ФАРМАКОГНОЗИЯ И БОТАНИКА

УДК 615.322:547.9 DOI: https://doi.org/10.52540/2074-9457.2022.1.48

Р. И. Лукашов

ОБЕЗЖИРИВАНИЕ КАЛЕНДУЛЫ ЦВЕТКОВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСТРАКЦИИ ФЛАВОНОИДОВ

**Белорусский государственный медицинский университет,
г. Минск, Республика Беларусь**

Календула лекарственная широко применяется как источник репаративных, ранозаживляющих, противоязвенных, местных противовоспалительных, антисептических, спазмолитических и желчегонных средств. Заготавливают календулы цветки как лекарственное растительное сырье, используют для получения моно-, поликомпонентных и комбинированных лекарственных препаратов и стандартизируют по флавоноидам.

В статье представлены результаты исследования влияния параметров обезжиривания на экстракцию флавоноидов из календулы цветков. Изучали влияние природы обезжиривающего агента (вязкость, относительная плотность, температура кипения, диэлектрическая постоянная растворителя), соотношения лекарственного растительного сырья и обезжиривающего агента, продолжительности и кратности обезжиривания. Предварительное двукратное обезжиривание календулы цветков гексаном в течение двух часов при соотношении сырья и обезжиривающего агента 1 к 5 с последующим удалением гексана в естественных условиях способствует повышению экстракции флавоноидов в два раза по сравнению с необработанным сырьем. Наличие предварительной стадии обезжиривания не влияет на качественный состав извлекаемых флавоноидов. Вязкость, температура кипения и относительная плотность обезжиривающего агента, его соотношение с сырьем, продолжительность и кратность обезжиривания статистически значимо влияют на экстракцию флавоноидов.

Ключевые слова: календулы цветки, обезжиривание, флавоноиды, повышение экстракции.

ВВЕДЕНИЕ

Календула лекарственная – лекарственное растение, широко применяемое в медицинской практике в составе лекарственных препаратов, биологически активных добавок к пище и парфюмерно-косметической продукции. Применяют календулу в комплексной терапии воспалительных заболеваний полости рта (гингивиты, стоматиты, пародонтиты), глотки (тонзиллиты), для симптоматического лечения легких воспалительных процессов кожи, небольших поверхностных ран, ожогов первой степени; в гастроэнтерологии – при хронических гастритах, энтероколитах, колитах, и в колопроктологии – при проктитах, парапроктитах. На основе данного лекарственного растительного сырья (ЛРС) получают настои, чаи, настойки. Сырье используют при получении комбинированных препаратов: жидких экстрактов Ротокан, Диаротокан, Диаротокан-плюс; спреев Фарингоспрей, Мирамил Тонзил; таблеток Гомеовокс и сбора Элекасол [1, 2].

В качестве ЛРС используют собранные в фазе начала распускания трубчатых цветков и высушенные цветочные корзинки *Calendula officinalis* L. [3], которые содержат в своем составе различные группы биологически активных веществ (БАВ), представленные каротиноидами (α-, β- и γ-каротины, ликопин), ксантофиллами (флавоксантин, рубиксантин, лютеин), тритерпеновыми сапонинами (олеаноловая кислота, фарадиол, арнидиол и др.), эфирным и жирным маслом, стеролами, смолистыми веществами, флавоноидами (нарцисин, рамнетин и его глюкозиды, изокверцитрин, тифанеозид, календофлавобиозид и др.), гидроксикоричными кислотами (синаповая, о-кумаровая, хлорогеновая и др.), кумаринами (скополетин и

др.), полисахаридами и др. [1, 4].

За счет комплекса БАВ календулы цветки применяют как источник получения репаративных, ранозаживляющих, противоязвенных, местных противовоспалительных, антисептических, спазмолитических и желчегонных средств. В реализации фармакологического действия принимают участие каротиноиды, сапонины и флавоноиды. Каротиноиды усиливают эпителизацию ран, флавоноиды – ангиогенез, сапонины подавляют воспаление [1]. Однако согласно ряду фармакопей для календулы цветков предусмотрена стандартизация только по суммарному содержанию флавоноидов с пересчетом на рутин или гиперозид [3].

Известно, что в растительной клетке гликозиды флавоноидов локализуются преимущественно в вакуолях, агликоны – в хлоропластах, а также в более сложно организованных структурах (канальцы, вместилища и др.) [5]. При измельчении сухого ЛРС не может происходить сплошного разрушения этих структур, что на стадии экстракции препятствует полному извлечению флавоноидов из частичек ЛРС [6]. Помимо этого, БАВ в растениях зачастую находятся в виде комплексов с сапонинами, липидами и другими компонентами, что дополнительно затрудняет их экстракцию [7]. Например, для извлечения полисахаридов из ЛРС часто используют предварительное обезжиривание и удаление фенольных соединений, обезжиривание, помимо ликвидации липидных компонентов, повышает последующий выход фенольных соединений (в т.ч. флавоноидов), что дополнительно очищает полисахариды [8].

