

УДК 543.632.9:615.322

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ СЕЛЕКТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИТАМИНА Е НА ПОВЕРХНОСТИ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ НАНЕСЕНИИ МАСЛЯНЫХ ПРЕПАРАТОВ

© 2024 г. Е. С. Волошина^{а, *}, Б. К. Зуев^а, А. В. Михайлова^а

^а Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского Российской академии наук
ул. Косыгина, 19, 119991 Москва, Россия

* E-mail: zubor127@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.01.2024 г.

После доработки 20.04.2024 г.

Принята к публикации 23.04.2024 г.

Разработана простая методика селективного определения α -токоферола ацетата (витамина Е) в масляном косметическом средстве с целью исследования сорбционной способности кожи человека и равномерности распределения препарата на ее поверхности. Методика предназначена для определения витамина Е на поверхности кожи человека после нанесения его в виде масляного раствора. Определение проводится по собственному поглощению аналита, без применения дополнительных реагентов (аскорбиновой кислоты и щелочи). Методика включает экстракцию витамина Е изопропанолом и регистрацию аналитического сигнала методом УФ-спектрометрии. Градуировочный график линеен в диапазоне 0.02–0.1 мг витамина Е/мл. На основании уравнения градуировочного графика и тангенса угла его наклона вычислен предел определения витамина Е, равный 0.5 мкг/мл. Показано, что данный вариант метода является воспроизводимым, селективным, экспрессным и простым.

Ключевые слова: анализ жирорастворимых витаминов и витаминopodobных средств, селективное определение витамина Е, УФ-спектрофотометрия, сорбционная способность кожи человека.

DOI: 10.31857/S0044450224100041, EDN: TFNVGY

Жирорастворимые витамины, особенно витамин Е (α -токоферола ацетат), в настоящее время нашли широкое применение в медицине, косметологии, дерматологии и входят в состав большинства лекарственных препаратов и средств (БАДы, кремы, лосьоны, тоники, скрабы и др.). Витамин Е замедляет старение кожи, оказывает антиоксидантное действие и выполняет защитную функцию. Он является одним из важнейших витаминов по своей значимости для организма, несмотря на то, что в основном применяется для профилактических целей. В отличие, например, от витамина А, витамин Е подходит для людей любого пола и возраста, а в летнее время просто необходим, так как является самым эффективным и безопасным фильтром-защитником от УФ-лучей. Помимо перечисленного, витамин Е улучшает состояние не только кожного покрова, но ногтей и даже волос, а также способствует заживлению ран и предотвращает появление рубцов. Им богаты растительные масла и некоторые продукты животного происхождения [1–5]. Соединение не является

токсичным. Зачастую его избыток не оказывает вреда, поскольку вещество накапливается организмом и выполняет функцию антиоксиданта. Однократное применение полезного вещества в высокой дозе может спровоцировать: повышение давления, тошноту, метеоризм, диарею и аллергические реакции. Профили токсичности витамина Е до сих пор четко не изложены, а текущие знания, полученные в результате исследований, зависят только от поведения и здоровья животных. Таким образом, необходимы дополнительные исследования *in vivo* и на кожном покрове людей, чтобы получить информацию о различных применениях, токсичности и фармакокинетике витамина Е.

Известно, что кожный покров человека — это самый большой защитный орган человека от влияния внешней среды. Барьерные свойства кожи определяются физико-химическими свойствами эпидермиса, состоящего в основном из различных типов липидов: холестерол, свободные жирные кислоты и керамиды [6]. Они и являются главными защитниками целостности кожного покрова

и отвечают за водонепроницаемость кожи, а также играют роль фильтра поступающих через кожу веществ. Поэтому изучение трансдермальных свойств активного компонента, в данном случае α -токоферола ацетата, необходимо для подбора оптимального его количества для нанесения на тот или иной тип и участок кожи и оценки времени его проникновения. Эта статья является продолжением работы, в которой исследовались трансдермальные свойства масляного раствора витамина Е [4], где основа и витамин не разделялись.

