

Обнаружение витамина Е и «витамина F» в косметических кремах

В. П. Быстрыков, доцент кафедры химии и естественнонаучного образования Витебского государственного университета имени П. М. Машерова, кандидат химических наук, доцент

Аннотация. В статье охарактеризовано значение витамина Е и незаменимых жирных кислот («витамина F») в составе кремов для кожи. Предложены простые методики обнаружения этих веществ в косметических кремах, основанные на экстракции и аналитических реакциях с азотной кислотой, с бромной или йодной водой. Методики предлагаются учителям для применения в исследовательской деятельности школьников.

Ключевые слова: внеклассная работа, косметические крема, контроль качества, витамин Е, токоферол, α -токоферола ацетат, высшие жирные кислоты, обнаружение.

Введение. Косметические средства (косметика) предназначены для личной гигиены, профилактики обморожения и солнечных ожогов, а также маскировки косметических дефектов и украшения внешности человека. Средства для ухода за кожей лица и ногтями относятся к косметическим гигиеническим средствам. Обычные косметические средства не являются лечебными, они предназначены для здоровой кожи. Существуют и лечебные косметические средства, о которых здесь не будет подробно говориться. При здоровой коже мы можем выбирать в магазине косметические средства по своему вкусу и применять их без контроля врача. Косметическое средство обычно состоит из различных компонентов (ингредиентов). Каждый компонент предназначен выполнять определённые функции. Список компонентов указывается под заголовком: «Состав» («Ingredients»). Маркировка парфюмерно-косметической продукции (ПКП) и необходимая информация о ней должны быть указаны на официальном языке страны, в которой реализуется продукция. Но список ингредиентов изготовитель по своему усмотрению может привести и на латинском языке по Международной номенклатуре косметических ингредиентов (INCI) или на английском, если предполагается продажа на экспорт. Ингредиенты в списке располагаются в порядке уменьшения их массовой доли в составе. Ингредиенты, которых менее 1 %, могут быть перечислены в любом порядке после ингредиентов, содержание которых составляет более 1 %.

Косметические средства применяются всеми нами, в том числе и школьниками. Согласно техническим регламентам Таможенного союза «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» (ПКП), основное требование к этим средствам — безопасность даже при длительном использовании. При покупке и использовании ПКП мы, надеясь на её безопасность, также рассчитываем, что эти средства будут оказывать заявленное на этикетке действие — давать эффект, который от них ожидается. При выпуске косметических средств их эффективность оценивается не всегда, за исключением лечебной косметики. Основная часть ПКП, в том числе косметические гигиенические средства, подлежит только декларированию на соответствие требованиям технического регламента. Проще говоря, контролирующие органы, как правило, не проводят полную проверку присутствия в ПКП всех указанных в её составе ингредиентов. Проверка наличия в составе косметики указанных компонентов может быть целью школьного химико-биологического исследования. Для учащихся, желающих проводить химические опыты исследовательского характера, интерес представит, например, исследование состава кремов для кожи лица или для рук.

Цель работы: предложить посильные для выполнения в исследовательских целях школьниками методики обнаружения витамина Е (токоферола и эфиров токоферола) и «витамина F» (полиненасыщенных жирных кислот) в косметических кремах, основанные на аналитических реакциях с азотной кислотой и с бромной или йодной водой.

Основу любого крема, 65–80 %, составляет вода. В списке ингредиентов она будет на первом месте, но название может быть на латыни — aqua или на английском — water. Далее обычно указаны, в зависимости от назначения крема, увлажняющие или питательные компоненты. Увлажняющим компонентом может быть глицерин, который действует лишь на поверхности эпидермиса, или силиконы, проникающие более глубоко в поры. Для питания кожи в состав крема вводятся масла, в дешёвые — минеральные, но лучше, если это — натуральные масла, оливковое, льняное или миндальное, а не продукты нефтепереработки. Для стабилизации кремовой основы или эмульсии, чтобы она не расслоилась на водный и масляный слой, в неё вводятся эмульгаторы. Для увеличения срока годности вводятся консерванты, которые также препятствуют развитию грибков или бактерий. Многие консерванты могут оказывать вредное действие на организм человека, поэтому может использоваться только тот, который входит в список разрешённых консервантов. Приятный запах крему придают искусственные (отдушки) или натуральные ароматизаторы.

