биосинтезом каротиноидов [3]. Красную окраску обеспечивает биосинтез главным образом капсантина и, в некоторой степени, капсорубина. Оба ксантофилла интересны как пищевые красители [4] и как жирорастворимые антиоксиданты [5]. Но в цепи биосинтеза этих ксантофиллов присутствует зеаксантин, и по нашим данным существуют сорта сладких перцев, основным ксантофиллом

в которых оказывается именно зеаксантин (в виде неэтерифицированного ксантофилла, моноэфиров и диэфиров). Зеаксантин особенно полезен для человека, поскольку вместе с лютеином предупреждают возрастную макулярную дистрофию [6]. В настоящее время в мировой практике основным растительным источниками для получения лютеина являются оранжевые цветки бархатцев африканских (*Tagetes erecta*) [7], которые могут быть выращены в условиях РФ. А вот источники зеаксантина в РФ весьма немногочисленны – к ним в нашем регионе относится декоративный физалис (*Physalis alkekengi*) [8]. Поэтому перцы с предпочтительным биосинтезом зеаксантина можно отнести к важнейшим функциональным продуктам питания. Визуальный признак таких перцев – оранжевый цвет кожуры. Однако оранжевый цвет может быть суперпозицией желтого (обеспечиваемого каротинами и окисленными ксантофиллами) и красного (обеспечиваемого капсантином) цветов [9], поэтому необходимы надежные методы дифференциации сортов с оранжевой окраской плодов по каротиноидному составу.

Цель настоящей работы – разработка хроматографических методов дифференциации плодов *Capsicum annuum* оранжевой окраски для определения сортов – источников зеаксантина.

### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования для выращивания выбраны девять сортов перцев с оранжевой (в соответствии с описанием и цветом плодов на упаковке) окраской: Фон барон оранжевый (Гавриш), Оранжевое чудо F1 (Уральский дачник), Оранжевый букет (Поиск), Афродита (Золотая сотка Алтай), Диво дивное (Уральский дачник), Апельсиновый сок (Сибирский сад), Оранжевый красавец (Сибирский сад), Кубок янтарный (Гавриш), Золотой фонарик (Евро-се-

мена. Королевский урожай). Перцы выращивали в теплице рассадным способом в сезоне 2021 года в Белгороде.

Для определения содержания и вида каротиноидов мякоть плодов измельчали и гомогенизировали блендером, замораживали в морозильной камере ( $-40^{\circ}\text{C}$ ), затем удаляли влагу на лиофильной сушилке Labconco FreeZone 2.5.

Каротиноиды экстрагировали из полученного материала или из свежих плодов ацетоном (для записи электронных спектров поглощения и для ВЭЖХ анализа), или *n*-гексаном из сухих плодов для разделения методом ТСХ.

Для разделения каротиноидов методом ТСХ использовали силикагелевые пластины Сорбфил ( $10 \times 10$  см). В качестве подвижной фазы использовали *n*-гексан с добавкой ацетона ( $0.3 \text{ см}^3$  на  $20 \text{ см}^3$  *n*-гексана).

Разделение каротиноидов методом обращенно-фазовой ВЭЖХ осуществляли на хроматографе Agilent 1260 Infinity с диодно-матричным детектором на колонке  $250 \times 4.6$  мм Kromasil 100-5-C18 при температуре  $30^{\circ}\text{C}$ . Хроматограммы регистрировали при длине волны детектора 450 нм, хранили и обрабатывали в программе Agilent ChemStation.

Идентификацию каротиноидов в экстракте «фонариков» физалиса декоративного проводили по спектрам, записанным в кювете диодно-матричного детектора (определение типа хромофора) и по временам удерживания [7, 8]. Мертвое время хроматографической системы определяли по удерживанию хлорогеновой кислоты.

