2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-522-530
УДК 615.322:633.864
Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Экстракция растительных пигментов из местного сырья

Н. Г. Костина*, Т. В. Подлегаева, И. Ю. Сергеева

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru*

Дата поступления в редакцию: 16.10.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© Н. Г. Костина, Т. В. Подлегаева, И. Ю. Сергеева, 2019

Аннотация.
Введение. Обогащение продуктов питания биологически активными веществами, в том числе растительными пигментами, является перспективным направлением замены синтетических красителей. Использованию пряно-ароматических растений в этих целях уделяется недостаточное внимание. Целью исследований являлось извлечение пигментов зеленого цвета, основу которых составляют хлорофиллы.
Объекты и методы исследования. Объектом исследования служила зелень петрушки сушеной (*Petroselinum vulgare*). Для получения вытяжки из петрушки рассматривали следующие экстрагенты: ацетон, спирт этиловый питьевой (95 %), гексан, петролейный эфир и хлороформ.
Результаты и их обсуждение. Определяющим показателем для выбора экстрагента являлось суммарное содержание хлорофиллов и каротиноидов. Было установлено, что максимальная степень извлечения наблюдалась при использовании ацетона. Так как этот растворитель запрещен к использованию в пищевой промышленности, то в качестве экстрагента был выбран 95 % этиловый спирт, показывающий высокую степень извлечения хлорофиллов. Опытным путем было установлено соотношение исходного сырья и экстрагента (трехкратная экстракция при массовом соотношении зелени петрушки и экстракта 1:60), и определено время каждой экстракции – 0,5 ± 0,1 ч. Сохранность красящих веществ повышена с помощью карбоната магния ($MgCO_2$). Полученный экстракт с целью повышения концентрации красящих веществ был подвержен сгущению при остаточном давление – 400 Па и температуре – 40 °С.
Выводы. Полученный концентрат из зелени петрушки сушеной можно использовать при производстве комбинированных продуктов питания.

Ключевые слова. Растительное сырье, хлорофилл, каротиноиды, экстракция, этанол

Для цитирования: Костина, Н. Г. Экстракция растительных пигментов из местного сырья / Н. Г. Костина, Т. В. Подлегаева, И. Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 522–530. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-522-530.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Extraction of Plant Pigments from Local Raw Materials

N.G. Kostina*, T.V. Podlegaeva, I.Yu. Sergeeva

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

**e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru*

Received: October 16, 2019
Accepted: November 15, 2019

© N.G. Kostina, T.V. Podlegaeva, I.Yu. Sergeeva, 2019

Abstract.
Introduction. Violation of the ecological balance and modern processing methods may result in a lower content of important nutrients in food. Therefore, there is a need to restore the balance of biologically active substances in food products. In this regard, it seems appropriate to use plant materials that contain biologically active substances, as well as pigments. The use of aromatic plants for these purposes remains understudied. The research objective was to extract chlorophyll-based green pigments based from green plants.
Study objects and methods. The object of the study was dried parsley (*Petroselinum vulgare*). The extractants included acetone, ethyl alcohol (95%), hexane, petroleum ether, and chloroform.
Results and discussion. The extractants were chosen according to the total content of chlorophylls, which determine the color of the extract. Since carotenoids are extracted along with chlorophylls, the content of this component was also determined. Acetone

demonstrated the maximum degree of chlorophyll recovery. However, this solvent cannot be used in food industry. Therefore, 95% ethanol, which also showed a high degree of chlorophyll extraction, was chosen as the extractant. A set of experiments made it possible to establish the ratio of feedstock and extractant as 1:60 (three times extraction with a mass ratio of parsley and extract); the optimal time of each extraction was 0.5 ± 0.1 h. Magnesium carbonate ($MgCO_2$) helped to preserve the dyes. In order to increase the concentration of coloring substances, the obtained extract was subjected to thickening at a residual pressure of 400 Pa at 40°C.
Conclusion. The obtained concentrate from dried parsley can be used in production of combined foods.

Keywords. Plant materials, chlorophyll, carotenoids, extraction, ethanol

For citation: Kostina NG, Podlegaeva TV, Sergeeva IYu. Extraction of Plant Pigments from Local Raw Materials. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):522–530. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-522-530.

Введение

Важной задачей государственной политики в области питания является улучшение структуры рациона населения. В природе нет продуктов, которые содержали бы все необходимые человеку нутриенты (исключение – материнское молоко). Нарушение экологического равновесия, применение современных методов выращивания и обработки сырья нередко приводят к снижению содержания в пищевых продуктах важных нутриентов. Увеличение количества заболеваний, в том числе онкологических, у людей, проживающих в неблагоприятных экологических условиях, призывает к разработке эффективных способов защиты человека от воздействия негативных факторов внешней среды [1, 2]. При этом возникает особая необходимость восстановления баланса биологически активных веществ. В современных условиях особую роль приобретает разработка технологии производства продукции с использованием в качестве источника биологически активных веществ местного растительного сырья.