Поскольку флавоноиды накапливаются в структурах, окруженных клеточными мембранами, одним из эффективных способов дестабилизации и порации мембран может являться обезжиривание (при помощи различных агентов, например, сжиженных газов, малополярных органических растворителей), при котором также разрушаются комплексы флавоноидов с другими компонентами [3, 7, 9].

Обезжиривание – добавление к ЛРС малополярного агента или сжиженного газа, сверхкритического флюида с целью вытеснения липофильных веществ и дестабилизации мембран с последующим его удалением [7–10]. Фенольные соединения с большим количеством гидроксильных групп, в том числе флавоноиды, при обезжиривании экстрагироваться агентом практически не будут [11]. Полученный в результате обезжиривания экстракт можно использовать как самостоятельный источник липофильных веществ: каротиноидов и др. [9].

Целью работы является изучение влияния параметров обезжиривания ЛРС на экстракцию флавоноидов из календулы цветков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили три промышленные серии календулы цветков производства ООО «НПК Биотест», ООО «Калина» и ЛРСУП «Можейково», а также календулы цветки, заготовленные в 2020 и 2021 гг. в фазу массового цветения на учебно-опытном участке в д. Новое Поле и высушенные воздушно-теневым способом. Для оценки возможности объединения данных пяти серий исследований и расчета объединенного среднего применяли критерий Кохрена, так как объединяемые дисперсии имели одинаковое количество степеней свободы [3]. По итогам расчета получили следующие значения при $g = 5$; $v = 2$: $G_{табл} = 0{,}5981$ и $G_{эксп} = 0{,}3672$. Так как $G_{табл} > G_{эксп}$, то результаты, полученные на разных образцах сырья, можно объединить и рассчитать объединенное среднее.

Для экстракции флавоноидов использовали фармакопейный экстрагент – 50% этанол [3] и 70% ацетон, для которого установлена более высокая экстрагирующая способность и воспроизводимость результатов в предыдущих работах по сравнению с фармакопейным экстрагентом [12]. При этом полученные по обезжириванию зависимости для обоих экстрагентов были схожи: природа обезжиривающего агента при $g = 10$; $v = 2$ ($G_{табл} = 0{,}4450$; $G_{эксп} = 0{,}3817$), время обезжиривания при $g = 3$; $v = 2$ ($G_{табл} = 0{,}8709$; $G_{эксп} = 0{,}4981$), соотношение сырья и агента при $g = 5$; $v = 2$ ($G_{табл} = 0{,}6838$; $G_{эксп} = 0{,}1462$) и кратность обезжиривания при $g = 3$; $v = 2$ ($G_{табл} = 0{,}8709$; $G_{эксп} = 0{,}2322$). Учитывая схожесть полученных результатов между экстрагентами, логично представить данные только по 70% ацетону как экстрагенту с большей извлекающей способностью и воспроизводимостью данных ($RSD_{50\%\ этанол} = 14\%$; $RSD_{70\%\ ацетон} = 6{,}9\%$).

Экстракцию 70% ацетоном проводили при температуре 60 ºС в течение 1,5 ч при соотношении сырья и экстрагента 1 к 25 и степени измельчения сырья *500* однократно. 1,00 мл профильтрованного извлечения вносили в мерную колбу вместимостью 50,0 мл, прибавляли 8,00 мл раствора 50 г/л алюминия хлорида и выдерживали на водяной бане 4 мин. Быстро охлаждали до комнатной температуры, прибавляли 5,00 буферного раствора и доводили до метки 70% ацетоном. В качестве раствора сравнения использовали раствор 0,1 г/л рутина, для которого также выполняли вышеописанные операции. Компенсационные растворы для испытуемого извлечения и стандартного образца готовили аналогично, но без добавления алюминия хлорида. Расчет содержания флавоноидов производили методом одного стандарта. Оптическую плотность измеряли при 410 нм на спектрофотометре Specord 250 серии PB 2201. Буферный раствор получали путем добавления к 10 мл 1 М натрия гидроксида 25 мл раствора 60 г/л кислоты уксусной ледяной и доведения до объема 100,0 мл.

Для подтверждения достоверности полученных результатов использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии [12]. Анализ выполняли на жидкостном хроматографе Agilent 1260 в комплекте с системой подачи и дегазации на четыре растворителя G5611A, диодно-матричным детектором G1315D, термостатом колонок G1316C, устройством для автоматического ввода образцов (автосэмплер) G5667A. Сбор данных, обработку хроматограмм и спектров поглощения осуществляли с помощью программы Agilent OpenLAB.

Использовали хроматографическую колонку Zorbax SB длиной 0,25 м и внутренним диаметром 4,6 мм, заполненную силикагелем октадецилсилильным с размером частиц 5 мкм, температура колонки составила 30 ºС.