Подвижные фазы готовили смешиванием ацетона для УФ-ИК-ВЭЖХ-ГПХ, ацетонитрила для УФ-ИК-ВЭЖХ-ГПХ (Panreac) в соотношении 70 : 30 по объему.

### Обсуждение результатов

Спектрофотометрия. Отметим, что окраска плодов перцев не всех, выбранных для исследования сортов, соответствовала описанию на пакете семян. При

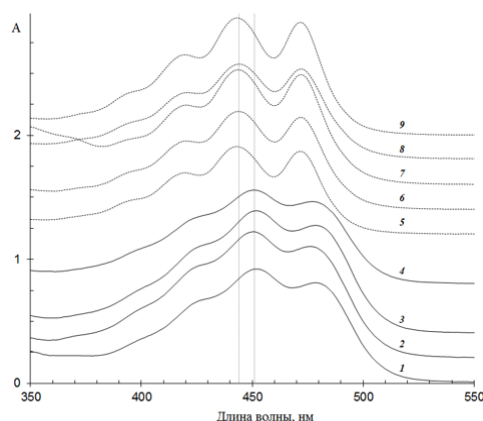


Рис. 1. Электронные спектры поглощения экстрактов плодов *Capsicum annuum* девяти сортов оранжевой окраски, обусловленной накоплением эфиров зеаксантина (1-4) и эпокси-соединений (5-9). Растворитель – ацетон.

Fig. 1. Electronic absorption spectra of extracts from nine varieties of the fruit of *Capsicum annuum* with orange colouring due to accumulation of zeaxanthin esters (1-4) and epoxy compounds (5-9). The solvent used was acetone.

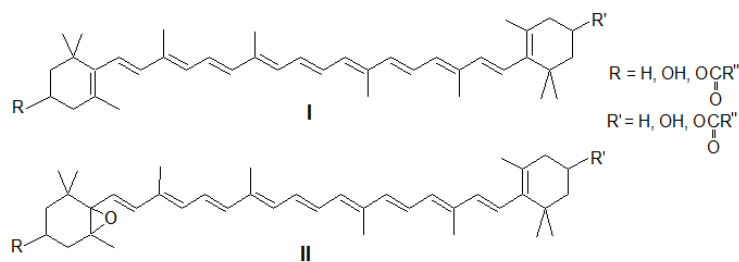


Рис. 2. Хромофорные группы каротиноидов двух типов структур

Fig. 2. Chromophore groups of carotenoids with two types of structures.

этом и электронные спектры поглощения экстрактов оказались не одинаковыми, рис. 1.

Только для четырех сортов максимум поглощения наиболее интенсивной полосы (второй справа) электронно-колебательных спектров находился около 452 нм. Указанная длина волны соответствует спектру веществ с хромофором, имеющимся в  $\beta$ -каротине, в  $\beta$ -криптоксантине (и его эфирах) и в зеаксантине (и его моно- и диэфирах), рис. 2, структура I. При пересчете на зеаксантин содержание каротиноидов в плодах четырех сортов *Capsicum* оранжевой окраски составило от 15 до 25 мг на 100 свежего продукта, табл. 1, что согласуется с верхним пределом содержания каротиноидов, найденным в работе [10].

В пяти спектрах на рис. 1 такая полоса гипсохромно сместилась примерно на 5 нм, что соответствует, например, эпоксидированию (и выведению из частичного сопряжения) двойной связи одного из циклогексановых фрагментов структуры – переход I→II на рис. 2. И хотя процесс эпоксидирования-деэпоксидирования принципиально обратим в хлоропластах [11], производные антраксантина (5,6-эпоксизеаксантина) для человека представляют интерес только как жирорастворимые антиоксиданты и природный краситель, поэтому экстракты соответствующих сортов в дальнейшем не исследовались.