Пищевые добавки, полученные из натурального сырья, обладают не только лечебно-профилактическим свойствами, но и являются мощными антиоксидантами. Их применение в технологии продуктов питания дает ряд преимуществ перед синтетическими. Позволяет, кроме расширения ассортимента, повысить биологическую ценность, а также увеличить срок хранения, что является важным фактором в современном производстве.

Использование в современных производственных условиях пищевых добавок синтетического происхождения экономически выгодно. Но ксенобиотики, попадая в организм человека и участвуя в процессах обмена веществ, приводят к разбалансировке основных функций и развитию различных заболеваний. Поэтому проблема использования в питании пищевых ингредиентов, в частности пищевых добавок природного происхождения, включая красители, является актуальной. Среди природных красителей, используемых в пищевых целях, особо дефицитен зеленый, поэтому извлечение его из растительного сырья имеет большое практическое значение.

В современных условиях актуальным является использование местного растительного сырья. Это способствует значительному снижению затрат как на само сырье, часто дорогостоящее, но с аналогичными или близкими по значению основными физико-химическими показателями, так и сокращению расходов, связанных с доставкой его на производство. Одним из распространенных пряноароматических растений является растение рода *Petroselinum* – петрушка, семейства зонтичных [14]. По своему химическому составу и присутствию значительного спектра биологически активных компонентов, в том числе витаминов и минеральных веществ, она относится к числу наиболее ценных растений.

Так, в состав зелени *Petroselinum vulgare* (петрушки обыкновенной) входят: белки (3,7 %), липиды (0,4 %), моно- и дисахариды (6,8 %), крахмал (1,2 %), клетчатка (1,5 %); витамины: B_1 (0,05 мг/100 г), B_2 (0,05 мг/100 г), PP (0,7 мг/100 г), C (150 мг/100 г), каротин (5,7 мг/100 г); минеральные вещества: натрий (79 мг/100 г), калий (245 мг/100 г), магний (85,1 мг/100 г), фосфор (95 мг/100 г), железо (1,9 мг/100 г). Также в составе есть марганец, алюминий, литий, титан, ванадий, молибден, никель и другие вещества. Найдены флавоноиды (апиин, лютеолин, апигенин, кверцетин), пектиновые вещества, эфирное масло (до 6 %), фолиевая кислота [5].

По содержанию аскорбиновой кислоты петрушка превосходит многие фрукты и овощи. В 100 г молодых зеленых побегов растения содержится примерно две суточные нормы витамина С. Это в 10 раз больше, чем в листьях салата и почти в 4 раза больше, чем в лимонах. По содержанию β-каротина петрушка не уступает моркови: в 100 г листьев содержится две суточные нормы β-каротина для человека – до 12 мг [5].

Благодаря такому наличию разнообразных полезных компонентов в своем составе с давних времен петрушка известна своими лечебными свойствами. Ее применяют для повышения аппетита у больных, усиления секреции пищеварительных желез, нормализации работы сердечно-сосудистой системы. Как дезинфицирующее и противовоспалительное средство *Petroselinum* применяют при болезнях почек, печени, желчного пузыря. Сок, полученный из свежих листьев, оказывает положительное влияние на регулирование процессов окисления в организме, на поддержание нормальной функции надпочечников

и щитовидной железы. Бактерицидные свойства петрушки используют при воспалительных процессах в деснах и на слизистой рта, при диабете.

В петрушке находится значительное количество солей калия, важной особенностью которых является их мочегонное свойство, при этом выводятся продукты обмена веществ. Данное свойство широко используется в лечебном питании для больных с нарушенным кровообращением [5].

Зеленый цвет петрушки обусловлен наличием в ней хлорофилла, в основу строения которого входят соли магния. Значение этих солей в обеспечении нормальной жизнедеятельности организма велико. Магний нормализует жировой и холестериновый обмен, ускоряет обезвреживание некоторых ядов, стимулирует желчевыделение [5].

Красящие вещества растительного происхождения разнообразны по химическому составу и структуре. Наиболее широко распространены красящие пигменты, относящиеся по химической природе к флавоноидным и каротиноидным соединениям, которые являются основой красных, оранжевых и желтых красителей. β-каротин служит для защиты иммунной системы, профилактики гастроэнтерологических, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, известен как антиокислитель. Флавоноиды обладают антиоксидантным, капилляроукрепляющим, желчегонным, гепатопротекторным, противовирусным и антимикробным действием [5].

В зависимости от растворимости в воде пигменты, содержащиеся в растительном сырье, делятся на две группы: растворимые в воде, находящиеся в соке растений (лепестках цветков, ягодах, фруктах и т. п.), и нерастворимые в воде – хлорофилл, каротин, присутствующие в хлоропластах клеток листьев зеленых растений, фруктов, овощей и т. п. [6].

