

УДК 543.544.

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2025.2.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРОТИНОИДНОГО СОСТАВА КРУПНОПЛОДНОГО ВИДА ТЫКВ МЕТОДАМИ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ И ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

© Ю. Ю. Гайнуллина, И. А. Савенкова*

Уфимский университет науки и технологий
Россия, Республика Башкортостан, 450076 г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.

*Email: savenkova-0303@mail.ru

В данной работе методами спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии установлено, что отечественные сорта тыкв крупноплодного вида содержат в своем составе каротины и ксантофиллы. Определено, что β -каротин присутствует во всех исследуемых сортах. При этом его содержание было обнаружено во всех частях тыкв. Однако другой каротин (α -каротин) содержится только в двух сортах. Показано, что окрас тыквы влияет на содержание такого каротина, как ликопин. Из всех исследуемых образцов ликопин был идентифицирован только в одном сорте. Установлено, что все изучаемые образцы тыкв содержат ксантофиллы как в кожуре, так и в мякоти. Лютеин найден во всех частях изучаемых сортах тыкв. Предложено, что все исследуемые сорта тыкв могут быть сырьем для извлечения каротиноидов.

Ключевые слова: каротины, крупноплодный вид, ликопин, подвижная фаза, система растворителей, экстрагент.

Введение

В последнее время значительно растет интерес исследователей к биологически активным веществам (БАВ) и их комплексам в биологически активных добавках (БАД). Последние представляют собой химические вещества, обладающие при небольших концентрациях высокой физиологической активностью по отношению к определенным клеткам и органам живых организмов. По происхождению их делят на природные, синтетические и полусинтетические.

Обнаружение и выделение каротиноидов является темой многих трудов исследователей [1–8]. Интерес представляет накопление каротиноидов определенного типа в различных видах и сортах растений, а также усвоение их в организме. Каротиноиды делятся на каротины, состоящие из углерода и водорода, и ксантофиллы, имеющие в своем составе дополнительно атомы кислорода. На сегодняшний день представлено достаточно информации о суммарном содержании каротиноидов в зелени, плодах облепихи и облепиховом масле, плодах шиповника, а также в некоторых овощах и фруктах. Наиболее актуальным для исследования каротиноидов в сырье является метод тонкослойной хроматографии [9–15]. Известно, что некоторые сорта шиповника и облепихи содержат больше каротинов, нежели ксантофиллов, есть информация, в какой именно части плода их больше. Имеются исчерпывающие данные о каротиноидном составе лекарственного растительного сырья [16–17]. Однако отсутствует информация о том, в каких из трех существующих видов тыкв (крупноплодном, твердокором и мускатном) доминируют по своему содержанию каротины, а в каких – ксантофиллы. Также нет информации о том, в какой именно части тыквы содержание каротиноидов выше: в мякоти или кожуре. В связи с этим в данной работе было проведено исследование каротиноидного состава крупноплодного вида тыкв отечественных сортов методами тонкослойной хроматографии и спектрофотометрии.

Экспериментальная часть

Объекты исследования. В качестве объектов исследования были выбраны следующие отечественные сорта крупноплодного вида тыкв (*Cucurbita maxima*): «Крошка», «Улыбка», «Россиянка», «Атланта» и «Конфетка».

Исходя из физико-химических свойств исследуемых видов тыкв, в качестве экстрагента был выбран гексан. Для выделения каротиноидов применяли метод жидкостной экстракции со следующим соотношением – сырье:экстрагент – 1:5.

Исследование каротиноидного состава проводили методом тонкослойной хроматографии (ТСХ). Для дополнительной идентификации использовали метод УФ-спектрометрии.

В качестве стандартных веществ были использованы вещества: β -каротин (GAS 7235-40-7 марки ХЧ), лютеин (GAS 5373-11-5 марки ХЧ), α -каротин (GAS 7488-99-5 марки ХЧ), ликопин (GAS 502-65-8 марки ХЧ), зеаксантин (GAS 144-68-3 марки ХЧ), неоксантин (GAS 72994 марки ХЧ).