Следовательно, для поиска сортов, обогащенных зеаксантином (а не  $\beta$ -каротином или  $\beta$ -криптоксантином)

Таблица 1. Накопление и формы полностью *транс*-зеаксантина в плодах четырех сортов перца болгарского оранжевой окраски

Table 1. Accumulation and forms of all-*trans*-zeaxanthin in the fruit of four varieties of orange bell pepper

№	Сорт (производитель семян)	Сумма каротиноидов <sup>1</sup>	доля формы all-E зеаксантина		
			н/э <sup>2</sup>	моно-эфиры	ди-эфиры
1	Фон барон оранжевый (Гавриш)	0.0187	16.3	27.7	20.4
2	Оранжевый букет (Поиск)	0.0238	12.6	27.7	28
3	Диво дивное (Уральский дачник)	0.0217	7.86	32.2	25.5
4	Кубок янтарный (Гавриш)	0.0142	6.74	30.1	28.4

<sup>1</sup> – пересчет на зеаксантин, г/100 г свежего материала; <sup>2</sup> – неэтерифицированный.

<sup>1</sup> – in terms of zeaxanthin, g/100 g of fresh fruit; <sup>2</sup> – unesterified.

необходимо использование хроматографических методов. Из этих методов наиболее доступным является тонкослойная хроматография.

**Тонкослойная хроматография.** При ТСХ-определении каротиноидов рекомендуется для упрощения анализа (для уменьшения числа разделяемых компонентов) проводить предварительное омыление эфиров ксантофиллов [12]. Однако от такого подхода мы отказались, поскольку необходима лишняя стадия и еще дополнительный контроль полноты гидролиза. В цитируемой работе представлены различные типы стационарных фаз для разделения каротиноидов, включая не только силикагель, но и целлюлозу, оксид магния и их смеси [12].

При разделении в условиях нормально-фазовой хроматографии подвижность зон каротиноидов определяется типом и числом полярных функциональных групп и практически не зависит от длины углеводородной части ацильного радикала – эфиры ксантофиллов часто представлены производными высших насыщенных (реже – ненасыщенных) жирных кислот от лауриновой до стеариновой [13]. Но, строго говоря, для оценки ценности перцев как источников зеаксантина определение типа ацилирования не имеет значения, поскольку ацилирование ксантофиллов никак не влияет на их биодо-

ступность [14]. Важно, хроматографическая подвижность каротиноидов в нормально-фазовой хроматографии более чувствительна к изомерному строению по сравнению с обращенно-фазовой хроматографией, поэтому метод ТСХ позволяет разделять производные зеаксантина от производных лютеина, которые также могут быть синтезированы в плодах сладкого перца [9].

На рис. 3 представлено разделение зон каротиноидов на пластинах «Сорбфил» в подвижной фазе, составленной из 20 см<sup>3</sup> *n*-гексана и 0.3 см<sup>3</sup> ацетона.

Из этих данных следует, что наивысшей подвижностью обладают не имеющие полярных функциональных групп β- и α-каротины (основные компоненты экстракта оранжевой моркови, R<sub>f</sub>=1). При этом небольшое количество (судя по относительной интенсивности пятен образца № 6) именно β-каротина присутствует в экстракте перца оранжевого цвета, т.е. на остальные каротиноиды с аналогичным хромофором приходится большая часть каротиноидного комплекса.

Одним из источников эфиров β-криптоксантина (по нашим данным) являются экстракты кожуры момордики и физалиса. Как вещества, содержащие одну полярную (сложноэфирную) группу, имеют вторую по величине подвижность –



$R_f=0.73$ . Эти вещества также не представляют интереса для профилактики ВМД (возрастной макулярной дистрофии), но их содержание в экстракте оранжевого перца еще меньше, чем  $\beta$ -каротина.

В качестве метчиков удерживания эфиров зеаксантина использовали экстракт (плодов или чашечек) физалиса декоративного (рис. 3). Как вещества, содержащие две сложноэфирные полярные группы, они имеют меньшую подвижность по сравнению с эфирами  $\beta$ -криптоксантина ( $R_f=0.38$ ). Судя по интенсивности окраски соответствующего пятна, диэфиры зеаксантина относятся к основным компонентам использованного в работе образца перца оранжевой окраски. Пятно невысокой интенсивности окраски с  $R_f=0.32$  соответствует диэфирам лютеина, также необходимым для профилактики ВМД.