Хлорофилл является одним из наиболее распространенных красящих веществ, обуславливающих окраску практически всего растительного мира. Также хлорофилл способен превращать энергию солнечных лучей в энергию химических связей органических соединений.

Зеленый пигмент большинства растений состоит из двух видов соединений: хлорофилла «а» ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) сине-зеленого цвета и хлорофилла «в» ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) желто-зеленого. Они отличаются разной степенью окислениях некоторыми другими свойствами. Строение двух видов данных соединений идентично – магниевые соли тетрапиррола. Однако у хлорофилла «в» второй пиррольный остаток вместо метильной группы, как у хлорофилла «а», содержит альдегидную.

Хлорофиллы характеризуются наличием в своем составе порфиринового кольца. Порфириновое кольцо – это плоская квадратная структура, состоящая из четырех меньших колец (I–IV), каждое из которых содержит по одному атому азота, способному взаимодействовать с атомами металлов. В хлорофилле таким металлом является магний. У разных хлорофиллов разные боковые цепи и это несколько изменяет их спектры поглощения.

Отличительной чертой химической структуры молекулы хлорофилла является присутствие сопряженной системы двойных связей, образующей кольцо с атомом магния в центре, обусловливающих определенные оптические свойства и высокую фотохимическую активность. Совокупность этих особенностей определяет отличия в спектрах поглощения хлорофиллов «а», «в» и зеленый цвет пигмента, который объясняется непоглощенными зелеными лучами.

Структурная формула хлорофилла «а» свидетельствует о том, что пигмент представляет собой сложный эфир двухосновной кислоты и двух спиртов – метилового и высокомолекулярного непредельного спирта фитола. Именно наличие остатка фитола в хлорофилле придает последнему липидные свойства, проявляющиеся в его растворимости в жировых растворителях.

Хлорофилл «а» представляет собой воскообразный порошок черно-синего цвета, хорошо растворяющийся в эфире, этиловом спирте, хлороформе, сероуглероде и бензоле, и слаборастворимом в холодном этиловом спирте и в петролейном эфире. Алкогольные растворы имеют сине-зеленый оттенок. Хлорофилл «в» также трудно растворим в петролейном эфире, легко – в алкоголе и эфире. Цвет эфирных и свежих алкогольных ацетоновых растворов светло-зеленый.

На разрушение хлорофилла оказывает влияние свет, повышенные температуры, действие щелочей. При комнатной температуре в растворе хлорофиллы «а» и «в» подвергаются изомеризации. Кислород воздуха разрушает хлорофилл только в присутствии света, а последний – лишь при наличии кислорода. Чистый хлорофилл в воде нерастворим, но образует коллоидный раствор. Для извлечения хлорофилла растительный материал обычно экстрагируют углеводородами с добавкой спирта, ацетона. В спирте и водно-спиртовых смесях он дает истинные растворы [7–9].

Хлорофилл неустойчив в кислых средах, так как из-за замены комплексно-связанного магния на водород образуется феофитин, имеющий бурую окраску. Феофитин – биологически активное вещество, обладающее антимикробным и заживляющим действием. Кроме того, феофитин, как и хлорофилл, обладает противоокислительным действием. Более жесткая обработка кислотой приводит к отщеплению этерифицирующего спирта (фитола). В результате образуется водорастворимый феофорбид. Феофорбиды и их метиловые эфиры, а также хлорофиллид являются продуктами щелочного гидролиза хлорофиллов в отсутствии кислорода. Красящие вещества,

входящие в состав хлорофиллового зерна, помимо участия в ассимиляции, являются провитаминами – веществами, которые в организме человека и животных легко превращаются в высокоактивные витамины. Важным является и то, что по своему строению хлорофилл близок к некоторым важным дыхательным ферментам (пероксидазе, каталазе и цитохромоксидазе), а также к красящему веществу крови – гему.

Повысить устойчивость хлорофилла возможно проведя замену магния на медь, натрий или калий. Так получают водо-растворимые комплексы хлорофиллина – продукта частичного гидролиза хлорофилла. Полученная структура обусловливает стойкий ярко-зеленый цвет препаратов, а также их высокую биологическую активность. Препараты не только не токсичны, но и в некоторых случаях устраняют или снижают действие токсинов или аллергенов [10] .

Таким образом, хлорофилл и его производные широко используют в качестве красящих веществ, обладающих высокой биологической и фармакологической ценностью в пищевой и фармацевтической промышленности [11, 12]. Учитывая вышесказанное, представляется целесообразным изучить физико-химические показатели, качественный и количественный состав продуктов переработки петрушки с учетом использования в производстве пищевых продуктов в качестве натурального красителя.

