ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-14-22
УДК 637.1:663.8

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Использование биологически активных веществ лекарственных растений Сибири в функциональных напитках на основе молочной сыворотки

С. А. Иванова[1], И. С. Милентьева[1], Л. К. Асякина[1], А. А. Лукин[1], О. В. Кригер[2,*], А. Н. Петров[3]

[1] ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

[2] ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 236016, Россия, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14

[3] Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 142703, Россия, г. Видное, ул. Школьная, 78

Дата поступления в редакцию: 18.02.2019
Дата принятия в печать: 29.03.2019

**e-mail: olgakriger58@mail.ru*

© С. А. Иванова, И. С. Милентьева, Л. К. Асякина, А. А. Лукин, О. В. Кригер, А. Н. Петров, 2019

Аннотация. Перспективным направлением в создании функциональных напитков является применение настоев и экстрактов из отечественного растительного сырья, содержащего широкий спектр веществ различной фармакологической направленности. Напитки, обогащенные природными физиологически активными компонентами и создающие определенный уровень их содержания в организме человека, способны оказывать оздоровительное или профилактическое действие на организм человека. Актуальными проблемами являются недостаток технологий эффективного производства биологически активных веществ из растительного сырья и слабая развитость культивируемых ботанических лекарственных видов растений. В работе проведены исследования по изучению качественного и количественного состава биологически активных веществ лекарственных растений – эндемиков Сибири родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) и левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides*), а также представлен способ увеличения их биосинтетической активности. Экспериментально подобран состав питательной среды для культивирования каллусных культур родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) и левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides*) *in vitro*, способствующий увеличению биосинтеза биологически активных веществ. Для каллусных культур родиолы розовой (линия R.r-1k): минеральная основа – MS; сахароза – 30 г; инозит – 100 мг; тиамин – 1,0 мг; пиридоксин – 1,0 мг; Са-пантетонат – 10 мг; кинетин – 0,05 г; НУК – 0,1 г; 2,4-Д – 0,5. Для каллусных культур левзеи сафлоровидной (линия R.c -2k): минеральная основа – SH; сахароза – 30 г; инозит – 100 мг; тиамин – 5,0 мг; пиридоксин – 0,5 мг; никотиновая кислота – 5,0 мг; кинетин – 0,1 г; ИУК – 1,0 г. Разработана технология функционального тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки, обогащенного экстрактом каратиноидов, выделенного из плодов рябины обыкновенной и экстрактом биологически активных веществ родиолы розовой и левзеи сафлоровидной. Наличие в растительном и лекарственном сырье биологически активных веществ придает напитку антиоксидантные и бактерицидные свойства, способствует поднятию общего тонуса организма и укреплению иммунной системы.

Ключевые слова. Биологически активные вещества, эндемики Сибири, молочная сыворотка, функциональный напиток

Для цитирования: Использование биологически активных веществ лекарственных растений Сибири в функциональных напитках на основе молочной сыворотки / С. А. Иванова, И. С. Милентьева, Л. К. Асякина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 14–22. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-14-22.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Biologically Active Substances of Siberian Medical Plants in Functional Wgey-Based Drinks

S.A. Ivanova[1], I.S. Milentyeva[1], L.K. Asyakina[1], A.A. Lukin[1], O.V. Kriger[2,*], A.N. Petrov[3]

[1] Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

[2] Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia

[3] All-Russia Scientific Research Institute of Technology of Canning – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences,

Received: February 18, 2019
Accepted: March 29, 2019

78, Shkolnaya Str., Vidnoe, 142703, Russia

*e-mail: olgakriger58@mail.ru

© S.A. Ivanova, I.S. Milentyeva, L.K. Asyakina, A.A. Lukin, O.V. Kriger, A.N. Petrov, 2019