По анализу электронных спектров поглощения (записанных для препаративно выделенных веществ) остальные компоненты экстракта – моноэфиры зеаксантина (содержат одну сложноэфирную и одна гидроксильную группы) и неэтерифицированный зеаксантин (две гидроксильные группы), которые остались в виде интенсивно окрашенного пятна остались на линии старта.

Таким образом, использование рассматриваемых в работе методов – спектрофотометрии и ТСХ может помочь селекционерам выводить оранжевые перцы, наиболее богатые производными зеаксантина.

Высокоэффективная обращенно-фазовая хроматография является наиболее удобным методом для разделения каротинов и ксантофиллов, а также и эфиров ксантофиллов. Но метод чаще всего используют для разделения продуктов омыления [4], что сокращает число пиков и упрощает их идентификацию. Однако, учитывая, что биодоступность ксантофиллов и их эфиров одинаковы [12], пробоподготовку образцов можно упростить, удалив стадию омыления. При

этом диэфиры зеаксантина (или капсантина) появляются на хроматограмме в виде последовательной группы пиков с одинаковыми электронными спектрами поглощения. Если (как по литературным данным [12]) диэфиры образованы высшими жирными кислотами – лауриновой, миристиновой и пальмитиновой, то число таких пиков равно 5 (дилаурат, лаурат-мирилат, димирилат, мирилат-пальмитат и дипальмитат). При этом существует и еще одно вещество – лаурат-пальмитат, не отделимое от димирилата, т.к. сумма числа атомов углерода в обоих соединениях – равная:  $12 + 16 = 14 + 14 = 28$ .

Элюирование пяти диэфиров удобно для расчета мертвого времени колонки с использованием уравнения Зенкевича [15] для удерживания последовательных членов гомологического ряда, хотя в случае перечисленных выше диэфиров гомологическая разность составит не одну, а две метиленовые группы:

$$t_R(N+1) = a \cdot t_R(N) + b, \quad (1)$$

где  $t_R(N+1)$  и  $t_R(N)$  – времена удерживания последовательных членов гомологического ряда, которые подчиняются рекуррентному соотношению (1) с коэффициентами  $a$  и  $b$ . Рекуррентное соотношение выполняется благодаря постоянству вкладов метиленовых групп в удерживание членов гомологического ряда:

$$\lg k(N+1) - \lg k(N) = \Delta(\text{CH}_2\text{CH}_2) \quad (2)$$

Комбинируя уравнения (1) и (2) получаем:

$$t_R(N+1) = 10^{\Delta} \cdot t_R(N) - (10^{\Delta} - 1) t_0, \quad (3)$$

или

$$t_0 = (-b)/(a-1). \quad (4)$$

Из группы диэфиров зеаксантина дипальмитат может быть легко определен без масс-спектрометрического детектора по совпадению времени удерживания одного из пиков с основным пиком физалиса декоративного [8], и это позволяет определить удерживание остальных членов гомологического ряда, рис. 3.

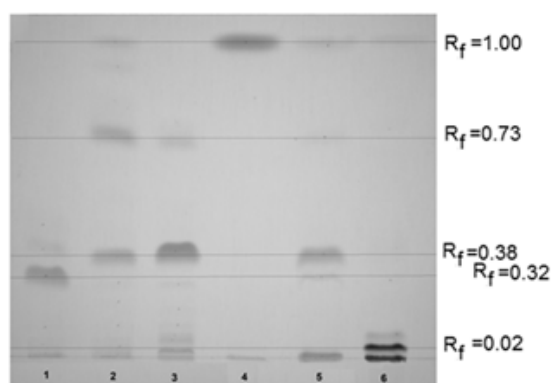


Рис. 3. Разделение некоторых каротиноидов методом ТСХ на силикагеле (пластины «Сорбфил»). Подвижная фаза: 20 мл *n*-гексана и 0.3 мл ацетона.