Результаты и обсуждение

Определение содержания β -каротина (каротин) и лютеина (ксантофилл) было проведено с использованием стандартных образцов (СО). Неидентифицированные пятна определяли по цвету и фактору удерживания из справочных данных. По литературным данным известны цвета пятен следующих каротиноидов: β - и α -каротин –

ярко-оранжевый, лютеин – розовый, ликопин – красно-розовый, зеаксантин – оранжевый, виолаксантин – розово-желтый, неоксантин – зеленый, рубиксантин – розовый, β -криптоксантин – зелено-желтый.

Таблица 1

Факторы удерживания (R_f) идентифицируемых каротинов
в исследуемых сортах тыкв

Сорт тыквы	Факторы удерживания (R_f) идентифицируемых каротинов					
	β -каротин		α -каротин		ликопин	
	мякоть	кожура	мякоть	кожура	мякоть	кожура
Крошка	0.857	0.935	0.800	0.869	-	-
Улыбка	0.912	0.816	0.789	0.612	-	-
Россиянка	0.889	0.923	-	-	-	-
Атланта	0.758	0.882	-	-	0.606	0.735
Конфетка	-	0.737	-	-	-	-

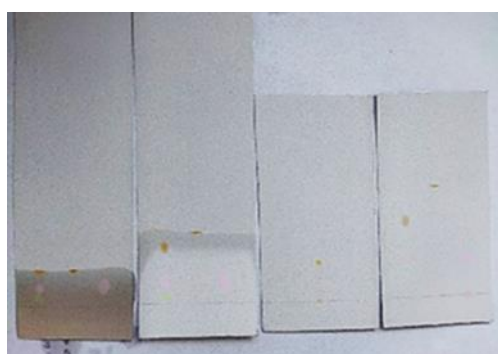
Таблица 2

Факторы удерживания (R_f) идентифицируемых ксантофиллов
в исследуемых сортах тыкв

Сорт тыквы	Факторы удерживания (R_f) идентифицируемых ксантофиллов					
	лютеин		зеаксантин		неоксантин	
	мякоть	кожура	мякоть	кожура	мякоть	кожура
Крошка	0.429	0.500	-	-	0.286	0.304
Улыбка	0.439	0.408	-	-	-	-
Россиянка	0.444	0.481	0.667	0.288	-	-
Атланта	0.333	0.382	-	0.294	-	-
Конфетка	0.370	0.316	-	0.526	-	-

Ранее было установлено (см. [12]), что в некоторых видах тыкв среди каротинов доминируют α - и β -каротины (могут быть использованы для предотвращения авитаминоза – по витамину А), а в других велика доля лютеина (ксантофилл). Однако в указанной статье был изучен только один сорт тыкв. Поэтому для нас было интересно изучить несколько сортов тыкв одного вида, привести сравнительную характеристику каротиноидного состава, а также определить в каких сортах больше каротинов, а в каких – ксантофиллов.

Из данных, представленных в табл. 1–2, видно, что β -каротин обнаружен во всех исследуемых сортах, в отличие от α -каротина. Последний присутствует только в сортах «Крошка» и «Улыбка». При идентификации ксантофиллов выявлено, что лютеин содержится во всех исследуемых сортах. Кроме того, содержание последнего установлено и в мякоти, и в кожуре. Зеаксантин доминирует в кожуре таких сортов, как «Россиянка», «Атланта» и «Конфетка». Однако в сорте «Россиянка» зеаксантин содержится и в мякоти. При этом в данных сортах отсутствует α -каротин. Вероятно, отсутствие α -каротина может быть объяснено присутствием в тыкве ксантофилла – зеаксантина. Такое явление уже было замечено для некоторых овощей. Ксантофилл неоксантин был идентифицирован только в одном сорте «Крошка». Его содержание было определено в мякоти и кожуре. На рис. 1–5 представлены хроматограммы для всех исследованных образцов.



а)



б)

Рис. 1. Хроматограммы ТСХ образца сорта «Крошка»: а) для мякоти, б) для кожуры.