Хлорофилл извлекают путем экстрагирования зеленого растительного материала углеводородами, этиловым спиртом или ацетоном [13]. Поэтому для исследования нами было выбрано пять типов экстрагентов: ацетон, спирт этиловый питьевой (95 %), гексан, петролейный эфир и хлороформ.

Целью работы является разработка способа получения экстракта из растительного сырья и исследование оптимальных параметров для извлечения красящих веществ из листьев *Petroselinum* – петрушки огородной, подвергнутой сушке.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись листья петрушки обыкновенной рода *Petroselinum vulgare* в сухом виде, концентраты петрушки, полученные, экстрагированием ацетоном, спиртом этиловым питьевым (95 %), гексаном, петролейным эфиром и хлороформом.

При разработке способа извлечения красящих веществ и получения пищевого концентрата зеленого цвета был выбран тип экстрагента, его концентрация и время экстрагирования. В целях снижения уровня кислотности концентрата в ходе экстракции использовали карбонат магния ($MgCO_3$). Карбонат магния (Е504 (i)) как пищевая добавка разрешен к применению в пищевой промышленности органами здравоохранения [3].

Сгущение концентрата проводили в роторно-пленочном испарителе RVO–64 (остаточное давление – 400 Па, температура – 40 °С).

Массовую долю хлорофиллов и каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом. Для этого проводили измерения оптической плотности вытяжки (экстракта) пигментов на спектрофотометре UNICU 2100 при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов «а» (663 нм), «в» (645 нм) и максимуме поглощения каротиноидов (440,5 нм). Расчет концентрации пигментов вели по уравнениям Ветштейна и Хольма [4].

Результаты и их обсуждение

В ходе эксперимента с применением вышеуказанных экстрагентов были получены концентраты из зелени петрушки сушеной. Определяющим показателем для окончательного выбора экстрагента являлось гигиеническая безопасность растворителя, а также суммарное содержание хлорофиллов, обусловливающих цвет вытяжки. Так как наряду с хлорофиллами экстрагируются каротиноиды, то определяли содержание и этих веществ.

Полученные результаты представлены в таблице 1.

В ходе эксперимента было установлено, что максимальная степень хлорофиллов «а» и «в» наблюдалась при использовании ацетона. Содержание хлорофиллов в вытяжке из ацетона примерно на 5 % больше, чем в экстракте, полученным с применением этилового спирта. Так как ацетон запрещен к использованию в пищевой промышленности, то в качестве экстрагента был

Таблица 1. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в экстракте с использованием различных экстрагентов, (А + а), п = 10

Table 1. Content of chlorophylls and carotenoids in the extract using various extractants, (A + a), n = 10

Тип экстрагента	Содержание, мг/100г			
	Хлорофилл «а»	Хлорофилл «в»	Сумма хлорофиллов «а» и «в»	Сумма каротиноидов
Ацетон	438,43 ± 0,30	360,31 ± 0,13	798,74 ± 0,34	44,23 ± 0,11
Спирт этиловый	390,99 ± 0,12	368,21 ± 0,20	759,20 ± 0,32	88,57 ± 0,13
Гексан	321,15 ± 0,10	282,12 ± 0,11	603,27 ± 0,21	94,21 ± 0,22
Петролейный эфир	305,18 ± 0,21	343,14 ± 0,11	648,32 ± 0,32	75,37 ± 0,12
Хлороформ	290,20 ± 0,29	257,27 ± 0,24	547,47 ± 0,53	58,28 ± 0,21

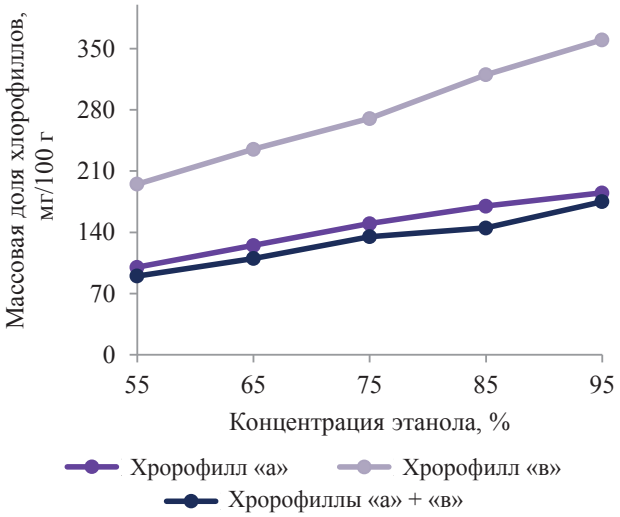

Рисунок 1. Зависимость содержания хлорофиллов в экстракте от концентрации этанола

Figure 1. Effect of ethanol concentration on the content of chlorophylls in the extract