В настоящее время известно несколько вариантов комбинированных методов определения витамина Е во многих объектах [7–13]. В целом методы, используемые для определения витамина Е, разнообразны. К ним относятся химические методы анализа — титриметрические, физико-химические — спектрофотометрические, электрохимические, хроматографические и некоторые другие. В работе [7], например, описано определение витамина Е реакцией с ионами золота, которая является количественной и экспрессной, но имеет два главных недостатка: хлорид золота — дорогой реагент и метод обладает низкой избирательностью. Разработана методика [8] идентификации и количественного определения витамина Е методом хроматографии в тонком слое сорбента с применением компьютерного сканирования и программы Sorbfil Videodensitometer.

Спектральные (оптические) методы в ИК- и УФ-областях заняли свою нишу в определении витамина Е, в различных фармакопях они отвечают за подтверждение подлинности, лишь для субстанции встречается применение метода УФ-спектрофотометрии для количественной оценки, что связано с многокомпонентностью лекарственных препаратов [9]. Колориметрическое определение в видимой области связано со способностью токоферолов окисляться с образованием продуктов с различной химической структурой и окраской, зависящей от окислителя [11]. Токоферолы обладают интенсивной флуоресценцией с максимумом возбуждения при 295 нм и излучения при 340 нм. На этом основаны спектрофлуориметрические методики определения токоферолов, отличающиеся высокой чувствительностью, специфичностью и простотой [14]. Метод рефрактометрии является экспрессным и экономичным, подходит для определения витамина Е, но концентрации должны быть очень большими — от 20 до 50% [15], что неприемлемо для наших целей. В большинстве случаев исследователи отдают предпочтение хроматографическим методам. Метод ВЭЖХ применяют в качестве основного для определения витамина Е в различных фармакопях и в пищевых продуктах животного происхождения в связи с его универсальностью, чувствительностью и специфичностью, варьируя

состав подвижной фазы, и как метод пробоподготовки в зависимости от конкретной задачи и возможностей прибора [16]. Метод тонкослойной хроматографии находит применение для анализа чистоты, качественного состава препаратов, а также определения и, в отличие от ВЭЖХ, не требует дорогостоящего оборудования, а с применением простого программного обеспечения характеризуется достаточной точностью анализа [17]. Методы газовой хроматографии применяют при анализе субстанций и масляных растворов витамина Е, однако они имеют недостатки — длительную пробоподготовку пробы и наличие внутреннего стандарта [18], в связи с чем не получили широкого распространения в лабораторной практике.

В настоящей статье авторами в качестве основного метода определения витамина Е выбран метод УФ-спектрофотометрии [18, с. 644], который применяется для подтверждения подлинности препарата. Этот метод предложен как референтный и основан на омылении пробы щелочным раствором с последующей экстракцией аналита гексаном, изооктаном или другими неполярными растворителями. При этом возникают вопросы о полноте извлечения, простоте, надежности и селективности метода.

Следует отметить, что наиболее распространенная форма витамина Е, а именно α -токоферол ацетат, нерастворим в воде и часто встречается в виде масляного раствора. В настоящее время технологии получения таких препаратов постоянно совершенствуются, данные по содержанию основного вещества и его чистоты уточняются, что требует разработки и усовершенствования методов определения низких содержаний витаминов, например для возможности рационального возмещения их дефицита.

Цель данной работы — разработка простой методики пробоподготовки и определения витамина Е для изучения его трансдермальных характеристик и оценки состояния и свойств кожного покрова. В связи с этим можно выделить такие этапы работы, как поиск эффективного метода отбора пробы с исследуемой поверхности, а также разработка методов выделения и определения активного вещества в пробе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом анализа был масляный раствор α -токоферола ацетат, 100 мг/мл, производства Тульской фармацевтической фабрики (Россия). Модельные растворы готовили с помощью одноканального дозатора Ленпипет 100–1000 мкл, препараты хранили в темном месте при 15–25°C.