Подвижная фаза – смесь ацетонитрила («Sigma Aldrich») и 0,01 М раствора калия дигидрофосфата («Химхром»), доведенного кислотой фосфорной («Химхром») до pH 3,0 ± 0,2, в соотношении 20 : 80 (по объему). Режим элюирования: изократический. Скорость подачи элюента: 1,0 мл/мин. Объем инжектируемой пробы: 20,0 мкл. Температура в автосэмплере: 25 ºС.

Длина волны детекции: 360 нм. Записаны спектры поглощения исследуемых веществ в диапазоне длин волн от 190 до 400 нм.

Идентификацию флавоноидов осуществляли путем сопоставления коэффициентов емкости и спектров поглощения веществ в испытуемых извлечениях со стандартными образцами флавоноидов: тифанеозид («Merch»), мангаслин («Merch»), рутин («Sigma Aldrich»), изокверцитрин («Roth»), нарцисин («Sigma Aldrich»), изорамнетина 3-глюкозид («Sigma Aldrich»).

Параллельно с получением испытуемых извлечений готовили для инжектирования растворы стандартных образцов на 70% ацетоне. Удельное содержание индивидуальных флавоноидов определяли методом внутренней нормализации.

Изучали влияние следующих параметров обезжиривания на экстракцию флавоноидов: природа обезжиривающего агента, соотношение сырья и обезжиривающего агента (1 к 5, 1 к 10, 1 к 25, 1 к 50 и 1 к 100), продолжительность (1, 2 и 4 ч) и кратность (одно-, дву- и трехкратное) обезжиривания. В качестве обезжиривающих агентов использовали органические растворители квалификации «х.ч.»: гексан, гептан, петролейный эфир 40–70, диэтиловый эфир, бензол, ксилол, толуол, дихлорэтан, дихлорметан и хлороформ, физико-химические характеристики которых приведены в таблице 1 [13] и использованы для проведения дисперсионного анализа.

После проведения обезжиривания липофильную вытяжку отфильтровывали, сырье с фильтра отжимали и оставляли на несколько (до пяти) дней при комнатной температуре для естественного улетучивания обезжиривающего агента. Содержание остаточных количеств обезжиривающего агента в сырье и полученных извлечениях контролировали методом газовой хроматографии, согласно основным принципам, описанным в Государственной фармакопее Республики Беларусь [3].

Каждое испытание выполняли по три раза (P = 95 %; n = 3). Результаты представляли в виде $\overline{X} \pm \Delta_{\bar{0}}$, где $\overline{X}$ – среднее значение; $\Delta_{\bar{0}}$ – полуширина доверительного интервала средней величины. Для оценки влияния параметров обезжиривания на экстракцию флавоноидов выполняли дисперсионный анализ. Сравнение двух групп значений проводили при помощи *t*-критерия Стьюдента. Значения статистически значимо различались при $p < 0,05$.

Таблица 1. – Физико-химические свойства исследуемых обезжиривающих агентов

Соединение	Класс	Диэлектрическая постоянная	Динамическая вязкость, мПа·с	Относительная плотность, г/см^3	Температура кипения, °С
Гексан	Циклический алкан	1,86	0,294	0,6548	68,0
Гептан	Циклический алкан	1,90	0,386	0,6795	98,4
Петролейный эфир	Смесь пентанов и гексанов	1,88–1,29	0,296–0,334	0,6500–0,6950	40–70
Диэтиловый эфир	Алифатический простой эфир	4,30	0,242	0,7078	35,6
Дихлорэтан	Хлорпроизводное алкана	10,4	0,833	1,253	83,5
Дихлорметан	Хлорпроизводное алкана	9,08	0,393	1,3078	40
Хлороформ	Хлорпроизводное алкана	4,64	0,542	1,4830	61,2
Бензол	Ароматический углеводород	2,27	0,600	0,8786	80,1
Толуол	Метилбензол	2,30	0,552	0,8667	110,6
Ксилол	1,2-диметилбензол	2,57	0,757	0,8760	144,4

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунках 1–4 представлены результаты изучения влияния природы обезжиривающего агента, продолжительности обезжиривания, соотношения сырья и обезжиривающего агента и кратности обезжиривания, соответственно, на степень экстракции флавоноидов из календулы цветков.

Из рисунка 1 видно, что при предварительном обезжиривании календулы цветков гексаном, петролейным эфиром, гептаном, дихлорметаном и хлороформом содержание флавоноидов в извлечении, полученном при экстракции 70% ацетоном, увеличивалось в 1,25; 1,29; 1,12 ($p = 0,054$); 1,04 ($p = 0,098$) и 1,07 ($p = 0,072$) раза соответственно по сравнению с ЛРС, которое не подвергалось обезжириванию. При этом содержание флавоноидов в извлечении, полученном из ЛРС, обезжиренного гексаном и петролейным эфиром, статистически значимо ($p = 7,0\times10^{-4}$ и $p = 7,2\times10^{-4}$) выше, чем аналогичный показатель для извлечения, полученного из необработанного (нативного) ЛРС.