Экстракты: 1 – лепестков цветков бархатцев; 2 – экстракт кожуры момордики харантия; 3 – экстракта физалиса декоративного; 4 – экстракт моркови оранжевой; 5 – экстракт перца оранжевой окраски; 6 – экстракт перца красной окраски.

Fig. 3. Separation of some carotenoids by TLC on silica gel (Sorbfil plates).

Mobile phase: 20 ml of *n*-hexane and 0.3 ml of acetone.

Extracts: 1 – extract of marigold flower petals; 2 – extract of momordica charantia peel; 3 – extract of ornamental physalis; 4 – extract of orange carrot; 5 – extract of orange pepper; 6 – extract of red pepper.

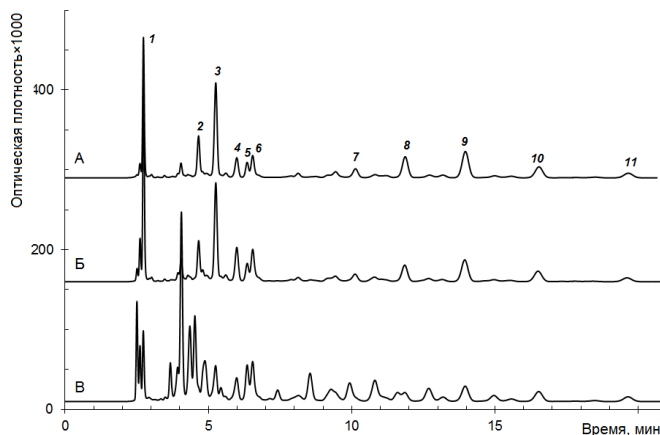


Рис. 4. Разделение некоторых каротиноидов плодов трех сортов *Capsicum annuum* оранжевого цвета методом обращенно-фазовой ВЭЖХ.

Колонка 250×4.6 мм Kromasil 100-5C18; подвижная фаза: 20 об. % ацетонитрила в ацетоне, детектор 450 нм. Экстракты плодов зеаксантинового (А и Б), и виолаксантинового (В) типов. Вещества: 1 – зеаксантин, 2–4 – моноэфиры зеаксантина; 5 –  $\alpha$ -каротин; 6 –  $\beta$ -каротин; 7–11 – диэфиры зеаксантина.

Fig. 4. Separation of some carotenoids from the fruit of three varieties of orange-coloured *Capsicum annuum* by reversed-phase HPLC.

20 vol.% acetonitrile in acetone, 450 nm detector. Kromasil 100-5C18 250×4.6 mm column; mobile phase: 20 vol.% of acetonitrile in acetone, 450 nm detector. Fruit extracts of the zeaxanthin (A and B), and violaxanthin (C) types. Substances: 1 – zeaxanthin, 2–4 – zeaxanthin monoesters; 5 –  $\alpha$ -carotene; 6 –  $\beta$ -carotene; 7–11 – zeaxanthin diesters.

На рис. 4 две верхние хроматограммы соответствуют экстрактам перцев оранжевой окраски, обусловленной биосинтезом производных зеаксантина. Кроме диэфиров зеаксантина (пики 7-11) обнаруживаются три моноэфира зеаксантина,

удерживание которых меньше удерживания  $\alpha$ - и  $\beta$ -каротинов (пики 5 и 6): лаурата, миристата и пальмитата (пики 2-4), а также к числу основных можно отнести и пик неэтерифицированного зеаксантина.



тина (пик 1). Все производные зеаксантина имеют неразличимые электронные спектры поглощения.