Использовали изопропиловый спирт, 99.7% (ГОСТ 9805-84); спирт абсолютизированный ($\geq 99.9\%$); искусственную кожу в виде резиновых листов (невпитывающая поверхность); шпатель

пластиковый косметический; ватные палочки и губку из пористого материала (спонж); пробирки из ПЭТФ 13 × 75 (стерильные для забора венозной крови с пробкой из бромметилкаучука); пластиковые пробирки Эппендорфа емк. 2 мл. Исследования проводили также на участках кожи рук добровольцев-студенток. Потери вещества на дозирующих инструментах при нанесении препарата на кожу определяли с использованием весов аналитических марки ACCULAB ALC-80d4, НПВ 80 г, НмПВ 0.01 г, $d = 0.0001$ г, $e = 0.001$ г.

Построение градуировочных графиков. Для построения градуировочных графиков в качестве исходного раствора использовали масляный раствор α -токоферола ацетата с концентрацией 100 мг/мл. В качестве растворителей применяли спирты этиловый и изопропиловый. Готовили стоковый раствор с концентрацией 1 мг/мл. В мерную колбу емк. 25 мл помещали 10 мл изопропанола/этанола, добавляли 250 мкл исходного раствора, доводили до метки изопропанолом/этанолом и тщательно перемешивали. Растворы использовали свежеприготовленными. Далее готовили рабочие растворы с концентрациями α -токоферола ацетата, мг/мл: 0.1 (100%), 0.08 (80%), 0.06 (60%), 0.04 (40%) и 0.02 (20%). Оптическую плотность измеряли на сканирующем спектрофотометре СПЕКС ССП-715 в кварцевых кюветках ($l = 10$ мм) при длине волны 284 нм на фоне изопропанола/этанола. На основании полученных значений оптических плотностей растворов витамина Е строили градуировочные графики в программе MS Excel.

Методика нанесения препарата на кожу методом дозирования с использованием одноканального дозатора Ленпипет 100–1000 мкл. Дозатором отбирали необходимое количество вещества и первые две порции сливали, третью (считая, что носик пипетки промыт) наносили на образец кожи.

При определении потерь брали чистый сухой наконечник, взвешивали его, отбирали вещество (200 мкл), дозировали на поверхность и взвешивали наконечник после дозирования (точность измерения 0.0002 г).

Разработанная методика эксперимента. В пробирки помещали 5 мл изопропилового спирта. Отбирали витамин Е с исследуемых поверхностей кожи ватными палочками и помещали отрезки этих частей палочек в пробирки, смачивали изопропанолом другие концы палочек, повторно обрабатывали те же участки кожи и помещали их в те же пробирки. Пробирки закупоривали пробками и тщательно перемешивали. Оставляли на 35 мин, встряхивая каждые 5 мин в течение ~ 10 с. В пробирки Эппендорфа вносили по 1.9 мл изопропанола. По истечении 35 мин отбирали из первых пробирок по 0.1 мл раствора, вносили его в пробирки Эппендорфа и тщательно перемешивали. Затем измеряли оптическую плотность этих растворов. По градуи-

ровочному графику находили концентрацию витамина Е в анализируемом растворе и рассчитывали его содержание.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первый этап работы – построение градуировочных графиков для определения витамина Е методом УФ-спектрофотометрии для сравнения двух растворителей – этанола и изопропанола. С целью снижения стоимости анализа абсолютизованный этанол заменили на изопропанол (99.7%). Ряд экспериментов доказал эквивалентность результатов и спектров при замене этилового спирта на изопропиловый (рис. 1).