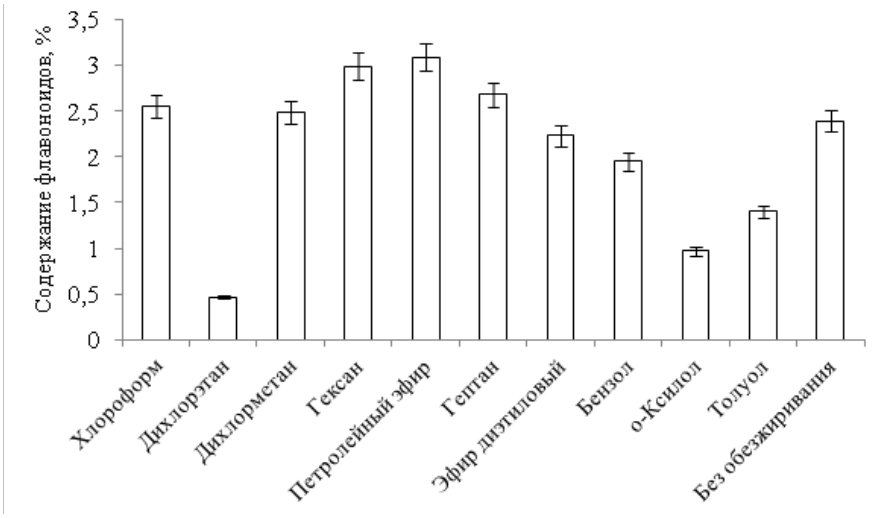

Рисунок 1. – Зависимость содержания флавоноидов в извлечении из календулы цветков от природы обезжиривающего агента

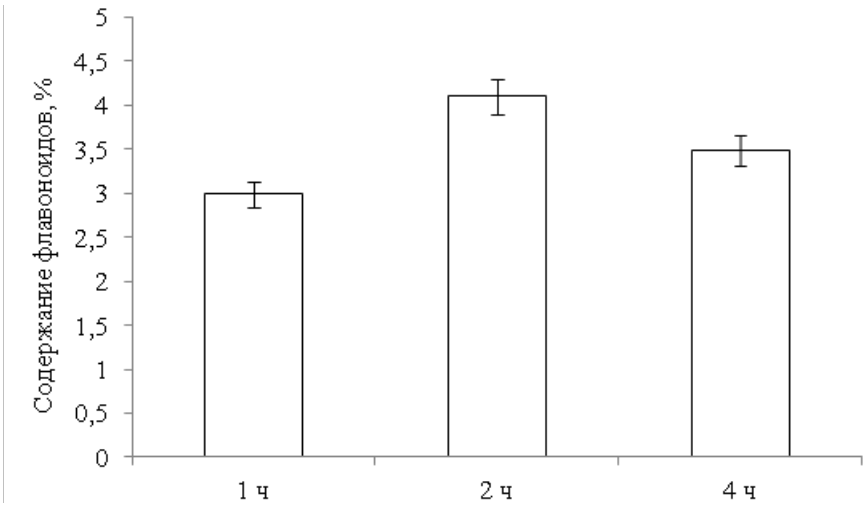

Рисунок 2. – Зависимость содержания флавоноидов в извлечении из календулы цветков от продолжительности предварительного обезжиривания

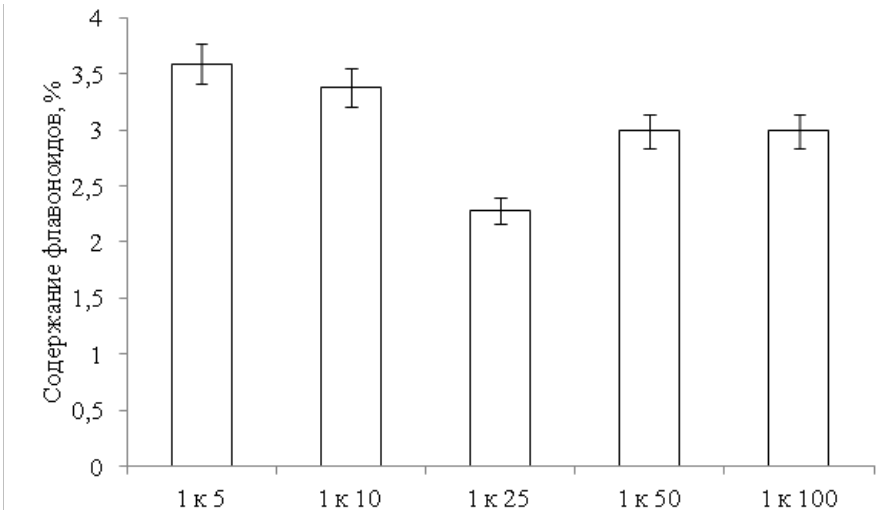

Рисунок 3. – Зависимость содержания флавоноидов в извлечении из календулы цветков от соотношения сырья и обезжиривающего агента