Abstract. The use of infusions and extracts from domestic plant materials is a promising direction in the development of functional beverages since they contain a wide range of substances of various pharmacological properties. Drinks fortified with physiologically active natural components maintain a certain level of this content in human body. They can have a healing or prophylactic effect. However, there is a lack of technologies for the effective production of biologically active substances from plant materials. Moreover, the development of cultivated botanical medicinal plant species remains quite poor. The present study features the qualitative and quantitative composition of biologically active substances of medicinal plants that are endemics of Siberia. They are Rhodiola rosea (*Rhodiola rosea* L.) and maral root (*Rhaponticum carthamoides*). The paper introduces a method for increasing their biosynthetic activity. An experiment helped to select a composition of the nutrient medium for the cultivation of callus cultures of Rhodiola rosea (*Rhodiola rosea* L.) and maral root (*Rhaponticum carthamoides*) *in vitro*, which contributed to an increase in the biosynthesis of biologically active substances. For callus cultures of Rhodiola Rosea (line R.r-1k) the following composition was used: mineral base – MS; sucrose – 30 g; inositol – 100 mg; thiamine – 1.0 mg; pyridoxine – 1.0 mg; Ca-panthetonate – 10 mg; kinetin – 0.05 g; naphthyl acetic acid – 0.1 g; 2.4-D – 0.5. For callus cultures of maral root (line R.c -2k): mineral base – SH; sucrose – 30 g; inositol – 100 mg; thiamine – 5.0 mg; pyridoxine – 0.5 mg; nicotinic acid – 5.0 mg; kinetin – 0.1 g; indoleacetic acid – 1.0 g. The authors developed a technology for the production of functional whey-based tonic drink fortified with extract of carotenoids isolated from the fruits of mountain ash and the extract of biologically active substances Rhodiola rosea and maral root. The presence of biologically active substances in the plant and medicinal raw materials gives the drink antioxidant and bactericidal properties, as well as helps to raise the overall state of the organizm and strengthen the immune system.

Keywords. Biologically active substances, endemics of Siberia, whey, functional drink

For citation: Ivanova SA, Milentyeva IS, Asyakina LK, Lukin AA, Kriger OV, Petrov AN. Biologically Active Substances of Siberian Medical Plants in Functional Wgey-Based Drinks. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):14–22. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-14-22.

Введение

Инновационное технологическое развитие сельского хозяйства и пищевой промышленности является составной частью системы долгосрочной политики государства, которая направлена на обеспечение достаточного уровня продовольственной независимости страны и достижение доступности для каждого гражданина страны безопасных пищевых продуктов в соответствии с нормами, необходимыми для ведения активного и здорового образа жизни [1].

Осуществление перехода пищевой и перерабатывающей промышленности к ресурсосберегающим технологиям, обеспечивающим безотходное производство и производство с минимальным воздействием на экологию, возможно за счет использования натурального растительного сырья и, полученных из него, функциональных пищевых ингредиентов [2].

В последние годы активизированы исследования лекарственных растений в плане поиска видов, в органах которых содержатся жизненно важные биологически активные вещества для лечения таких заболеваний, как сердечно-сосудистые, онкологические, диабет и другие. Состояние здоровья населения отражает необходимость развития отечественной науки на более современном уровне, включая использование всех возможных резервов в освоении природных компонентов из лекарственных видов растений для получения биологически активных веществ и целевого использования в лечении и профилактике тяжелых заболеваний [3]. В элитную группу важнейших противоонкологических растений входят женьшень, аралия, элеутерококк. С 80-х годов прошедшего столетия известны их свойства и востребованность в противоопухолевой терапии [4].

Натуральные экстракты из сырья растительного происхождения остаются неизменно востребованными в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности. Более 80 % продаваемых в России экстрактов ввозят в страну из таких стран, как США (22,7 %), Великобритания (20,9 %), Германия (17,8 %), Китай (12,3 %), Франция (7,8 %). По оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в ближайшие 10 лет доля фитопрепаратов в общих объемах потребления фармацевтических препаратов достигнет 60 %.

Перспективным направлением в создании функциональных напитков является применение настоев и экстрактов из отечественного растительного сырья, содержащего широкий спектр веществ различной фармакологической направленности. Растительные экстракты в составе напитков повышают тонус организма, адаптивные возможности нервной системы, устойчивость организма к неблагоприятным факторам окружающей среды, обладают антиоксидантными свойствами [5, 6].

Напитки, обогащенные природными физиологически активными компонентами и создающие определенный уровень их содержания в организме человека, способны оказывать оздоровительное или профилактическое действие на организм человека [7].

Использование молочной сыворотки как основы для создания функциональных напитков лечебно-профилактической направленности с использованием биологически-активных веществ, выделенных из лекарственных растений, позволит максимально использовать сырьевую базу молочной промышленности, расширить ассортимент выпускаемой продукции и сократить к минимуму количество отходов и энергетических потерь [8, 9].