Полученные градуировочные графики описываются уравнениями $y = 5.154x + 0.0355$ ($R^2 = 0.9995$) и $y = 5.1414x + 0.0166$ ($R^2 = 0.999$) для этанола и изопропанола соответственно. Градуировочные графики линейны и коррелируют между собой. Для дальнейшей работы в качестве растворителя выбрали изопропиловый спирт. На основании уравнения градуировочного графика и тангенса угла наклона вычислили предел определения витамина Е, равный 0.5 мкг/мл. Тангенс угла наклона рассчитывали следующим образом: $\text{tg } \alpha = b/a$, где α – угол наклона, a – горизонтальное расстояние, b – вертикальное расстояние.

На втором этапе работы выбирали способ равномерного нанесения (распределения) препарата по поверхности исследуемого участка искусственной кожи. Серия соответствующих экспериментов показала, что искусственная модельная кожа не подходит для нанесения масляного раствора витамина Е, так как вещество скатывается в крупные капли. Наилучшие результаты получены при смешении масляного раствора витамина Е с глицерином (1 : 1). Пробы с поверхности такой кожи отбирали не в точке, а по секторам по методу конверта. Спектр глицерина в изопропанол в исследуемой области длин волн не имеет экстремумов.

Затем определяли потери косметического актива при нанесении методами дозирования и распределения с помощью спонжа, обернутого пленкой, и шпателя на кожу.

На основании экспериментальных данных выяснили, что при дозировании оптимальное количество нанесенного препарата для наших целей не должно превышать 0.36 мг/см². Это связано с тем, что при нанесении большего количества вещества растекается за пределы обозначенной нами исследуемой области. На этапе дозирования потеря вещества составила $\sim 10\%$, как показал метод гравиметрии.

Потерю вещества в случае распределения с помощью спонжа и шпателя определяли двумя методами – гравиметрии и УФ-спектрофотометрии. Для оценки потери вещества при нанесении спон-