Но самые важные компоненты в любом косметическом средстве, в том числе в креме, — это биологически активные вещества. Биологически активными называются вещества, которые обладают высокой физиологической активностью в небольших концентрациях. Эффективность косметических средств зависит прежде всего от природы указанных в составе биологически активных компонентов и от их концентрации. При этом необходимо понимать, что все косметические кремы, опять же за исключением лечебных, способны воздействовать только на верхний, т. н. роговой, слой эпидермиса. Биологически активные вещества, входящие в состав косметического крема, согласно законодательству, не должны проходить сквозь роговой слой эпидермиса, иначе это будет не косметика, а лекарство! А к выпуску лекарств, в том числе лечебных кремов, предъявляются, как указано выше, более строгие требования. Ранее считалось, что роговой слой — это отмершие участки кожи. Сейчас выяснено, что это живая, активная ткань. Именно от состояния эпидермиса в большой мере зависят увлажнённость, эластичность и красота кожи. Биологически активные вещества, входящие в

состав кремов, благоприятно воздействуя на поверхностный слой эпидермиса, улучшают состояние эпидермиса кожи. В качестве таких биологически активных компонентов кремов для лица или рук используются в первую очередь вещества, связывающие влагу, — гиалуроновая кислота — самый сильный увлажнитель эпидермиса, хитозан, масла, глицерин, сорбитол, протеины и аминокислоты, керамиды. Также разнообразным физиологическим действием обладают входящие в состав кремов экстракты различных растений — алоэ, огурца, водорослей; натуральные масла и другие компоненты.

В последнее время в качестве биологически активных компонентов в состав кремов для лица или рук часто входят и витамины. Витамин А необходим для поддержания и восстановления эпителиальных тканей, из которых состоит кожа; С — антиоксидант; D — важен для работы сальных желез, контролирует воздействие ультрафиолета; К влияет на сосудистую систему кожных покровов. Но наиболее популярный витамин в составе кремов для кожи — Е.

Под названием «витамин Е» объединяется прежде всего группа восьми производных хромана, содержащих также фенольный фрагмент, — α , β , γ - и т. д. токоферолы. Между собой эти токоферолы отличаются числом и расположением в ароматическом ядре метильных радикалов. Также в природе обнаружены сходные с токоферолами токотриенолы. Токоферолы обладают значительно большей Е-витаминной активностью, чем токотриенолы, поэтому, говоря о витамине Е, обычно упоминают только токоферолы. Возможно также существование энантиомерных токоферолов. Наиболее известен природный D- α -токоферол, имеющий самую высокую биологическую (витаминную) активность (рис. 1):

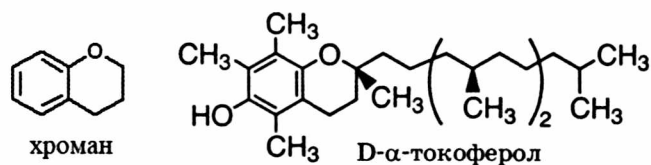


Рисунок 1 — D- α -токоферол

Польза витамина Е для кожи многообразна. Основное полезное свойство витамина Е — антиоксидантное, связанное с сильными восстановительными свойствами. Витамин Е

защищает липидный бислой клеток от перексидного окисления. Это замедляет старение кожи. Также витамин Е удерживает влагу эпидермиса, способствует обновлению его клеток, сглаживает рельеф. В составе крема, содержащего витамин Е, по-английски может быть написано — Tokopherol. Природными компонентами кремов, содержащими токоферолы, могут быть растительные масла, полученные методом холодного отжима. Высоким содержанием витамина Е отличается масло зародышей пшеницы. Также витамин Е содержится в значительных количествах в орехах, семенах, некоторых фруктах. Под действием