На территории России произрастают лекарственные растения, отсутствующие в фармакопеях других стран: элеутерококк колючий,

лимонник китайский, пион уклоняющийся, пустырник сердечный, родиола розовая, левзея сафлоровидная, термопсис ланцетный, безвременник красивый, астрагал пушистоцветковый, вздутоплодник сибирский, гармала обыкновенная, копеечник альпийский, лабазник вязолистный, леспедеца двуцветная, леспедеца копеечниковая, секуринега полукустарниковая, солянка холмовая, сферофиза солонцовая, шлемник байкальский [10, 11].

Большая часть перечисленных видов произрастает на территории Западной Сибири и является недостаточно изученной. Вторичные метаболиты представленных видов сырья обладают высокой биологической ценностью и представляют интерес для получения биологически активных веществ и использования в различных отраслях промышленности.

Актуальными проблемами являются недостаток: технологий эффективного производства биологически активных веществ из растительного сырья; слабая развитость культивируемых ботанических лекарственных видов растений в хозяйствах разных форм собственности и даже в ботанических садах; дефицит подготовленных кадров в этом направлении.

В последние десятилетия продолжается быстрый прогресс технологий клеточной инженерии. Она основана на тотипотентности клеток, на способности регенерировать целое растение, синтезировать важнейшие соединения вторичного метаболизма. С одной стороны, такой подход позволяет привносить в растения признаки, которые невозможно получить с помощью традиционной селекции. С другой стороны, генетическая инженерия позволяет перенести отдельный ген, отвечающей за конкретный признак, что снижает риск разрушения уже сложившегося генотипа [12, 13].

Целью данной работы является изучение качественного и количественного состава биологически активных веществ, полученных из каллусных культур лекарственных растений – эндемиков Сибирского региона, и возможности их использования в технологии функциональных напитков на основе молочной сыворотки.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны следующие виды лекарственных растений, произрастающих в Кемеровской области, – родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) и левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*).

Отобранные для исследования виды различались по происхождению и экологическим особенностям. Родиола розовая – аркто-высокогорный вид. Предпочитает умеренно холодные и оптимально увлажненные местообитания, поэтому относится к мезопсихрофитам. Местность с проточным увлажнением очень благоприятна для родиолы розовой. Поэтому её можно встретить по долинам горных ручьев или рек, каменистым берегам, озерным берегам, галечникам и влажным лугам. Левзея сафлоровидная встречается в ассоциациях лугового, кустарникового и лесного типов растительности. Произрастает на субальпийских, реже альпийских лугах (на высоте 1400–2300 м над уровнем моря), в том числе в Кемеровской области в горах Кузнецкого Алатау, на влажных осыпях и на берегах рек, ручьев.

Для определения качественного и количественного состава БАВ лекарственных растений, отобранных для исследования, использовали методы высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), тонкослойной хроматографии (ТСХ) и ИК-спектроскопии. ВЭЖХ осуществляли на жидкостном хроматографе Prominence, Shimadzu LC-20 (Япония) с диодно-матричным детектированием. ТСХ хроматографию выполняли на пластинах Sorbfil ПТСХ-АФ-А с последующей денситометрией ТСХ пластины Sorbsil. Спектрофотометрические исследования проводили на спектрофотометре СФ-2000 (ОКБ «Спектр», Санкт-Петербург, Россия). ИК-спектроскопию выполняли на приборе ФСМ-1202 («Инфраспек», Санкт-Петербург, Россия).

Образцы растений для анализа готовили следующим образом. Выделяли усредненную пробу растений (побег, листья, цветки, корни) после высушивания полевых проб до воздушно-сухого состояния. Растительный материал измельчили и подвергали экстракции 70 % водным раствором этанола при комнатной температуре до полного извлечения биологически активных веществ. Получили настойки, представляющие собой прозрачную жидкость темного зеленовато-коричневого цвета с характерным запахом.