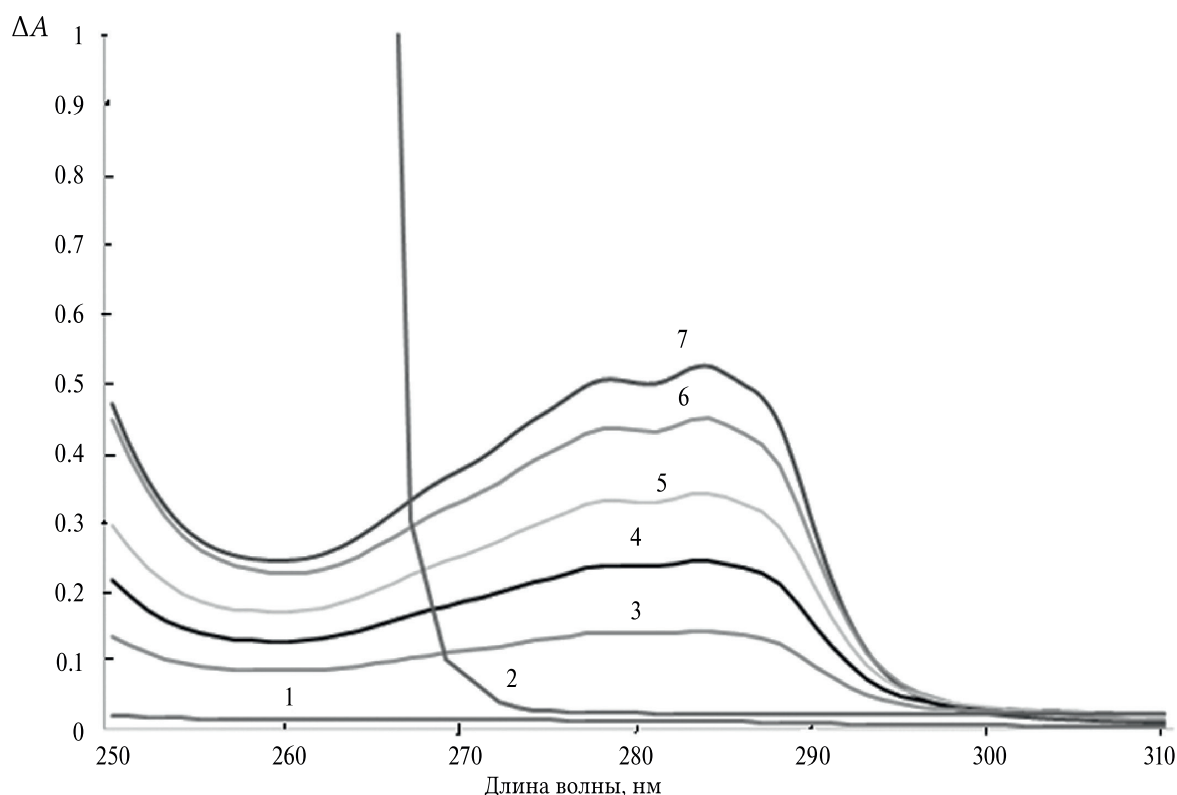


Рис. 1. УФ-спектры изопропанола (1), подсолнечного масла (2) и витамина Е в этаноле (3–5) и изопропанол (6, 7). Спектры регистрировали относительно воздуха.

жем брали кусок пищевой пленки и взвешивали, затем пленкой обматывали спонж и проводили операцию равномерного распределения. После этого кусочек пленки с остатком образца взвешивали. Данную процедуру выполняли трижды. Установили, что после нанесения препарата на кожу и его распределения косметическим шпателем образовывается более равномерный слой на ее поверхности. Потеря витамина Е при распределении обернутым пленкой спонжем составила 20%. При замене спонжа на шпатель потеря вещества значительно сократилась и составила всего 8.5%.

Далее отрабатывали методику наиболее полного отбора препарата с поверхности искусственной кожи. Использовали поверхность модельного искусственного образца кожи. В качестве пробоотборников использовали ватные палочки. На обозначенные участки модельной кожи количественно наносили препарат витамина Е. Каждый участок обрабатывали сухой стороной палочки. Затем эту часть срезали и помещали в изопропанол. Обрабатывали тот же участок смоченным в изопропанол другим концом палочки, который также помещали в ту же емкость с изопропанолом. Выдерживали ватный сорбент в экстракте 10, 15, 25 и 35 мин и измеряли его оптическую плотность. Результаты данной серии экспериментов представлены в табл. 1. Изначально наносили 100 мкл масляного раствора витамина Е. Из табл. 1 видно, что количественно экстракция протекает через 35 мин; это время вы-

держивания выбрали для дальнейшей работы. Эксперимент также показал, что для лучшего эффекта необходимо сначала отбирать витамин Е сухой стороной палочки и только потом делать смыв палочкой, смоченной в изопропанол.

По разработанной методике определяли степень впитывания препарата витамина Е участка

Таблица 1. Выбор оптимального времени экстракции ($n = 3$, $P = 0.95$)

Время экстракции, мин	ΔA , отн. ед.	Среднее ΔA , отн. ед.	Количество витамина Е, %	s_r , %
10	0.3246	0.3056	56.2	0.03
	0.2925			
	0.2996			
15	0.4176	0.4327	80.9	0.02
	0.4374			
	0.4431			
25	0.4326	0.4394	82.2	0.03
	0.4672			
	0.4183			
35	0.4747	0.5113	96.2	0.04
	0.5131			
	0.5461			

ми кожного покрова. Масляный препарат наносили на тыльную сторону руки по участкам разметки (рис. 2). Перед нанесением масляного раствора витамина Е поверхность кожи очищали и обезжировали 70%-ным этанолом и высушивали на воздухе. Далее на выделенную поверхность кожи площадью 28 см² наносили 100 мкл масляного раствора витамина Е с концентрацией 100 мг/мл. Препарат распределяли по поверхности кожи с помощью косметического шпателя. Распределяли по поверхности каждого участка по 1.3 мг витамина Е. Определяли оставшееся на поверхности кожи количество витамина Е через различные промежутки времени после нанесения: 1, 3, 5, 7, 10, 15 и 20 мин. Полученные результаты представлены в табл. 2. Из таблицы видно, что при местном применении витамина Е в виде масляного раствора на его равномерную абсорбцию могут влиять многие факторы. Это зависит от выбора участка анализируемой области кожи (индивидуальных особенностей кожи, толщины рогового слоя, уровня гидратации, клеточного метаболизма), растекания и смачивания, тепла, со-