кислорода и других окислителей токоферолы, как фенолы, окисляются в хиноны. В этом состоит механизм антиоксидантного действия витамина Е. Помимо непосредственного положительного влияния на состояние кожи, витамин Е как антиоксидант стабилизирует при одновременном присутствии другие менее устойчивые к окислению компоненты крема. С другой стороны, лёгкая окисляемость природного витамина Е сокращает срок хранения крема. Более устойчивы, чем сами токоферолы, их синтетические сложные эфиры. Поэтому и применяются токоферолы часто в виде эфира, обычно ацетата (рис. 2):

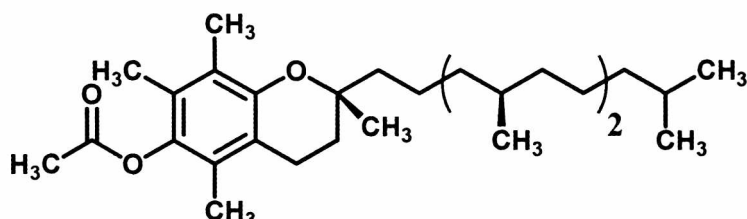


Рисунок 2 — α-токоферолацетат

Наименование этого вещества в составе крема по-английски может быть несколько разное — Tokopheryl (или Tokopherol) acetate либо α-Tokopheryl (или Tokopherol) acetate. Синтетический α-токоферолацетат — распространённый витаминный компонент косметической продукции, в том числе кремов для кожи. В отличие от природного D-α-токоферола, синтетический α-токоферолацетат — рацемат. Тем не менее половина его количества содержит остаток D-α-токоферола. Поскольку фенольный гидроксил этерифицирован, эфирные формы витамина Е не обладают антиоксидантным действием и не стабилизируют другие компоненты крема от окисления. Для устойчивости крема в его состав вводятся другие компоненты с антиоксидантным действием, часто это консерванты. В коже эфирные формы гидролизуются под действием фермента эстеразы, в результате образуется биологически активная форма — токоферол, который обладает витаминной, в том числе антиоксидантной активностью.

Массовая доля витамина Е в косметических кремах обычно составляет от 0,01 до 0,2 %, но в активных антивозрастных кремах может достигать 1,5 %. В то же время содержание любых витаминов в кремах повседневного использования не должно быть слишком высоким, поскольку превышение допустимых доз витаминов может оказывать вредное действие на организм. Конкретное содержание витаминов в кремах, за исключением лечебных кремов, обычно не сообщается. После определённого периода хранения, особенно после вскрытия тюбика, содержание витаминов может быстро уменьшаться. Соответственно реальная витаминная эффективность применяемого нами крема обычно является проблематичной.

Токоферолы, как и все фенолы, неустойчивы к действию окислителей. При действии дымящей или концентрированной азотной кислоты в спиртовом растворе происходит окисление токоферолов с образованием окрашенных о-токоферолхинонов (рис. 3). Наблюдается

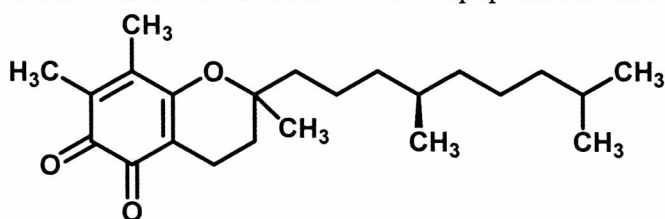
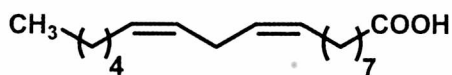


Рисунок 3 — о-токоферолхинон

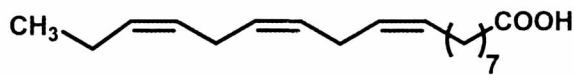
окраска от красной до оранжевой. Реакция с азотной кислотой при нагревании до 80 °C используется для идентификации как токоферола, так и его сложных эфиров. При этом эфир токоферола первоначально гидролизуеться, образующийся токоферол окисляется с

образованием указанного окрашенного продукта [1; 2; 3].