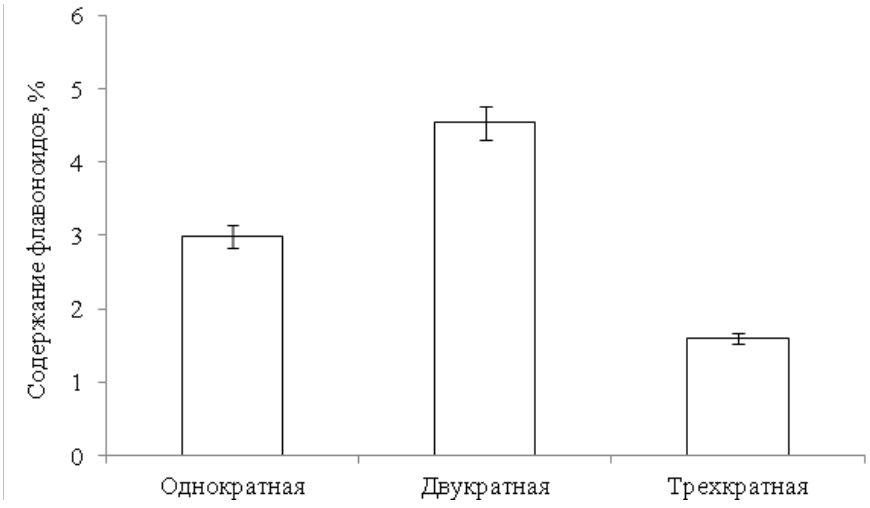

Рисунок 4. – Зависимость содержания флавоноидов в извлечении из календулы цветков от кратности предварительного обезжиривания

При этом результаты, полученные для гексана и петролейного эфира, между собой значимо не различались (p = 0,25). Однако поскольку петролейный эфир представляет собой смесь легкокипящих пентанов и гексанов непостоянного состава, воспроизводимость результатов для него была резко ниже ($RSD_{\text{петролейный эфир}}$ = 22,4%; *n* = 10), чем для гексана ($RSD_{\text{гексан}}$ = 8,5%; *n* =10), и выходила за критерий приемлемости в 15%.

Из рисунка 2 видно, что содержание флавоноидов в сырье, которое предварительно обезжирено гексаном в течение 2 ч, на 37,1% (отн.) ($p = 1{,}4 \times 10^{-4}$) больше, чем при обезжиривании в течение 1 ч. Дальнейшее увеличение продолжительности обезжиривания (до 4 ч) приводило к снижению содержания в 1,23 раза ($p = 5{,}3 \times 10^{-3}$).

Содержание флавоноидов при соотношении сырья и обезжиривающего агента 1 к 5 на 6,51% (отн.) (p = 0,093) больше, а расход гексана в два раза меньше по сравнению с соотношением 1 к 10 (рисунок 3). Дальнейшее увеличение соотношения сырья и обезжиривающего агента за счет увеличения объема прибавляемого агента приводило к последующему снижению выхода флавоноидов.

Выявлено, что двукратное обезжиривание увеличивало в 1,5 ($p = 7{,}0 \times 10^{-6}$) раза экстракцию флавоноидов по сравнению с однократным обезжириванием (рисунок 4).

При проведении дисперсионного анализа влияния параметров обезжиривания на экстракцию флавоноидов установлено, что вязкость ($p = 5{,}6 \cdot 10^{-4}$), относительная плотность ($p = 6{,}7 \cdot 10^{-3}$), температура кипения ($p = 5{,}3 \cdot 10^{-4}$) растворителя, соотношение сырья и обезжиривающего агента ($p = 3{,}4 \cdot 10^{-2}$), продолжительность ($p = 4{,}1 \cdot 10^{-2}$) и кратность обезжиривания ($p = 8{,}3 \cdot 10^{-3}$) статистически значимо ($p < 0{,}05$) влияли на экстракцию флавоноидов. Диэлектрическая постоянная (p = 0,09) не влияла на процесс экстракции статистически значимо.

На основе экспериментально подобранных параметров предложен следующий способ обезжиривания календулы цветков: отвешивают 100 г ЛРС, помещают в плотно закрывающуюся или укупоренную емкость, добавляют 500 мл гексана, плотно закрывают или укупоривают и помещают на механическую мешалку или перемешивают иным способом при комнатной температуре в течение 2 ч. Затем проводят фильтрацию и отжим сырья, остаток ЛРС с фильтра возвращают обратно. Затем снова прибавляют 500 мл гексана и повторяют процесс обезжиривания. Обезжиренное ЛРС после фильтрования и отжима оставляют на несколько суток для естественного удаления остатков обезжиривающего агента. Затем обезжиренное ЛРС используют для экстракции флавоноидов.

При использовании предложенного способа обезжиривания выход флавоноидов при экстракции возрастал в два раза по сравнению с ЛРС, которое не прошло предварительную обработку (рисунок 5).