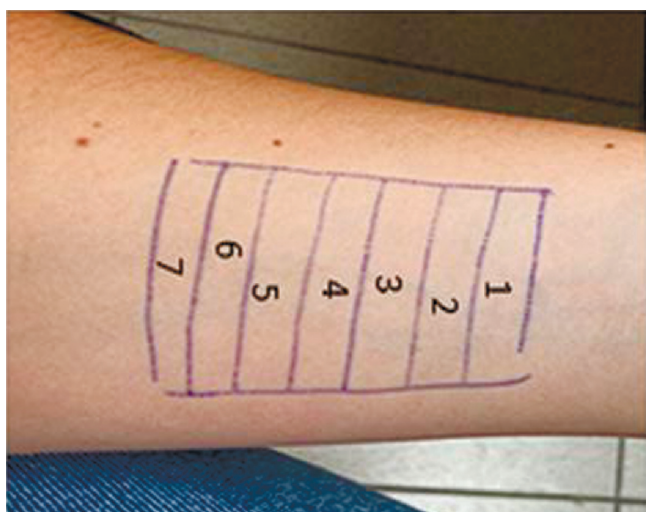


Рис. 2. Разметка кожного покрова тыльной стороны руки для определения полноты впитывания витамина Е.

Таблица 2. Количество абсорбированного кожей витамина Е ($n = 2$, $P = 0.95$)

Номер участка	Время действия на кожу, мин	Среднее количество абсорбированного кожей витамина Е, мг	s_f
1	0	0.91 ± 0.05	0.006
2	1	1.02 ± 0.04	0.004
3	3	1.08 ± 0.04	0.004
4	7	0.84 ± 0.01	0.002
5	10	0.53 ± 0.04	0.008
6	15	0.69 ± 0.03	0.004
7	20	0.37 ± 0.02	0.006

става и свойств растворителя и других мало контролируемых факторов. Известно, что витамин Е — гидрофобное вещество и характеризуется низкой биодоступностью [19], что сильно ограничивает его клиническое применение в терапевтических целях. В работе [19] также отмечается, что пик метаболизма витамина Е приходится на 6–12 ч после нанесения, а за первые два часа существенного изменения концентрации витамина Е на поверхности кожи не происходит. Известно также, что подсолнечное масло имеет высокий уровень комедогенности. Это означает, что его использование на коже может привести к забитым порам. В связи с этим следует искать и применять новые формы в качестве носителей витамина Е, улучшающие его абсорбцию, клеточное усвоение и растворимость.

* * *

Разработана УФ-спектрофотометрическая методика определения витамина Е в форме α -токоферола ацетата в масляных растворах с пределом определения 0.5 мкг/мл. Показано, что при спектрофотометрическом контроле подсолнечное масло не мешает определению витамина Е при 284 нм. В качестве растворителя использовали изопропанол. Разработанная методика отличается простотой, экспрессностью, селективностью по отношению к масляной основе, надежностью, экономичностью. Методика может использоваться для определения витамина Е в растительных маслах, премиксах и в фармацевтических субстанциях.

Предложенная методика, по мнению авторов, также может быть использована для определения витамина Е на поверхности кожи и для оценки его трансдермального проникновения. Стоит отметить, что данную методику можно адаптировать и под другие косметические активы с целью изучения их проникающей способности.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена по теме госзадания Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все исследования проводились в соответствии с принципами биомедицинской этики, изложенными в Хельсинкской декларации 1964 г. и последующих поправках к ней. Они также были одобрены Комитетом по этике Нижегородского государственного университета (Нижний Новгород), протокол № 46 от 11 февраля 2021 г.