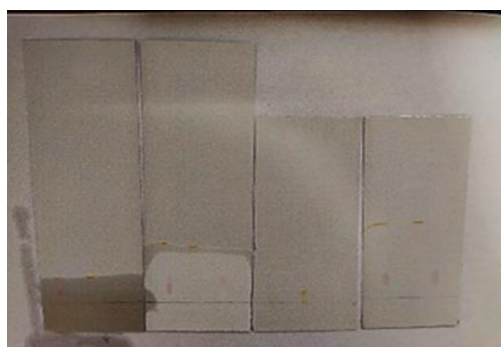


а)

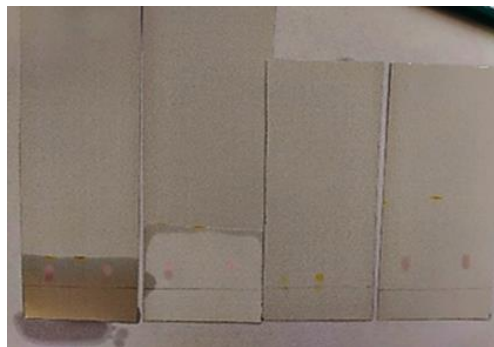


б)

Рис. 2. Хроматограммы ТСХ образца сорта «Улыбка»:
а) для мякоти, б) для кожуры.

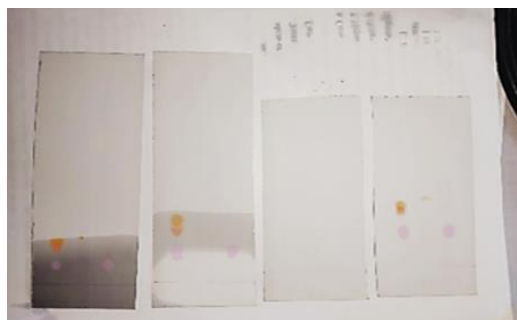


а)



б)

Рис. 3. Хроматограммы ТСХ образца сорта «Россиянка»:
а) для мякоти, б) для кожуры.



а)

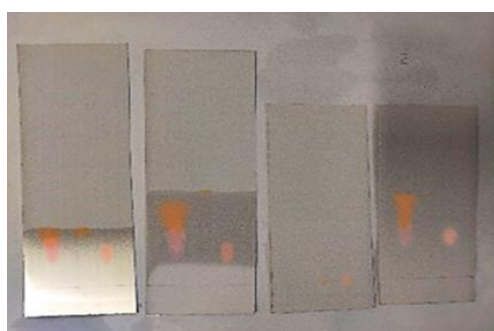


б)

Рис. 4. Хроматограммы ТСХ образца сорта «Атланта»:
а) для мякоти, б) для кожуры.



а)



б)

Рис. 5. Хроматограммы ТСХ образца сорта «Конфетка»:
а) для мякоти, б) для кожуры.

Интересно отметить, что из всех исследуемых сортов крупноплодного вида наиболее красный оттенок имеет сорт «Атланта». И как факт – ликопин был идентифицирован только в нем. Ликопин – химическое вещество растительного происхождения, содержится в таких продуктах, как помидоры, арбузы и сладкий красный перец, придавая им ярко выраженный розово-красный цвет. В представленной работе показано, что некоторые сорта тыкв могут содержать данное вещество.