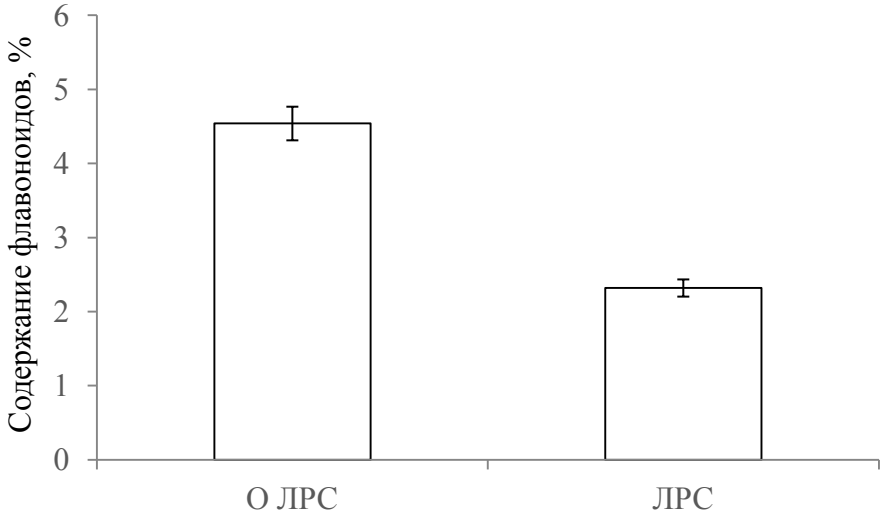

Рисунок 5. – Содержание флавоноидов в обезжиренных календулы цветках (О ЛРС) и календулы цветках без предварительной обработки (ЛРС)

Согласно научной литературе для обезжиривания цветков в аппарате Сокслета в течение 6 ч используют кипящий петролейный эфир и затем проводят экстракцию 80% метанолом [14]. При этом петролейная фракция не содержит фенольных соединений [11].

При воспроизведении данного способа обезжиривания содержание флавоноидов в испытуемых образцах сырья составило 3,24 ± 0,12% при содержании в нативном сырье (экстракция 80% метанолом) 2,48 ± 0,16% ($p = 3{,}6 \cdot 10^{-3}$), что указывает на то, что получение извлечения описанным в литературе методом также повышает экстракцию флавоноидов. Однако при сравнении содержания флавоноидов в извлечениях из календулы цветков, полученных с применением разработанного нами способа обезжиривания (4,54 ± 0,91%) и описанного в литературе способа (3,24 ± 0,12%), выявлено, что разработанный нами способ обезжиривания повышал выход флавоноидов на 40,2% ($p = 3{,}1 \cdot 10^{-3}$) по сравнению с литературным.

При этом в разработанном нами способе помимо повышения выхода веществ отмечается сокращение времени анализа (с 6 ч до двух раз по 2 ч) и обезжиривание при комнатной температуре, что позволяет снизить риск взрывоопасности, который имеет место при кипении низкокипящих растворителей.

Для оценки влияния обезжиривания на качественный состав извлекаемых флавоноидов рассчитали их относительное содержание методом внутренней нормализации. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Качественный состав флавоноидов обезжиренных и необработанных календулы цветков

Название флавоноида	Обезжиренное ЛРС, %	ЛРС, %	Значение p
Тифанеозид	29,1 ± 1,2	28,3 ± 1,0	0,34
Мангаслин	1,82 ± 0,13	1,39 ± 0,04	0,29
Рутин	2,66 ± 0,45	2,27 ± 0,37	0,38
Изокверцитрин	7,24 ± 1,23	7,26 ± 1,01	0,45
Флавоноид (1)	2,70 ± 0,02	2,28 ± 0,02	0,39
Нарцисин	48,2 ± 1,3	49,9 ± 3,5	0,24
Флавоноид (2)	2,32 ± 0,13	2,95 ± 0,25	0,33
Изорамнетина 3-глюкозид	5,96 ± 0,35	5,31 ± 0,46	0,38

Из таблицы 2 видно, что относительное содержание флавоноидов в обезжиренных и необработанных календулы цветках практически одинаково, что указывает на то, что обезжиривание не влияет на качественный состав извлекаемых флавоноидов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что обезжиривание календулы цветков увеличивает суммарный выход флавоноидов при экстракции, не влияя на их качественный состав.

Подобраны параметры обезжиривания календулы цветков, обеспечивающие увеличение экстракции флавоноидов: обезжиривающий агент – гексан; продолжительность обезжиривания – 2 ч; соотношение сырья и обезжиривающего агента – 1 к 5; кратность обезжиривания – двукратно. После проведения обезжиривания при указанных условиях содержание флавоноидов увеличивается в два раза по сравнению с необработанным сырьем, что на 40,2% больше по сравнению с известным способом обезжиривания данного ЛРС.

Статистически значимыми факторами обезжиривания, влияющими на экстракцию флавоноидов из календулы цветков, являются вязкость, относительная плотность и температура кипения растворителя, а также соотношение сырья и обезжиривающего агента, продолжительность и кратность обезжиривания.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ от 04.05.2020 № М20М-059.