«Витамин F» — условное название незаменимых полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), прежде всего линолевой и линоленовой (рис. 4) [4]:



линолевая кислота



линоленовая кислота

Рисунок 4 — Линолевая и линоленовая кислоты

В природе ПНЖК входят в виде ацильных остатков в состав триацилглицеридов жиров, масел и других липидов. Первоначально ПНЖК относили к витаминам и были названы «витамин F». В настоящее время ПНЖК относят к липидам, но иногда рассматривают как витаминоподобные вещества. В косметологии сохранилось условное название «витамин F». Источниками ПНЖК для организма являются растительные масла, а также грецкий орех, миндаль, семечки подсолнуха, рыбий жир. Польза ПНЖК для кожи заключается в устранении сухости, шелушения; восстановлении оптимального уровня увлажнённости и упругости кожного покрова; нейтрализации свободных радикалов, провоцирующих старение клеток кожи; регенерации клеток эпидермиса после ссадин, трещин; предотвращении развития воспалительных и аллергических реакций; ускорении и улучшении обменных процессов эпидермиса и успокаивающем действии на него. В косметические крема чаще входят синтетические триацилглицериды линолевой и линоленовой кислот — глицериллинолеат, глицериллиноленат.

Остатки ПНЖК в триацилглицеридах окисляются по двойным углерод-углеродным связям кислородом воздуха. Окисление интенсифицируется воздействием солнечных лучей, высокой температурой. С целью предотвращения окисления и потери полезного действия рекомендуется сочетать «витамин F» с антиоксидантами — бета-каротином, витамином E.

Простая аналитическая реакция для обнаружения ненасыщенности органического соединения, в том числе триацилглицеридов — присоединение брома или йода. Реакция с бромом является более надёжной, поскольку йод присоединяется к двойной

углерод-углеродной связи труднее [5]. В химическом анализе используется раствор галогена в органическом растворителе, в котором растворимость галогена выше, чем в воде. В вузовских практикумах для проведения пробы на ненасыщенность из соображений охраны труда используют водный раствор брома — бромную воду. Быстрое обесцвечивание бромной воды служит аналитическим признаком ненасыщенности [6]. Поскольку пары брома сильно токсичны, в современном школьном курсе химии для обнаружения ненасыщенности используют более безопасную в приготовлении и использовании йодную воду [7].

Объект экспериментального исследования: тринадцать образцов крема для лица и/или для рук и тела, в составе которых указаны те или иные формы витамина E и «витамина F». Крема были ранее приобретены в торговой сети для личного использования и, как правило, уже были вскрыты до проведения анализа. Все крема анализировались в пределах их срока годности.

I. Крема, в составе которых указан токоферола ацетат:

1. «Крем-стартер для лица».
2. «Крем для лица защита от холода и мороза».
3. «Крем дневной ромашковый для лица». Все три крема произведены компанией «Белита — Витэкс» (Минск).
4. «Интенсивный увлажняющий крем для лица, рук и тела». Производитель: «Nivea» (Германия).

5. «Интенсивно увлажняющий крем с природным витамином E». Производитель: «Himalaya Herbals» (Индия). В составе также указаны ростки пшеницы, в которых предполагается присутствие природного витамина E.

II. Крема, в составе которых указан токоферол:

1. «Экстрапитательный крем с маслом оливы». Производитель: «Himalaya Herbals» (Индия).

2. «Гиалуроновая крем-маска для рук». Производитель: «Eveline Cosmetics» (Польша).