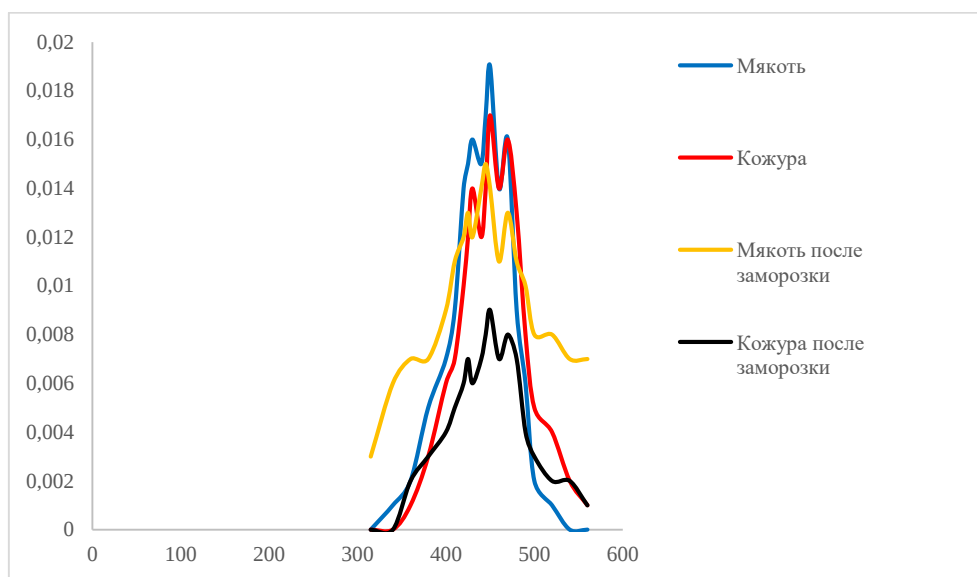


Рис. 6. Кривые светопоглощения сорта «Атланта».

На рис. 6 представлена кривая светопоглощения для сорта «Атланта». Как видно из рисунка, максимумы каротиноидов находятся в диапазоне 420–480 нм. Полученные результаты коррелируют с литературными данными (рис. 7.). Для других исследуемых сортов тыкв кривые светопоглощения имеют аналогичный вид.

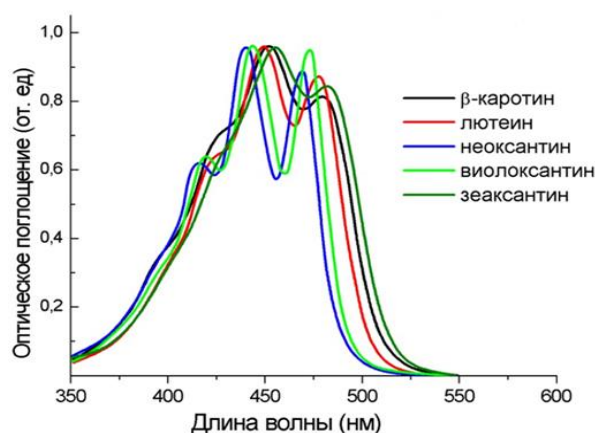


Рис. 7. Кривые светопоглощения для стандартных веществ.