SUMMARY

R. I. Lukashou

CALENDULA FLOWERS DEFATTING AS A WAY TO INCREASE FLAVONOIDS EXTRACTION

Calendula officinalis is widely used as a

source of reparative, wound healing, antiulcer, local anti-inflammatory, antiseptic, antispasmodic and choleretic agents. Calendula flowers are harvested as medicinal plant raw material, they are used to obtain mono-, polycomponent and combined drugs and standardized according to flavonoids.

The article presents the results of the study on the effect of defatting parameters on flavonoids extraction from calendula flowers. We studied the influence of the nature of the defatting agent (viscosity, relative density, boiling point, dielectric constant of the solvent), the ratio of plant raw materials and defatting agent, the duration and frequency of defatting. Preliminary two-fold defatting of calendula flowers with hexane for two hours at the ratio of plant raw materials and defatting agent of 1 to 5, followed by further removal of hexane under natural conditions, doubles subsequent extraction of flavonoids in comparison with the native (untreated) plant raw material. The presence of preliminary defatting stage does not affect qualitative composition of the extracted flavonoids. Viscosity, relative density and boiling point of the defatting agent, its ratio with the plant raw material, duration and frequency of defatting have a statistically significant effect on flavonoids extraction.

Keywords: calendula flowers, defatting, flavonoids, extraction increase.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Calendula officinalis* L., flos [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Herbal_-_HMPC_assessment_report/2009/12/WC500018122.pdf. – Date of access: 27.07.2021.

2. Реестр лекарственных средств Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении. – Режим доступа: http://www.rceth.by/refbank/. – Дата доступа: 28.07.2021.

3. Государственная фармакопея Республики Беларусь: (ГФ РБ II): в 2 т. : введ. в действие с 1 июля 2016 г. приказом М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31.03.2016 г. № 270. – Т. 2: Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении ; [под общ. ред. С. И. Марченко]. – Молодечно: Победа, 2016. – 1368 с.

4. Каротиноиды лепестков цветков календулы / В. И. Дейнека [и др.] // Науч. ведомости Белгородского гос. ун-та. Сер. Естественные науки. – 2011. – № 9. – С. 279–287.

5. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю. С. Тараховский [и др.]. – Пущино: Synchrobook, 2013. – 310 с.

6. Технология лекарств промышленного производства: учеб. для студентов высш. учеб. заведений : в 2 ч. : пер. с укр. / В. И. Чуешов [и др.]. – Винница: Нова Книга, 2014. – Ч. 2. – 593 с.

7. Химический анализ лекарственных растений: учеб. пособие / Е. А. Ладыгина [и др.] ; под ред. Н. И. Гринкевич, Л. Н. Сафронич. – Москва: Высш. школа, 1983. – 176 с.

8. Бирюлин, С. И. Выделение углеводов из растительного сырья и их идентификация с применением капиллярного электрофореза / С. И. Бирюлин, Н. Е. Посокина, М. В. Тришканева // Овощи России. – 2019. – № 5. – С. 84–87.

9. Зилфикаров, И. Н. Обработка лекарственного растительного сырья сжиженными газами и сверхкритическими флюидами / И. Н. Зилфикаров, В. А. Челомбитько, А. М. Алиев ; под ред. В. А. Челомбитько. – Пятигорск, 2007. – 244 с.

10. Лукашов, Р. И. Предварительное обезжиривание травы золотарника канадского [Электронный ресурс] / Р. И. Лукашов, Н. С. Гурина // Современные достижения фармацевтической науки и практики : материалы Междунар. конф., посвящ. 60-летию фармацевт. фак. учреждения образования «Витебский гос. ордена Дружбы народов мед. ун-т», Витебск, 31 окт. 2019 г. / под ред. А. Т. Щастного. – Витебск: ВГМУ, 2019. – С. 111–114. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

11. Thin-layer chromatography analysis and scavenging activity of marigold (Calendula officinalis L.) extracts / G. S. Cetkovic [et al.] // APTEFF. – 2003. – Vol. 34. – P. 93–102.

12. Лукашов, Р. И. Влияние природы и концентрации органических экстрагентов на извлечение флавоноидов из календулы цветков / Р. И. Лукашов // Вестн. Витебского гос. мед. ун-та. – 2018. – Т. 17, № 5. – С. 109–123.

13. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. – Санкт-Петербург: Иван Федоров, 2003. – 240 с.

14. Effects of Flavonoid Fractions from Calendula officinalis Flowers in Parent and Tamoxifen Resistant T47D Human Breast Cancer Cells / S. N. Ostad [et al.] // Iranian J. of Pharmaceutical Sciences. – 2005. – Vol. 1, N 3. – P. 161–166.