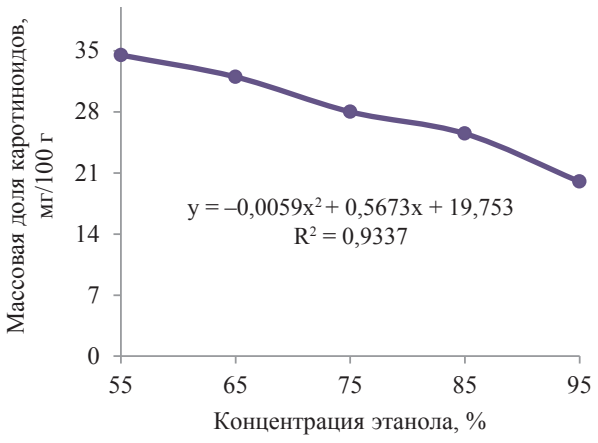

Рисунок 2. Зависимость содержания каротиноидов в экстракте от концентрации этанола

Figure 2. Effect of ethanol concentration on the content of carotenoids in the extract

выбран 95 % этиловый спирт, показывающий высокую степень извлечения суммы хлорофиллов «а» и «в».

С целью максимального извлечения зеленых пигментов из сырья были использованы различные концентрации этанола: 95, 85, 75, 65 и 55 %. Была установлена зависимость степени извлечения хлорофиллов «а», «в» и каротиноидов от процентного содержания спирта. Полученные данные графически представлены на рисунках 1 и 2. Анализируя степень извлечения магниевых комплексов тетрапирролов порфиринового строения следует, что данные зависимости носят линейный характер (рис. 1).

Для получения математической модели проведен статистический анализ и получены следующие уравнения регрессии:

степень извлечения хлорофилла «а» (Y1)

$$Y1 = 2{,}18 \cdot X - 15{,}58, \quad R^2 = 0{,}96 \qquad (1)$$

степень извлечения хлорофилла «в» (Y2)

$$Y2 = 1{,}89 \cdot X - 13{,}54, \quad R^2 = 0{,}97 \qquad (2)$$

сумма хлорофиллов «а» и «в» (Y3)

$$Y3 = 4{,}7 \cdot X - 29{,}12, \quad R^2 = 0{,}98 \qquad (3)$$

где X – концентрация этанола, %;

R^2 – коэффициент множественной корреляции.

Выявлено, что снижение концентрации этанола приводит к уменьшению содержания хлорофиллов «а» и «в», а также к увеличению содержания каротиноидов.

Так как наша задача – извлечь из растительного сырья хлорофиллы, а каротиноиды мы рассматриваем как сопутствующий биологически активный компонент, то из полученных данных следует, что экстракт с применением 95 % этилового спирта является наиболее богатым по содержанию магниевых комплексов тетрапирролов порфиринового строения.

Соотношение расхода масс экстрагента и твердых частиц оказывает существенное влияние на скорость процесса и полноту извлечения экстрагируемого вещества. Чем больше масса экстрагента по отношению к массе твердых частиц, тем в меньшей степени повышается его концентрация при извлечении одного и того же количества экстрагируемого вещества [15].

Дальнейшие исследования проводились по определению параметров экстракции. С этой целью были проведены следующие виды экспериментов:

– массовое соотношение зелень – экстрагент 1:20, продолжительность экстракции 24 ч;

– массовое соотношение зелень – экстрагент 1:40, продолжительность экстракции 24 ч;

– осуществляется трехкратная экстракция, массовое соотношение зелень – экстаргент 1:60, продолжительность каждой экстракции 24 ч. Фильтрат собирается в отдельную емкость;

– осуществляется трехкратная экстракция зелень – экстрагент 1:30, продолжительность каждой экстракции 24 ч. Фильтрат собирается в общую емкость.

Опытным путем была установлена степень извлечения экстрагируемых веществ зелени петрушки сушеной от выбора массового соотношения зелени и растворителя. Результаты опытов представлены в таблице 2.

Проведенные исследования показали, что при трехкратной экстракции и массовом соотношении

Таблица 2. Выбор оптимальных условий экстракции (A ± a), n = 10

Table 2. Optimal extraction conditions (A ± a), n = 10

№ опыта	Массовая доля, мг/100г			
	Хлорофилл «а»	Хлорофилл «в»	Сумма хлорофиллов «а» и «в»	Сумма каротиноидов
1	146,47 ± 0,34	102,20 ± 0,13	248,67 ± 0,43	38,22 ± 0,15
2	231,14 ± 0,22	175,14 ± 0,11	406,28 ± 0,30	44,40 ± 0,12
3	390,99 ± 0,12	368,21 ± 0,20	789,20 ± 0,32	88,57 ± 0,14
4	374,83 ± 0,22	298,24 ± 0,10	637,07 ± 0,34	68,71 ± 0,26

зелени петрушки – экстракта 1:60 полученный концентрат содержит хлорофиллов в 1,2 раза больше, а содержание каротиноидов в нем в 1,3 раза выше, чем в экстракте, полученном в опыте № 4.