Для получения культур клеток образцы растений обрабатывали детергентом и для стерилизации помещали в 0,1 % раствор сулемы ($HgCl_2$) на 1 мин. После стерилизации материал трехкратно отмывался в течение 20 мин в дистиллированной стерильной воде. Листовые пластинки, стебли и части корневища растений разрезали скальпелем на сегменты размером 5×5 мм и использовали в качестве эксплантов, которые помещали на агаризованную среду. Для экспериментов использованы среды с минеральной основой MS, Гамборга (B5) и Шенка Хильдебрандта (SH) с добавлением гидролизата казеина (0,5 г/л), мезоинозита (0,1 г/л), 3 % сахарозы, 0,5 % агара.

Результаты и их обсуждение

Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) – лекарственное растение-адаптоген, обладающее широким спектром целебных свойств. Название «золотой корень» растение получило по корневищу, которое имеет цвет бронзы или старой позолоты с перламутровым блеском. Наибольшее количество биологически

Таблица 1 – Содержание биохимических соединений в корнях *Rhodiola rosea* L.

Table 1 – Content of biochemical compounds in the roots of *Rhodiola rosea* L.

Наименование показателя	Значение показателя, мг/г сухой массы
Розавин	1,65 ± 0,08
Розарин	4,40 ± 0,22
Розин	1,55 ± 0,08
Салидрозид	25,89 ± 1,29
Тирозол	10,95 ± 0,55

Таблица 2 – Содержание биохимических соединений в корнях *Rhaponticum carthamoides*

Table 2 – Content of biochemical compounds in the roots of *Rhaponticum carthamoides*

Наименование показателя	Значение показателя, мг/г сухой массы
Ситостерин	0,26 ± 0,31
Хлорогеновая кислота	44,54 ± 2,23
Изофраксидин	1,15 ± 0,06
Кофейная кислота	50,15 ± 2,51

активных веществ содержится в корневой системе растения. Результаты анализа количественного определения вторичных метаболитов корней родиолы розовой представлены в таблице 1.

Анализ проведенных исследований свидетельствует о том, что в наибольшем количестве в родиоле розовой содержится салидрозид, который является защитным средством эритроцитов человека от окислительного стресса и может быть хорошим адаптогеном для повышения сопротивляемости организма к стрессам и усталости [14, 15]. В эксперименте на мышах салидрозид предотвращает потери гемопоэтических стволовых клеток в условиях окислительного стресса [16]. Салидрозид подавляет опухолевые метастазы клеток лимфосаркомы человека [17]. Ароматические вещества родиолы розовой представлены розавином, розарином и розином, оказывающие стимулирующее действие на центральную нервную систему [18].

Левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*) – многолетнее травянистое растение с деревянистым корневищем. Эндемик Южной Сибири. Ценное лекарственное растение, которое обладает многими полезными свойствами: тонизирующим, возбуждающим, общеукрепляющим, стимулирующим и др.

В таблице 2 приведены результаты по изучению химического состава биологически активных веществ корней левзеи сафлоровидной.

Из таблицы 2 следует, что корневая система левзеи сафлоровидной накапливает такие биологически активные вещества, как ситостерин, хлорогеновая кислота, изофраксидин, кофейная кислота. Кроме того, в корневой системе левзеи сафлоровидной выявлены смолистые вещества, эфирное масло, дубильные вещества, алкалоиды, камеди, каротин, аскорбиновая кислота.

В сырье выделены также фитоэкдизоны, тритерпеновые гликозиды, флавоноиды, антоциановые гликозиды, экзистероны, инулин, ретинол, витамин С, минеральные соли, а именно соли фосфора. Растение накапливает железо, медь, алюминий.

Для получения каллусных культур небольшие фрагменты тканей разных органов растений помещали на поверхность питательной среды в чашки Петри. Экспериментально подобран состав питательной среды для культивирования эксплантов. Для каллусных культур родиолы розовой (линия R.r-1k): минеральная основа – MS; сахароза – 30 г; инозит – 100 мг; тиамин – 1,0 мг; пиридоксин – 1,0 мг; Са-пантетонат – 10 мг; кинетин – 0,05 г; НУК – 0,1 г; 2,4-Д – 0,5. Для каллусных культур левзеи сафлоровидной (линия R.c -2k): минеральная основа – SH; сахароза – 30 г; инозит – 100 мг; тиамин – 5,0 мг; пиридоксин – 0,5 мг; никотиновая кислота – 5,0 мг; кинетин – 0,1 г; ИУК – 1,0 г. Питательные среды автоклавировали при 15 мин подготовительного и 15 мин основного режима при добавочном давлении 0,7–0,8 МПа.