REFERENCES

1. *Calendula officinalis* L., flos [Electronic resource]. Mode of access: http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Herbal_-_HMPC_assessment_report/2009/12/WC500018122.pdf. Date of access: 27.07.2021

2. Tsentr ekspertiz i ispytanii v zdra-

vookhranenii. Register of medicines of the Republic of Belarus [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: http://www.rceth.by/refbank/. Data dostupa: 28.07.2021. (In Russ.)

3. Ministerstvo zdravookhraneniia Respubliki Belarus', Tsentr ekspertiz i ispytanii v zdravookhranenii. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: v 2 t. T. 2. Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal herbal raw materials. Marchenko SI, redactor. Molodechno, RB: Pobeda; 2016. 1368 s. (In Russ.)

4. Deineka VI, Gostishchev IA, Tret'iakov MIu, Indina IV. Carotenoids of calendula flower petals. Nauch Vedomosti Belgorodskogo Gos Un-ta. Ser Estestvennye nauki. 2011;(9):279–87. (In Russ.)

5. Tarakhovskii IuS, Kim IuA, Abdrasimov BS, Muzafarov EN. Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine. Pushchino, RF: Sunchrobook; 2013. 310 s. (In Russ.)

6. Chueshov VI, Gladukh EV, Saiko IV, Liapunova OA, Sichkar' AA, Krutskikh TV i dr. Industrial drug technology: ucheb dlia studentov vyss ucheb zavedenii : v 2 ch : per s ukr. Vinnitsa, Ukraina: Nova Kniga; 2014. Chast' 2. 593 s. (In Russ)

7. Ladygina EIa, Safronich LN, Otriashchenkova VE, Balandina IA, Grinkevich NI, Sorokina AA i dr. Chemical analysis of medicinal plants: ucheb posobie. Grinkevich NI, Safronich LN, redaktory. Moskva, RF: Vyssh shkola; 1983. 176 s. (In Russ.)

8. Biriulin SI, Posokina NE, Trishkaneva MV. Isolation of carbohydrates from plant materials and their identification using capillary electrophoresis. Ovoshchi Rossii. 2019;(5):84–7. doi: 10.18619/2072-9146-2019-5-84-87. (In Russ.)

9. Zilfikarov IN, Chelombit'ko VA, Aliev AM. Treatment of medicinal plant materials with liquefied gases and supercritical fluids. Chelombit'ko VA, redactor. Piatigorsk RF; 2007. 244 s. (In Russ.)

10. Lukashov RI, Gurina NS. Preliminary degreasing of Canadian goldenrod herb [Elektronnyi resurs]. V: Shchastnyi AT, redaktor. Sovremennye dostizheniia farmatsevticheskoi nauki i praktiki [CD-ROM]. Materialy Mezhdunar konf, posviashch 60-letiiu farmatsevt fak uchrezhdeniia obrazovaniia «Vitebskii gos ordena Druzhby narodov med un-t»; 2019 Okt 31; Vitebsk, Belarus'. Vitebsk, RB: VGMU; 2019. s. 111–4. (In Russ.)

11. Cetkovic GS, Djilas M, Canadanovic-Brunet MJ, Tumbas TV. Thin-layer chromatography analysis and scavenging activity of marigold (Calendula officinalis L.) extracts. APTEFF. 2003;34:93–102. doi: 10.2298/APT0334093C

12. Lukashov RI. Influence of the nature and concentration of organic extractants on the extraction of flavonoids from calendula flowers. Vestn Vitebskogo Gos Med Un-ta. 2018;17(5):109–23. doi: 10.22263/2312-4156.2018.5.109. (In Russ.)

13. Ravdel' AA, Ponomareva AM, redaktory. Brief reference book of physical and chemical quantities. Sankt-Peterburg, RF: Ivan Fedorov; 2003. 240 s. (In Russ.)

14. Ostad SN, Monsef-Esfahani HR, Taheri S, Azizi E, Faramarzi MA. Effects of Flavonoid Fractions from Calendula officinalis Flowers in Parent and Tamoxifen Resistant T47D Human Breast Cancer Cells. Iranian J of Pharmaceutical Sciences. 2005;1(3):161–6

Адрес для корреспонденции:
220116, Республика Беларусь,
г. Минск, пр-т Дзержинского, 83,
УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
кафедра фармацевтической химии,
тел.: 8 (017) 2794218,
e-mail: r_lukashov@mail.ru,
Лукашов Р.И.

Поступила 28.12.2021 г.

УДК 632.425 DOI: https://doi.org/10.52540/2074-9457.2022.1.56

Г. Н. Бузук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРОФНОСТИ ПОЧВ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ. СООБЩЕНИЕ 4. ПОЧВЕННАЯ МАТРИЦА

г. Витебск, Республика Беларусь

Целью настоящей работы была разработка способа определения удельного электрического сопротивления (УЭС) почвенной матрицы. Поставленная цель достигается тем, что одновременно с измерением УЭС в полевых условиях с помощью емкостного датчика проводят определение объемной влажности почвы. Малоинвазивным способом с помощью предложенного устройства и спирального бура отбирают образцы для опре-