Каждый участник исследования дал добровольное письменное информированное согласие после получения разъяснений о потенциальных рисках и преимуществах, а также о характере предстоящего исследования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной статьи сообщают, что у них нет известных конкурирующих финансовых интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mustacich D.J., Bruno R.S., Traber M.G.* Vitamin E // *Vitam. Horm.* 2007. V. 76. P. 1. [https://doi.org/10.1016/S0083-6729\(07\)76001-6](https://doi.org/10.1016/S0083-6729(07)76001-6)
2. *Chow C.K.* Biological functions and metabolic fate of vitamin E revisited // *J. Biomed. Sci.* 2004. V. 11. № 3. P. 295. <https://doi.org/10.1007/BF02254433>
3. *Herrera E., Barbas C.* Vitamin E: Action, metabolism and perspectives // *J. Physiol. Biochem.* 2001. V. 57. № 2. P. 43.
4. *Фадейкина И.Н., Пеункова (Волошина) Е.С., Зуев Б.К.* Определение витамина Е (ацетата α -токоферола) на поверхности кожи человека методом ИК-Фурье спектроскопии и изучение некоторых аспектов его трансдермального переноса // *Журн. аналит. химии.* 2021. Т. 76. № 2. С. 130. (*Fadeikina I.N., Peunkova E.S., Zuev B.K.* Determination of vitamin E (α -tocopherol acetate) on the surface of human skin by IR fourier-transform spectrometry and study of some aspects of its tranadermal transfer // *J. Anal. Chem.* 2021. Т. 76. № 2. С. 191.)
5. *Переверзева Е.С.* К вопросу химии витаминов группы Е / *Переверзева Е.С., Секерина И.Ю.* Биомедицинская инженерия и биотехнология: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 01–30 сентября 2015 года / Под ред. *Ткаченко П.В., Лазуриной Л.П.* Курск: Курский государственный медицинский университет, 2015. С. 83.
6. *Утц С.Р., Каракаева А.В., Галкина Е.М.* Методы неинвазивной оценки барьерных свойств кожи // *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2014. Т. 10. № 3. С. 512. <file:///C:/Users/%D0%90%D0%BB-%D0%BB%D0%B0/Downloads/metody-neinvazivnoy-otsenki-bariernyh-svoystv-kozhi-1.pdf> (дата обращения: 06.05.2024)
7. *Saeed A.M., Al-Kadumi A.S., Ali N.J.M.* Spectrophotometric determination of vitamin E via formation of gold complex // *Eur. J. Biomed. Pharm. Sci.* 2017. V. 4. № 7. P. 82. <https://www.semanticscholar.org/paper/SPECTROPHOTOMETRIC-DETERMINATION-OF-VITAMIN-E-VIA-Saeed-Al-kadumi/a24f8e4974cea1a38dc2ba602f7252eee7cc69ed> (дата обращения: 06.05.2024).
8. *Чупандина Е.Е., Чечета О.В., Сафонова Е.Ф., Сливкин А.И.* Определение витамина Е в растительных маслах // *Фармация.* 2009. № 6. С. 12. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_12882652_59204690.pdf (дата обращения: 06.05.2024).
9. *Тринеева О.В.* Методы анализа витамина Е (обзор) // *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация.* 2013. № 1. С. 212. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/2013/01/2013-01-36.pdf> (дата обращения: 06.05.2024).
10. *Жилинская Н.В., Бессонов В.В., Громовых П.С., Богачук М.Н.* Развитие современной методической базы контроля содержания витаминов в пищевой продукции и биологически активных добавках к пище // *Вопросы питания.* 2018. Т. 67. № 6. С. 106. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10072>
11. *Miheeva E.V., Anisimova L.S.* Physico-chemical methods of E-vitamin determination in different objects (review) // *Ind. Lab. Diagn. Mater.* 2005. V. 71. № 2. P. 3.
12. *Сизова Н.В.* Определение токоферолов как липидных антиоксидантов в растительных маслах и животных жирах // *Химия растительного сырья.* 2013. № 1. С. 157. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1301157>
13. *Gamna F., Spriano S.* Vitamin E: A review of its application and methods of detection when combined with implant biomaterials // *Materials (Basel).* 2021. V. 14. № 13. P. 3691. <https://doi.org/10.3390/ma14133691>
14. *Спиричев В.Б., Матусис И.И.* Экспериментальная витаминология: Справочное руководство / Под ред. *Островского Ю.М.* Минск: Наука и техника, 1979. 551 с.
15. *Зенкевич И.Г., Косман В.М., Макаров В.Г., Дадали Ю.В.* Количественный рефракто-спектрофотометрический анализ масляных растворов витаминов А и Е // *Журн. прикл. химии.* 2001. Т. 74. № 6. С. 1005. (*Zenkevich I.G., Kostman V.M., Makarov V.G., Dadali Yu.V.* Quantitative refractometric-spectrophotometric analysis of oil solutions of vitamins A and E // *Russ. J. Appl. Chem.* 2001. V. 74. № 6. P. 1034. <https://doi.org/10.1023/A:1013020212839>)
16. Фармакопея США. USP 29. Национальный формуляр. NF 24: в 2-х тт. / Пер. с англ. *Абрикосова Ю.Е. и др.* М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. С. 329, 2272, 2455, 3183. The United States Pharmacopeia. USP 29. The National Formulary. NF 24.
17. *Герасимов А.В.* Применение программной обработки сканированных изображений хроматограмм в количественной планарной хроматографии // *Журн. аналит. химии.* 2004. Т. 59. № 4. С. 392. (*Gerasimov A.V.* Use of the software processing of scanned chromatogram images in quantitative planar chromatography //