III. Крема, в названии которых указаны витамины Е и F.

Были проанализированы три крема производства «Белита — Витэкс» (Минск). В их состав входят: токоферол ацетат, синтетические формы «витамина F» — глицерил линолеат, глицерил линоленат, а в крема 2 и 3 также природные источники витаминов — различные масла (абрикосовых косточек, зародышей пшеницы, и др.) и экстракты (василька, лимона, моркови и др.).

1. «Дневной крем для лица. Skin Sensation».

2. «Протеины молодости. Крем-сияние дневной для лица Bielitamilkline».

3. «Протеины молодости. Крем-омоложение ночной для лица. Bielitamilkline».

Также были проанализированы три крема других производителей

1. «Крем для рук, ногтей и кутикулы. PRO руки». «Faberlic» (Россия). В состав входят: токоферол ацетат, глицерил линолеат, глицерил линоленат и более редкий компонент с ПНЖК — глицерил арахидонат, а также природные источники витаминов — льняное масло, масло жожоба, василёк синий экстракт.

2. «Крем для лица, омолаживающий с секретом улитки и гиалуроновой кислотой». Производитель: SNAIL (Россия). В пояснительном тексте на упаковке этого крема сказано, что данный крем содержит «витамины А, Е и С». Известно, что в секрете улитки содержатся различные витамины, в том числе Е, А и С. В составе крема, после секрета улитки, указан также «витамин Е», но не уточнено в какой форме.

3. «Крем-масло для рук и ногтей интенсивное питание». «Fito косметик» (Россия). В комментариях на упаковке сказано, что данный крем содержит витамины А, Е и F. В составе крема указаны экстракты лимона и моркови, настой ромашки, льняное масло, в которых предполагается присутствие природных витаминов. Синтетические формы указанных витаминов в составе отсутствуют.

Для выбора стандартного образца была проверена подлинность двух образцов витамина Е

(α -токоферолацетата) разных производителей, приобретённых в аптечной сети: 1) «Минскинтеркапс», содержание α -токоферолацетата в одной капсуле — 200 мг и 2) «Mirolla» (Россия), содержание α -токоферолацетата в одной капсуле — 100 мг. Подлинность препаратов проверяли стандартной фармакопейной реакцией с азотной кислотой [6]. Фармакопейная методика была несколько упрощена — во-первых, вместо абсолютно го спирта мы использовали в качестве растворителя этиловый спирт 96 %. Были приготовлены растворы с одинаковой концентрацией α -токоферолацетата 5 мг/см³ — один из препарата «Минскинтеркапс», второй из препарата «Mirolla». Для приготовления растворов α -токоферолацетата одну капсулу надрезали скальпелем и содержимое растворяли в рассчитанном объёме этанола. Во-вторых, вместо более опасной дымящей азотной кислоты мы использовали концентрированную азотную кислоту, что допускается по другим источникам. Третьим упрощением было сокращение вдвое объёмов растворов для проведения реакции. Вместо 10 см³ раствора α -токоферолацетата в пробирку наливали 5 см³ и вместо 2 см³ концентрированной азотной кислоты добавляли 1 см³. Смесь нагревали в пробирке 15 минут на водяной бане при температуре 75–80 °С. Раствор образца 1 приобрёл интенсивно-красную окраску, что подтвердило подлинность препарата производителя «Минскинтеркапс». Раствор 2 приобрёл оранжевую окраску, что также подтвердило подлинность препарата производителя «Mirolla», однако эта окраска указывает на меньшую концентрацию α -токоферолацетата в одной капсуле, чем заявлено производителем. Исходя из этого, в качестве стандартного образца далее мы использовали витамин Е (α -токоферолацетат) в капсулах производства «Минскинтеркапс». 1 желатиновая капсула содержит растворённые в растительном масле 200 мг α -токоферолацетата.

Для приготовления стандартного раствора α -токоферолацетата 1 одну капсулу надрезали скальпелем и содержимое растворяли в 10 мл этилового спирта 96 %. Титр полученного стандартного раствора 1–20 мг/см³. Для приготовления стандартного раствора α -токоферолацетата 2 0,5 см³ стандартного раствора 1 разводили до 10 см³ 96 % спиртом. Титр стандартного раствора 2 — 1 мг/см³.