В табл. 1 приведены уровни накопления зеаксантина в виде неэтерифицированного, моноэфира и диэфира в экстракте плодов перцев оранжевой окраски. Третья хроматограмма на рис. 3 представляет образец, в котором биосинтез продвинулся дальше, но еще не достиг высокого уровня биосинтеза капсантина – появляются группы гомологов с меньшим по сравнению с зеаксантином удерживанием вследствие появления полярных эпокси-групп – одной в антраксантине и двух – в виолаксантине [3]. При этом пики с характерными для эпокси-соединений электронными спектрами поглощения доминируют и в области удерживания моноэфиров.

Результаты определения доли форм полностью-*транс* зеаксантина вместе с результатами спектрофотометрического определения суммы каротиноидов указывают на достаточно высокий уровень накопления производных зеаксантина. При суточной норме около 2 мг зеаксантина 100-150 г плодов оранжевого перца могут полностью удовлетворить потребность организма в этом ксантофилле, правда при этом следует учесть низкую биодоступность каротиноидов из свежих плодов без добавок растительного масла.

### Заключение

Таким образом, из 9 выращенных сортов перцев с оранжевой окраской обогащенными зеаксантином и полезными для профилактики возрастной макулярной дистрофии оказались только 4 сорта: Фон барон оранжевый (Гавриш), Оранжевый букет (Поиск), Диво дивное (Уральский дачник) и Кубок янтарный (Гавриш). Для контроля каротиноидного состава плодов перцев можно использовать предварительный контроль электронных спектров поглощения экстрактов и уточнение состава с использованием ТСХ; для оценки распределения зеаксантина по формам и

для определения жирнокислотного состава эфиров зеаксантина предложена обращенно-фазовая ВЭЖХ.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.

### Список источников

1. Anaya-Esparza L.M., de la Mora Z.V., Vázquez-Paulino O. et al. // *Molecules*. 2021. Vol. 26. pp. 5341.
2. Lemos V.C., Reimer J.J., Wormit A. // *Agriculture*. 2019. Vol. 9. pp. 81.
3. Lang Y.-Q., Yanagawa S., Sasanuma T. et al. // *Breeding Sci.* 2004. Vol. 54. pp. 33-39.
4. Arimboor R., Natarajan R.B., Menon K.R. et al. // *J. Food Sci. Technol.* 2015. Vol. 52. pp. 1258-1271.
5. Hassan N.V., Yusof N.A., Yahaya A.E. et al. // *Antioxidants*. 2019. Vol. 8. pp. 469.
6. Carpentier S., Knaus M., Suh M. // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2009. Vol. 49. pp. 313-326.
7. Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Дейнека Л.А. и др. // *Хим.-фарм. ж.* 2007. Т. 41. № 10. С. 30-32
8. Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Дейнека Л.А. и др. // *Хим.-фарм. ж.* 2008. Т. 42. № 2. С. 36-37.
9. Guzman I., Hamby S., Romero J. et al. // *Plant Sci.* 2010. Vol. 179. pp. 49-59.
10. Wall M.M., Waddell C.A., Bosland P.W. // *Hort. Sci.* 2001. Vol. 36. pp. 746-749.
11. Sajilata M.G., Singhal R.S., Kama M.Y. // *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety*. 2008. Vol. 7. pp. 29-49.
12. Zeb A., Murkovic M. // *J. Planar Chromat.* 2000. Vol. 2. pp. 94-103.
13. Bunea A., Socaciu C., Pintea A. // *Not. Bot. Horti. Agrobi.* 2014. Vol. 42. pp. 310-324.
14. Wu L., Huang X., Shi K., et al. // *Braz. J. Poultry Sci.* 2009. Vol. 11, P. 95-98.
15. Zenkevich I.G. // *J. Chemometrics*. 2009. Vol. 23. pp. 179-187.