Через 4–6 недель культивирования эксплантa образовался первичный каллус, который разделяли и переносили на свежую питательную среду. Каллусная ткань, выросшая на твердой питательной среде, имела рыхлую аморфную структуру в виде массы тонкостенных клеток белого или желтоватого цвета. Качественный химический состав каллусной ткани родиолы розовой и левзеи сафлоровидной представлены в таблице 3 и 4.

Из таблиц 3 и 4 следует, что в каллусных культурах родиолы розовой содержание розавина превышает данный показатель в контроле на 43,4 %, содержание розарина – на 18,8 %, содержание розина – 42,4 %, содержание салидрозида – на 11,6 %, содержание тирозола – на 22,5 %. В каллусной культуре левзеи сафлоровидной отмечено значительное превышение содержания ситостерина – в 6,7 раза, по сравнению с нативным растением, хлорогеновой кислоты – в 2 раза и изофраксидина – в 2,8 раза.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что каллусные культуры лекарственных растений Сибирского ре-

Таблица 3 – Результаты анализа содержания основных биохимических соединений в экстрактах лиофильно высушенных образцов биомассы каллусных культур родиолы розовой

Table 3 – Content of the basic biochemical compounds in the extracts of lyophilized biomass samples of callus cultures of *Rhodiola Rosea*

Показатели (компонент)	Содержания компонентов в растительных объектах, мг/г сухого веса	
	Исходная культура	Каллусная культура
Розавин	1,65 ± 0,08	2,77 ± 0,14
Розарин	4,40 ± 0,22	5,15 ± 0,26
Розин	1,55 ± 0,08	2,55 ± 0,13
Салидрозид	25,89 ± 1,29	27,89 ± 1,40
Тирозол	10,95 ± 0,55	13,42 ± 0,67

Таблица 4 – Результаты анализа содержания основных биохимических соединений в экстрактах лиофильно высушенных образцов биомассы каллусных культур клеток *in vitro* левзеи сафлоровидной

Table 4 – Content of the basic biochemical compounds in the extracts of lyophilized biomass samples of callus cell cultures in maral root, *in vitro*

Показатели (компонент)	Содержания компонентов в растительных объектах, мг/г сухого веса	
	Исходная культура	Каллусная культура
Ситостерин	0,26 ± 0,31	1,54 ± 0,07
Хлорогеновая кислота	44,54 ± 2,23	87,90 ± 4,40
Изофраксидин	1,15 ± 0,06	3,10 ± 0,16
Кофейная кислота	50,15 ± 2,51	65,12 ± 3,10

гиона, отобранные для исследования, являются перспективным сырьем для получения биологически активных веществ с широким спектром физиологического действия и использования в технологии функциональных напитков.

Функциональные напитки – это общее название безалкогольных напитков повышенной физиологической ценности, обогащенных различными физиологически функциональными пищевыми ингредиентами (витаминами, макро- и микроэлементами, пищевыми волокнами, пробиотиками, отдельными аминокислотами, жирными кислотами, фосфолипидами, биологически активными добавками, экстрактами различных трав и растений, продуктами высоких технологий модифицированного химического состава). Основным механизмом профилактического действия функциональных напитков является их положительное влияние на такие процессы, как повышение физической выносливости, иммунитета, улучшение обмена веществ, функции пищеварения и регуляция аппетита, улучшение состояния сердечно-сосудистой системы и повышение энергетического обмена организма, оказание позитивного влияния на психоэмоциональное состояние человека.

В ходе исследований была разработана технология функционального тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки, обогащенного экстрактом каротиноидов, выделенных из плодов рябины обыкновенной и растительными экстрактами родиолы розовой и левзеи сафлоровидной.

Молочная сыворотка содержит в своем составе более 200 наименований биологически активных веществ, которые оказывают положительное действие на организм человека [19]. В ее состав входят ценные аминокислоты, витамины, в том числе достаточно редкие формы витаминов B_7 и B_4, минеральные элементы.