Из литературных источников известно, что низкочастотные механические колебания значительно интенсифицируют процесс извлечения экстрактивных веществ из растений [16, 17]. Кроме того, применение электромагнитной мешалки сокращает процесс экстракции. Поэтому в ходе проведения эксперимента была использована магнитная мешалка. Это позволило сократить продолжительность экстракции с 24 ч до 1,5 ч.

При извлечении хлорофиллов и каротиноидов из зелени петрушки огородной была выявлена зависимость содержания пигментных веществ от продолжительности экстракции (рис. 3 и 4).

Из представленных рисунков видно, что максимальное извлечение хлорофиллов и каротиноидов из петрушки сушеной происходит впервые 0,5 ч, затем наблюдается наступление равновесной концентрации. На основании экспериментальных исследований можно сделать вывод, что экстракцию следует проводить в течение 0,5 ч. Дальнейшее увеличение продолжительности экстрагирования нецелесообразно, т. к. содержание красящих веществ при дальнейшей экстракции не изменяется.

Известно, что хлорофиллы и каротиноиды чувствительны к изменениям pH. Наряду с общим увеличением суммы хлорофиллов и каротиноидов в системе за счет экстрагирования новых партий хлорофиллов и каротиноидов концентрата, происходит разрушение части уже извлеченных пигментов под действием органических кислот. С целью предотвращения этого процесса в систему вводили 0,1–1,0 % $MgCO_3$ от количества сырья, который связывает кислоты и тем самым понижает кислотность экстракта из зелени петрушки, а также способствует стабилизации цвета. Экстракт из петрушки огородной представляет собой прозрачную жидкость изумрудно-зеленого цвета.

Определены следующие условия процесса экстракции: экстрагент – 95 % этиловый спирт, массовое соотношение зелень – спирт – 1:60, трехкратная экстракция, температура – 20 ± 2 °С, продолжительность экстракции – 0,5 ± 0,1 ч.

С целью выбора оптимальных параметров концентрирования растительного экстракта были проведены опыты по выпариванию экстрагента (95 % этилового спирта) в роторно-пленочном испарителе RVO–64. Найдены оптимальные условия, при которых процесс концентрирования будет эффективен: остаточное давление – 400 Па,

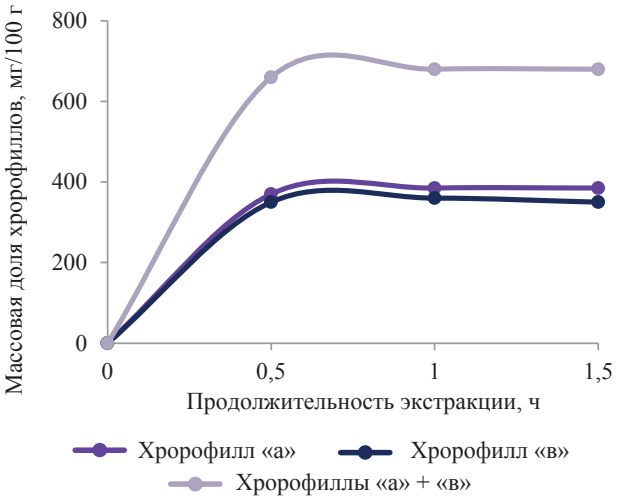

Рисунок 3. Зависимость содержания хлорофиллов в экстракте от продолжительности экстракции

Figure 3. Effect of extraction time on the content of chlorophylls in the extract

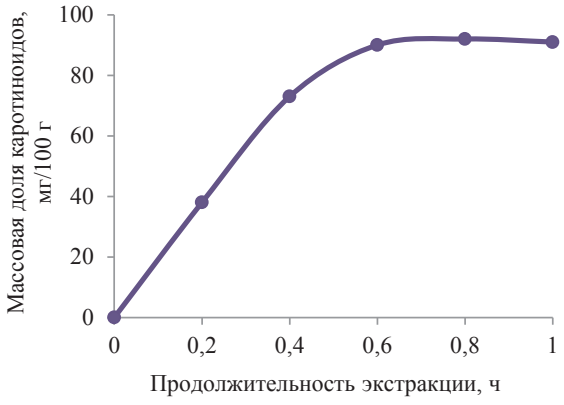

Рисунок 4. Зависимость содержания каротиноидов в экстракте от продолжительности экстракции

Figure 4. Effect of extraction time on the content of carotenoids in the extract

температура – 40 °C. При этом: содержание хлорофилла «а» – 1681,9392 мг/100 г; содержание хлорофилла «в» – 978,90715 мг/100 г; содержание каротиноидов – 1281,2859 мг/100 г.