Методики анализа кремов

Пробоподготовка кремов — спиртовая экстракция. Пробу исследуемого крема, соответствующую обычной порции для разового применения (из тубиков выдавливали полоску длиной примерно 1 см), помещали в градуированную пробирку емкостью 20 см³, прибавляли 10 см³ спирта 96 %, закрывали притёртой пробкой, интенсивно встряхивали в течение 3 мин и отстаивали. Если экстракт был мутный, его дополнительно центрифугировали в течение 15 мин при скорости 2000 об/мин. Прозрачный экстракт или надосадочную жидкость после центрифугирования отбирали для дальнейшего исследования пипеткой в другую пробирку с притёртой пробкой.

Присутствие витамина Е (токоферола ацетата или токоферола) обнаруживали вышеописанной качественной реакцией с концентрированной азотной кислотой.

Методика обнаружения витамина Е (токоферола ацетата или токоферола). В цилиндрическую лабораторную пробирку высотой 10 см вносят примерно 2,5 см³ экстракта, добавляют 0,5 см³ концентрированной азотной кислоты и нагревают смесь около 15 минут на водяной бане при температуре 75–80 °С. При наличии в экстракте витамина Е должно наблюдаться появление окрашивания — от красного до оранжевого.

Для обнаружения триацилглицеридов ПНЖК («витамина F») проводили параллельно две пробы на ненасыщенность — с бромной водой и йодной водой. Поскольку аналитическим признаком в обоих случаях является обесцвечивание окраски реактива, для максимальной чувствительности анализа использовали эти реактивы максимально разбавленными — до светло-жёлтой окраски. Степень разбавления реактива контролировали холостым опытом: в пробирку высотой 10 см вносили примерно 0,5 см³ этанола, прибавляли 1–2 капли бромной или йодной воды и встряхивали пробирку. Светло-жёлтая окраска должна остаться заметной. Если окраска становится неразличимой, необходимо использовать более концентрированный раствор брома или йода.

Методика обнаружения триацилглицеридов ПНЖК («витамина F»). В цилиндрическую лабораторную пробирку высотой 10 см вносили примерно 0,5 см³ спиртового

экстракта, прибавляли 1–2 капли бромной или йодной воды и встряхивали пробирку. Положительным результатом является обесцвечивание раствора.

Результаты анализа на содержание витамина Е

Контрольный анализ. При нагревании бесцветных стандартного раствора токоферола ацетата 1 концентрацией 20 мг/см³ или стандартного раствора 2 с концентрацией 1 мг/см³ с концентрированной азотной кислотой в обоих случаях наблюдалось появление красного окрашивания.

При нагревании бесцветных экстрактов исследуемых образцов кремов с концентрированной азотной кислотой в большинстве случаев наблюдалось появление слабого жёлто-оранжевого окрашивания. С экстрактом крема «Интенсивно увлажняющий крем с природным витамином Е» наблюдалось розовое окрашивание, а с экстрактом крема «Интенсивный увлажняющий крем для лица, рук и тела» наблюдалось жёлто-розовое окрашивание. Меньшая интенсивность окраски продуктов окисления экстрактов кремов, чем при контрольном анализе, ожидаема и объясняется меньшим содержанием витамина Е в экстрактах. Как было указано выше, его содержание в косметических кремах составляет от 0,01 до 0,2 %. В условной разовой порции — 1 г крема будет соответственно 0,1–2 мг витамина Е. Соответственно концентрация в экстрактах будет меньше, чем 0,01–0,2 мг/см³. Наблюдаемую в двух случаях розовую окраску можно объяснить наличием в экстрактах примесей других компонентов крема. Окраска продуктов их окисления азотной кислотой смешивалась с окраской основного продукта. С учётом приведённых объяснений присутствие витамина Е в 12 кремах можно считать подтверждённым.