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), произрастающая на территории Кемеровской области, содержит большое количество каротиноидов, витаминов, сахара, дубильных и пектиновых веществ, эфирных масел, аминокислот. Это свидетельствует о перспективности ее использования в технологии функциональных напитков [20]. Для максимального извлечения биологически активных веществ из плодов рябины использовали масляно-водно-этанольную смесь в соотношении 5:1:1. Химический состав экстракта рябины обыкновенной, предварительно обезвоженной сублимационной сушкой, представлен в таблице 5.

Технологический процесс получения функционального тонизирующего напитка включал в себя следующие стадии: подготовка сырья к переработке, приготовление экстрактов каротиноидов и биологически активных веществ родиолы розовой и левзеи сафлоровидной, внесение функциональных ингредиентов в молочную сыворотку согласно рецептуре и физиологическим потребностям организма человека, охлаждение, фасовка, хранение. Технологическая схема получения функционального тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки и биологически активных веществ растительного и лекарственного сырья, произрастающего на территории Кемеровской области, представлена на рисунке 1.

Таблица 5 – Содержание биохимических соединений в экстракте рябины обыкновенной

Table 5 – Content of biochemical compounds in the extract of mountain ash

Наименование показателя	Значение показателя, мг/100 г
Каротиноиды	18,1 ± 0,90
Витамин К	0,8 ± 0,04
Витамин РР	2,7 ± 0,15
Витамин Е	1,5 ± 0,07
Кислота сорбиновая	1,6 ± 0,09
Кислота аскорбиновая	1,3 ± 0,06
Витамин В1	0,3 ± 0,02
Витамин В3	1,1 ± 0,05
Витамин В6	1,3 ± 0,06

Начало технологического процесса заключалось в подготовке сырья к переработке, в процессе которой сыворотку исследовали по основным показателям качества и отправляли на фильтрование для удаления творожной пыли. Для предотвращения развития посторонней микрофлоры молочная сыворотка подвергалась тепловой обработке при температуре 85 ± 2 °С с выдержкой 15–20 секунд. Приготовление экстракта биологически активных веществ из рябины осуществляли по технологической схеме, представленной на рисунке 2.

Лиофильно высушенную биомассу родиолы розовой и левзеи сафлоровидной подвергали кипячению в течение 10 мин, после чего настаивали при температуре 20–22 °С в течение 30 мин, фильтрова-

Рисунок 1 – Технологическая схема получения тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки и БАВ растительного и лекарственного сырья

Figure 1 – Technological scheme of obtaining a tonic drink based on whey and biologically active substances obtained from plant and medicinal raw materials

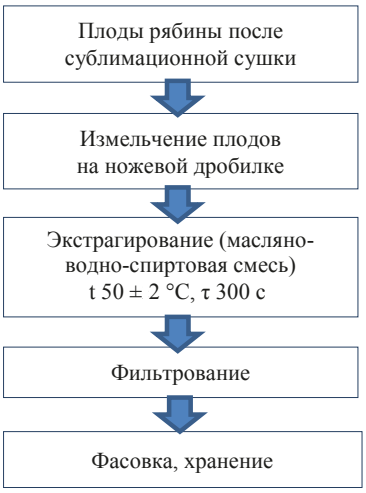

Рисунок 2 – Технологическая схема получения экстракта биологически активных веществ из плодов рябины обыкновенной

Figure 2 – Technological scheme of obtaining an extract of biologically active substances from mountain ash berries

ли и вводили полученный экстракт в молочную сыворотку.

Экстракт рябины обыкновенной, экстракт родиолы розовой и экстракт левзеи сафлоровидной вводили в охлажденную до 30 ± 2 °С молочную сыворотку в соответствии с рецептурой и на основании рекомендуемых уровней потребления биологически активных веществ [21].

Полученный напиток расфасовывали и охлаждали до температуры 4 ± 2 °С.

По органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям функциональный тонизирующий напиток соответствует требованиям, указанным в таблице 6. Расход сырья на выработку напитка приведен в таблице 7.

Напиток должен вырабатываться в соответствии с требованиями технических условий и технологической инструкцией с соблюдением действующих санитарных правил и норм для предприятий молочной промышленности, утвержденных в установленном порядке.

Наличие в растительном и лекарственном сырье биологически активных веществ придает напитку антиоксидантные и бактерицидные свойства, способствует поднятию общего тонуса организма и укреплению иммунной системы.