Выводы

Разработан способ получения концентрата из зелени петрушки сушеной для его использования при производстве комбинированных продуктов. Исследована экстракция сушеной зелени петрушки огородной пятью растворителями. Показаны преимущества 95 % этилового спирта при извлечении пигментов. Рациональным режимом экстрагирования является трехкратная экстракция 95 % этиловым спиртом в присутствии карбоната магния ($MgCO_2$), продолжительность каждой экстракции 0,5 ± 0,1 ч. Концентрацию экстракта проводят в условиях: температура 40 ± 2 °C, остаточное давление 400 ± 40 Па, до достижения массовой доли сухих веществ 75–80 %.

Критерии авторства

Н. Г. Костина руководила проектом, Т. В. Подлегаева и И. Ю. Сергеева принимали участие в экспериментальных исследованиях.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

Contribution

N.G. Kostina supervides the project; T.V. Podlegaeva and I.Yu. Sergeeva took part in experimental studies.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Investigating antibiotic activity of the *Genus bacillus* strains and properties of their bacteriocins in order to develop next-generation pharmaceuticals / M. I. Zimina, S. A. Sukhih, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 92–100. DOI: http://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-92-100.

2. Prosekov, A. Yu. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents / A. Yu. Prosekov, O. V. Mudrikova, O. O. Babich // Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – Vol. 67, № 5. – P. 474–477. DOI: https://doi.org/10.1134/S1061934812030100.

3. Булдаков, А. С. Пищевые добавки / А. С. Булдаков. – СПб. : Ut, 1996. – 240 с.

4. Смирнов, Е. В. Пищевые красители / Е. В. Смирнов – СПб. : Профессия, 2009. – 352 с.

5. Пастушенков, Л. В. Лекарственные растения. Использование в народной медицине и быту / Л. В. Пастушенков, А. Л. Пастушенков, В. Л. Пастушенков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.

6. Schoefs, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. A practical case-by-case view / B. Schoefs // Trac – Trends in Analytical Chemistry. – 2003. – Vol. 22, № 6. – P. 335–339. DOI: https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)00602-2.

7. Quantitative and qualitative profile of biologically active substances extracted from purple echinacea (*Echinacea Purpurea L.*) growing in the Kemerovo region: functional foods application / A. V. Zaushintsena, I. S. Milentyeva, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2019. – Vol. 7, № 1. – P. 84–92. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-84-92.

8. A spectrophotometric method for plant pigments determination and herbs classification / G. Dudek, A. Strzelewicz, M. Krasowska [et al.] // Chemical Papers. – 2014. – Vol. 68, № 5. – P. 579–583. DOI: https://doi.org/10.2478/s11696-013-0502-x.

9. Ethanol outperforms multiple solvents in the extraction of chlorophyll-*a* from biological soil crusts / S. Lan, L. Wu, D. Zhang [et al.] // Soil Biology and Biochemistry. – 2011. – Vol. 43, № 4. – P. 857–861. DOI: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.12.007.

10. Кацерикова, Н. В. Природные пигменты в качестве пищевых добавок (обзор) / Н. В. Кацерикова, Н. Г. Костина // Пищевая промышленность. – 1998. – № 4. – С. 18–19.

11. Detection of pigments and natural colorants from Thai herbal plants for possible use as coloring dyes / P. Boonsong, N. Laohakunjit, O. Kerdchoechuen [et al.] // HortScience. – 2011. – Vol. 46, № 2. – P. 265–272.

12. Наймушина, Л. В. Спектрофотометрическое исследование накопления хлорофилла и его производных в экстрактах мелиссы лекарственной при использовании двухфазной системы растворителей / Л. В. Наймушина, А. Ю. Карасева, Н. В. Чесноков // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: химия. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 281–288.

13. Extraction of chlorophyll-a from eutrophic water by repeated freezing and thawing-extraction method / G. M. Zeng, J. Zhou, T. Huang [et al.] // Asian Journal of Chemistry. – 2014. – Vol. 26, № 8. – P. 2289–2292. DOI: https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.15700.

14. Концентрат из сушеной зелени петрушки как потенциальный источник пищевых красящих веществ / Н. В. Кацерикова, Л. А. Остроумов, Н. Г. Костина [и др.] // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2001. – № 4. – С. 63–64.

15. Ивахнов, А. Д. Сверхкритическая флюидная экстракция хлорофиллов и каротиноидов *Laminaria Digitata* / А. Д. Ивахнов, Т. Э. Скребец, К. Г. Боголицын // Химия растительного сырья. – 2014. – № 4. – С. 177–182.

16. Danilchuk, T. N. Prospects of using extremely low doses of physical factors impact in food biotechnology / T. N. Danilchuk, V. I. Ganina // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 305–313. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-305-313.

17. Comparison of supercritical fluid and ultrasound-assisted extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Dunaliella salina* / M. D. Macias-Sanchez, C. Mantell, M. Rodriguez [et al.] // Talanta. – 2009. – Vol. 77, № 3. – P. 948–952. DOI: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.07.032.