При нагревании с азотной кислотой экстракта крема «Дневной крем для лица. Skin Sensation» раствор остался бесцветным. Т. о. подтвердить присутствие витамина Е в этом креме не удалось.

Результаты анализа на содержание «витамина F»

При встряхивании пробирки со спиртовым экстрактом кремов «Крем-масло для рук и ногтей интенсивное питание.

Народные рецепты», «Гиалуроновая крем-маска для рук», «Дневной крем для лица. Skin Sensation», «Протеины молодости. Крем-омоложение ночной для лица. Bielitamilkline» с 1–2 каплями бромной или йодной воды наблюдалось обесцвечивание. Таким образом, для этих кремов подтверждено присутствие ПНЖК («витамина F»).

Проба на ненасыщенность была отрицательной (светло-жёлтая окраска не обесцветилась, даже при добавлении избытка экстракта крема) для экстрактов кремов «Протеины молодости. Крем-сияние дневной для лица Bielitamilkline» и «Крем для рук, ногтей и кутикулы. PRO руки». Таким образом подтвердить наличие ПНЖК в этих двух кремах нам не удалось.

Тот факт, что для трёх из тринадцати кремов нам не удалось подтвердить присутствие заявленных в составе витаминов, не означает, что их при производстве не ввели в состав. Эти крема были уже вскрыты и частично использовались по назначению до проведения анализа, хотя срок годности ещё не закончился. Как было указано выше, после

определённого периода хранения, особенно после вскрытия тюбика, содержание витаминов может быстро уменьшаться.

Заключение

Предложены простые и сравнительно безопасные для выполнения в исследовательских целях школьниками методики обнаружения «витамина E» (токоферола или эфиров токоферола) и «витамина F» (остатков полиненасыщенных жирных кислот в триацилглицеридах) в косметических кремах, основанные на аналитических реакциях с азотной кислотой, с бромной или йодной водой.

Методики апробированы на тринадцати кремах для лица или рук. Подтверждено заявленное производителями присутствие витамина E в двенадцати кремах из тринадцати и «витамина F» в четырёх кремах из шести проанализированных.

Методики с небольшими изменениями могут быть применены учащимися для обнаружения витамина E или полиненасыщенных жирных кислот и их производных и в других объектах исследования.

Список использованных источников

1. Докучаева, Е. А. Общая биохимия: Витамины : практикум / Е. А. Докучаева, В. Э. Сяхович, Н. В. Богданова ; под ред. С. Б. Бокутя. — Минск : ИВЦ Минфина, 2017. — 52 с.
2. Тринеева, О. В. Методы анализа витамина E (Обзор) / О. В. Тринеева // Вестник Воронежского ГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация. — 2013. — № 1. — С. 212–224.
3. Государственная Фармакопея СССР / Фармакопейный комитет Министерства здравоохранения СССР. — 10-е изд. — М. : Медицина, 1968. — 1080 с.
4. Таганович, А. Д. Биологическая химия / А. Д. Таганович [и др]. — М. : БИНОМ, 2008. — 688 с.
5. Черонис, Н. Д. Микро- и полумикрометоды органического функционального анализа ; пер. с англ. / Н. Д. Черонис, Т. С. Ма. — М. : Химия, 1973. — 576 с.
6. Быстрыков, В. П. Экологические основы бионеорганической и биоорганической химии : руководство к лабораторным занятиям / В. П. Быстрыков. — Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2017. — 160 с.
7. Ельницкий, А. П. Химия : учебник для 11 класса / А. П. Ельницкий, Е. И. Шарапа. — Минск : Нар. асвета, 2013. — 318 с.

К сведению авторов!

Предоставляя материалы для публикации в журнале, авторы тем самым передают издателью неисключительные имущественные права на воспроизведение, распространение, сообщение для всеобщего сведения и иные возможные способы использования произведения (в том числе в электронной версии журнала) без ограничения территории распространения.