- J. Anal. Chem. 2004. V. 59. № 4. P. 348.
<https://doi.org/10.1023/B:JANC.0000022787.55169.9c>
18. Государственная фармакопея РФ. 12-ое изд. Ч. 1. М.: Научный центр экспертизы средств медицинского назначения, 2008. 704 с.
19. Rangarajan M, Zatz J.L. Kinetics of permeation and metabolism of alpha-tocopherol and alpha-tocopheryl acetate in micro-Yucatan pig skin // J. Cosmet. Sci. 2001. V. 52. № 1. P. 35.

SOME ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR THE SELECTIVE DETERMINATION OF VITAMIN E ON THE SURFACE OF HUMAN SKIN WHEN APPLYING OIL PREPARATIONS

E. S. Voloshina^{a, *}, B. K. Zuev^a, A. V. Mikhailova^a

^a*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Kosygina Str., 19, 119991 Moscow, Russia*

**E-mail: zubor127@yandex.ru*

Abstract. A simple technique has been developed for the selective determination of α -tocopherol acetate (vitamin E) in an oily cosmetic product in order to study the sorption capacity of human skin and the uniformity of the distribution of the drug on its surface. The technique is designed to determine vitamin E on the surface of human skin after applying it in the form of an oil solution. The determination is carried out by the analyte's own absorption, without the use of additional reagents (ascorbic acid and alkali). The technique includes extraction of vitamin E with isopropanol and registration of the analytical signal by UV spectrometry. The calibration schedule is linear in the range of 0.02–0.1 mg of vitamin E/ml. Based on the equation of the calibration graph and the tangent of its angle, the limit for determining vitamin E is calculated, equal to 0.5 micrograms/ml. It is shown that this variant of the method is reproducible, selective, express and simple.

Keywords: analysis of fat-soluble vitamins and vitamin-like products, selective determination of vitamin E, UV spectrophotometry, sorption capacity of human skin.