References

1. Zimina MI, Sukhih SA, Babich OO, Noskova SY, Abrashina AA, Prosekov AYu. Investigating antibiotic activity of the Genus bacillus strains and properties of their bacteriocins in order to develop next-generation pharmaceuticals. Foods and Raw Materials. 2016;4(2):92–100. DOI: http://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-92-100.

2. Prosekov AYu, Mudrikova OV, Babich OO. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents. Journal of Analytical Chemistry. 2012;67(5):474–477. DOI: https://doi.org/10.1134/S1061934812030100.

3. Buldakov AS. Pishchevye dobavki [Food additives]. St. Petersburg: Ut; 1996. 240 p. (In Russ.).

4. Smirnov EV. Pishchevye krasiteli [Food dyes]. St. Petersburg: Professiya; 2009. 352 p. (In Russ.).

5. Pastushenkov LV, Pastushenkov AL, Pastushenkov VL. Lekarstvennye rasteniya. Ispol′zovanie v narodnoy meditsine i bytu [Medicinal plants. Use in folk medicine and everyday life]. St. Petersburg: BHV-Petersburg; 2012. 432 p. (In Russ.).

6. Schoefs B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. A practical case-by-case view. Trac – Trends in Analytical Chemistry. 2003;22(6):335–339. DOI: https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)00602-2.

7. Zaushintsena AV, Milentyeva IS, Babich OO, Noskova SY, Kiseleva TF, Popova DG, et al. Quantitative and qualitative profile of biologically active substances extracted from purple echinacea (*Echinacea Purpurea L.*) growing in the Kemerovo region: functional foods application. Foods and Raw Materials. 2019;7(1):84–92. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-84-92.

8. Dudek G, Strzelewicz A, Krasowska M, Rybak A, Turczyn R. A spectrophotometric method for plant pigments determination and herbs classification. Chemical Papers. 2014;68(5):579–583. DOI: https://doi.org/10.2478/s11696-013-0502-x.

9. Lan S, Wu L, Zhang D, Hu C, Liu Y. Ethanol outperforms multiple solvents in the extraction of chlorophyll-*a* from biological soil crusts. Soil Biology and Biochemistry. 2011;43(4):857–861. DOI: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.12.007.

10. Katserikova NV, Kostina NG. Prirodnye pigmenty v kachestve pishchevykh dobavok (obzor) [Natural pigments as food additives (review)]. Food processing Industry. 1998;(4):18–20. (In Russ.).

11. Boonsong P, Laohakunjit N, Kerdchoechuen O, Matta FB. Detection of pigments and natural colorants from Thai herbal plants for possible use as coloring dyes. HortScience. 2011;46(2):265–272.

12. Naimushina LV, Karaseva AYu, Chesnokov NV. Spectrophotometric study of chlorophyll and its derivatives accumulation in melissa officinalis extracts using two-phase solvent system. Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2012;5(3):281–288. (In Russ.).

13. Zeng GM, Zhou J, Huang T, Liu SY, Ji FF, Wang P. Extraction of chlorophyll-a from eutrophic water by repeated freezing and thawing-extraction method. Asian Journal of Chemistry. 2014;26(8):2289–2292. DOI: https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.15700.

14. Katserikova NV, Ostroumov LA, Kostina NG, Vinogradova LA. Kontsentrat iz sushenoy zeleni petrushki kak potentsial′nyy istochnik pishchevykh krasyashchikh veshchestv [Dried parsley concentrate as a potential source of food dyes]. Storage and Processing of Farm Products. 2001;(4):63–64. (In Russ.).

15. Ivakhnov AD, Skrebets TE, Bogolitsyn KG. Supercritical fluid extraction of *Laminaria Digitata* chlorophyll and carotinoids. Chemistry of plant raw material. 2014;(4):177–182. (In Russ.).

16. Danilchuk TN, Ganina VI. Prospects of using extremely low doses of physical factors impact in food biotechnology. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):305–313. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-305-313.

17. Macias-Sanchez MD, Mantell C, Rodriguez M, Martínez de la Ossa E, Lubián LM, Montero O. Comparison of supercritical fluid and ultrasound-assisted extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Dunaliella salina*. Talanta. 2009;77(3):948–952. DOI: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.07.032.

Сведения об авторах

Костина Наталья Геннадьевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0001-8917-7299

Information about the authors

Natalia G. Kostina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0001-8917-7299

Подлегаева Татьяна Викторовна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: tpodlegaeva@yandex.ru

Сергеева Ирина Юрьевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: sergeeva.76@list.ru

Tatiana V. Podlegaeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: tpodlegaeva@yandex.ru

Irina Yu. Sergeeva
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of Department of Foods from Vegetable Raw Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: sergeeva.76@list.ru