## References

1. Anaya-Esparza L.M., de la Mora Z.V., Vázquez-Paulino O. et al., *Molecules*, 2021, Vol. 26, pp. 5341. <https://doi.org/10.3390/molecules26175341>.
2. Lemos V.C., Reimer J.J., Wormit A., *Agriculture*, 2019, Vol. 9, pp. 81; <https://doi.org/10.3390/agriculture9040081>.
3. Lang Y.-Q., Yanagawa S., Sasanuma T. et al., *Breeding Sci.*, 2004, Vol. 54, pp. 33-39. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.54.33>.
4. Arimboor R., Natarajan R.B., Menon K.R. et al., *J. Food Sci. Technol.*, 2015, Vol. 52, pp. 1258-1271. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1260-7>.
5. Hassan N.V., Yusof N.A., Yahaya A.E. et al., *Antioxidants*, 2019, Vol. 8, pp. 469. <https://doi.org/10.3390/antiox8100469>
6. Carpentier S., Knaus M., Suh M., *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2009, Vol. 49, pp. 313-326. <https://doi.org/10.1080/10408390802066979>.
7. Deineka V.I., Sorokopudov V.N., Deineka L.A. et al., *Pharm. Chem. J.*, 2007, Vol. 41, pp. 540-542. <https://doi.org/10.1007/s11094-008-0007-z>.
8. Deineka V.I., Sorokopudov V.N., Deineka L.A. et al., *Pharm. Chem. J.*, 2008, Vol. 42, pp. 87-88. <https://doi.org/10.1007/s11094-008-0065-2>.
9. Guzman I., Hamby S., Romero J. et al., *Plant Sci.*, 2010, Vol. 179, pp. 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.04.014>.
10. Wall M.M., Waddell C.A., Bosland P.W., *Hort. Sci.*, 2001, Vol. 36, pp. 746-749. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.4.746>.
11. Sajilata M.G., Singhal R.S., Kama M.Y., *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2008, Vol. 7, pp. 29-49. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00028.x>
12. Zeb A., Murkovic M., *J. Planar Chromat.*, 2000, Vol. 2, pp. 94-103. <https://doi.org/10.1556/JPC.23.2010.2.1>.
13. Bunea A., Socaciu C., Pinteau A., *Not. Bot. Horti. Agrobi.*, 2014, Vol. 42, pp. 310-324. <https://doi.org/10.15835/nbha4229700>.
14. Wu L., Huang X., Shi K., Tan R., *Braz. J. Poultry Sci.*, 2009, Vol. 11, pp. 95-98. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2009000200004>
15. Zenkevich I.G., *J. Chemometrics*, 2009, Vol. 23, pp. 179-187. <https://doi.org/10.1002/cem.1214>

## Информации об авторах / Information about the authors

**Т.Г. Буржинская** – старший преподаватель кафедры общей химии, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

**В.И. Дейнека** – профессор кафедры общей химии, д.х.н., Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

**Л.А. Дейнека** – доцент кафедры общей химии, к.х.н., Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

**В.Ф. Селеменев** – д.х.н., проф. каф. аналитической химии, Воронежский государственный университет, Воронеж

**T.G. Burzhinskaya** – Senior Lecturer of the Department of General Chemistry, Belgorod State National Research University, Belgorod

**V.I. Deineka** – Professor of the Department of General Chemistry Belgorod state national research University, Belgorod, e-mail [deineka@bsu.edu.ru](mailto:deineka@bsu.edu.ru)

**L.A. Deineka** – Associate Professor of the Department of General Chemistry Belgorod state national research University, Belgorod, e-mail [deyneka@bsu.edu.ru](mailto:deyneka@bsu.edu.ru)

**V.F. Selemenev** – DSci in chemistry, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: [common@chem.vsu.ru](mailto:common@chem.vsu.ru)

Статья поступила в редакцию 11.12.2021; одобрена после рецензирования 11.01.2022; принята к публикации 12.01.2022.

The article was submitted 11.12.2021; approved after reviewing 11.01.2022; accepted for publication 12.01.2022.