Заключение

Таким образом, в данной работе исследован каротиноидный состав крупноплодного вида тыкв отечественных сортов. Методом тонкослойной хроматографии было определено, что все сорта исследуемых сортов тыкв содержат в своем составе β-каротин (каротин) и лютеин (ксантофилл). Сорта «Крошка» и «Улыбка» содержат α-каротин (каротин) в мякоти и кожуре. «Атланта» – единственный сорт, в котором был идентифицирован ликопин (каротин). Дополнительная идентификация УФ-методом показала результаты, которые коррелируют с ТСХ методом. Все каротины и ксантофиллы имели максимумы на кривой светопоглощения в диапазоне 420–480 нм.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что крупноплодный вид тыкв можно использовать в качестве сырья для извлечения каротинов и ксантофиллов для последующего получения биологически активных добавок и продуктов детского питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева И. И. Применение тонкослойной хроматографии в обнаружении остаточных пестицидов в яблоках. Сборник эссе студентов и учащихся школ по итогам международных конкурсов эссе 10.10.2022. С. 16–22.
2. Редькин Н. А. ИК-Фурье спектроскопия и масс-спектрометрия в идентификации органических соединений. Самара: изд-во Самарского университета, 2019. 92 с.
3. Cimpran G. Solute Identification in TLC. In: Encyclopedia of Chromatography. NY: Marcel Dekker Inc., 2004. 800 p.
4. Куркина А. В. Экспериментально-теоретическое обоснование подходов к стандартизации сырья и препаратов фармакопейных растений, содержащих флавоноиды: автореф. дис. ... д-р фарм. наук: 14.04.02 Самара, 2013. 48 с.
5. Chaousov A. V., Berezkin V. G., Khrebtova S. V., Borisov R. S., Zaikin V. G., Dzido T. N. Применение SAMAG TLC-MS Interface в двумерной ТСХ: ТСХ-капиллярная ГХ // Сорбционные и хроматографические процессы. 2012. Т. 12. №2.
6. Сумина Е. Г., Штыков С. Н., Угланова В. З., Кулакова Н. В. Тонкослойная хроматография. Теоретические основы и практическое применение. Учебное пособие. Саратов: Саратовский гос. университет им. Н. Г. Чернышевского, 2012. С. 128.
7. Карцова Л. А., Королева О. А. Совместное определение водо- и жирорастворимых витаминов методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии с использованием водно-мицеллярной подвижной фазы // Журнал аналитической химии. 2007. Т. 62. №3. С. 281–286.
8. Kartsova L. A., Davankov V. A., Bessonova E. A., Obyedkova E. V. Использование сверхсшитого полистирола как сорбента для твердофазной экстракции при анализе лекарств в биологических объектах методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии (ВЭТСХ) // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10. №1.
9. Гейсс Ф. Основы тонкослойной хроматографии. М., 1988. 407 с.
10. Березкин В. Г., Бузаев В. В. Варианты тонкослойной хроматографии с управляемым потоком подвижной фазы // Успехи химии. 1987. Т. 56. №4. С. 656–678.
11. Шеина А. О. Каротиноиды. Свойства и роль в организме // Актуальные вопросы фармацевтических и естественных наук. 2020. С. 72–75.
12. Дейнека Л. А., Гостищев И. А., Дейнека В. И. и др. Исследование каротиноидного состава мякоти тыквы // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2011. Т. 9. С. 134–136.
13. Paris H. S. Historical Records, Origins, and Development of the Edible Cultivar Groups of Cucurbita pepo (Cucurbitaceae) // Economic Botany. 1989. Vol. 43. P. 423–443.
14. Ушанова В. М., Воронин В. М., Репях С. М. Исследование влияния компонентов лекарственного растительного сырья на состав получаемых экстрактов // Химия растительного сырья. 2001. №3. С. 105–110.
15. Чечета О. В., Сафонова Е. Ф., Сливкин А. И. Методика определения каротиноидов методом хроматографии в тонком слое сорбента // Сорбционные и хроматографические процессы. 2008. Т. 8. С. 320–326.
16. Шемерянкина, Т. Б., Сокольская Т. А., Даргаева Т. Д. Требования к стандартизации лекарственного растительного сырья и фитопрепаратов на его основе // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2010. №3. С. 9–12.
17. Хотим Е. Н., Жигальцов, А. М. Аппаду К. Некоторые аспекты современной фитотерапии // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2016. Т. 55. №3. С. 136–140.

Поступила в редакцию 17.02.2025 г.

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2025.2.7

**DETERMINATION OF CAROTENOID COMPOSITION OF LARGE-FRUIT PUMPKIN TYPE
BY SPECTROPHOTOMETRY AND THIN-LAYER CHROMATOGRAPHY METHODS**

© Yu. Yu. Gainullina, I. A. Savenkova*

*Ufa University of Science and Technology
32 Zaki-Validi st., 450076 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.***Email: savenkova-0303@mail.ru*

In this work, using spectrophotometry and thin-layer chromatography, it was established that domestic varieties of large-fruited pumpkins contain carotenes and xanthophylls. It was determined that β -carotene is present in all the studied varieties. Moreover, its content was identified in all parts of the pumpkins. However, α -carotene is contained only in two varieties. It was shown that the color of the pumpkin affected by the content of such carotene as lycopene. Of all the samples studied, lycopene was identified only in one variety. It was found that all the studied pumpkin samples contain xanthophylls both in the peel and in the pulp. Lutein was identified in all parts of the studied pumpkin varieties. It is suggested that all the studied pumpkin varieties can be raw materials for the extraction of carotenoids.

Keywords: carotenes, large-fruited species, lycopene; mobile phase, solvent system, extractant.

*Received 17.02.2025.***Об авторах/About the authors****ГАЙНУЛЛИНА Юлия Юрьевна**

Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Доцент кафедры аналитической химии, канд. хим. наук.
Email: umashkova@mail.ru

GAINULLINA Yuliya Yuryevna

Ufa University of Science and Technology, Russia.
Associate Professor of the Department of Analytical Chemistry, PhD in Chemistry.
Email: umashkova@mail.ru

САВЕНКОВА Ирина Александровна

Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Студентка 4 курса
Email: savenkova-0303@mail.ru

SAVENKOVA Irina Alexandrovna

Ufa University of Science and Technology, Russia.
4th year student.
Email: savenkova-0303@mail.ru