Таблица 7 – Рецептура для получения функционального тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки и экстрактов растительного и лекарственного сырья (на 1000 кг без учета потерь)

Table 7 – Recipe for obtaining a functional whey-based tonic drink and extracts of plant and medicinal raw materials (per 1.000 kg, ignoring losses)

Компонент	Количество, кг
Молочная сыворотка	830,0
Экстракт рябины обыкновенной	100,0
Экстракт родиолы розовой	10,0
Экстракт левзеи сафлоровидной	10,0
Сахар	50,0

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований показана перспективность использования биологически активных веществ, выделенных из эндемических растений Сибирского региона для использования в технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки. Для повышения биосинтетической активности целесообразно применять культивирование *in vitro* каллусных культур растений – источников ценных биологически активных веществ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме «Получение биологически активных веществ лекарственных растений – эндемиков Сибири с использованием культур клеток и органов высших растений». Соглашение о предоставлении субсидии от 26.11.2018 г. № 072-02-2018-223.

Таблица 6 – Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели функционального тонизирующего напитка

Table 6 – Sensory, physico-chemical, and microbiological indicators of the functional tonic drink

Показатель	Характеристика
Вкус и аромат	Кисловато-сладкий, специфический для ягод рябины
Консистенция	Однородная жидкость. Допускается небольшое количество ягодной взвеси
Цвет	Сывороточный с оттенком экстракта рябины
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	5,5
Кислотность, °Т, в пределах	60–100
Температура при выпуске с предприятия, °С, не более	4
Бактерии группы кишечной палочки не допускаются, в см^3	0,01
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, не допускаются, в см^3	25

Список литературы

1. Prosekov, A. Yu. Food security: The challenge of the present / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Geoforum. – 2018. – Vol. 91. – P. 73–77. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030.

2. Oat protein concentrate production / O. V. Kriger, E. V. Kashirskikh, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 47–55. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-47-55.

3. Prosekov, A. Yu. Food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 201–211. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.

4. Запрометов, М. Н. Метаболизм фенольных соединений в растениях / М. Н. Запрометов // Биохимия. – 1977. – Т. 42, № 1. – С. 3–20.

5. Решетник, Е. И. Модификация традиционных рецептур кисломолочных продуктов / Е. И. Решетник, Е. А. Уточкина // Материалы I Национальной научно-технической конференции с международным участием «Инновационные и ресурсосберегающие технологии продуктов питания» / Астраханский государственный технический университет. – Астрахань, 2018.

6. Просеков, А. Ю. Роль межфазных поверхностных явлений в производстве дисперсных продуктов с пенной структурой (обзор) / А. Ю. Просеков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 8. – С. 24–27.

7. Анарбаева, О. Э. Пути повышения эффективности процесса экстрагирования из сырья растительного происхождения / О. Э. Анарбаева, О. В. Кригер // Материалы V Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии» / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2017. – С. 271–273.

8. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions / L. Dyshlyuk, O. Babich, D. Belova [et al.] // Journal of Food Process Engineering. – 2017. – Vol. 40, № 1. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpe.12331.

9. Остроумов, Л. А. Анализ научных и практических аспектов использования молока и его производных в технологии функциональных продуктов питания / Л. А. Остроумов, А. Ю. Просеков // Материалы международного симпозиума «Федеральный и региональный аспекты политики здорового питания». – Новосибирск, 2002. – 88–92.

10. Куприянов, А. Н. Ключевые ботанические территории Кемеровской области / А. Н. Куприянов // Кемерово : Ирбис, 2009. – 113 с.

11. Новые для Кемеровской области виды сосудистых растений / А. Л. Эбель, Т. Е. Буко, С. А. Шереметова [и др.] // Ботанический журнал. – 2009. – Т. 94, № 1. – С. 106–113.

12. Establishment of normal and transformed root cultures of *Artemisia annua* L. for artemisinin production / M. Jazir, A. K. Shimomura, K. Yoshimatsu [et al.] // Journal of Plant Physiology. – 1995. – Vol. 145, № 1–2. – P. 175–177. DOI: https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81866-3.

13. Research on the influence of silver clusters on decomposer microorganisms and E. Coli bacteria / A. I. Piskaeva, Yu. Yu. Sidorin, L. S. Dyshlyuk [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 62–66. DOI: https://doi.org/10.12737/4136.

14. Зеленков, В. Н. Особенности минерального состава левзеи сафлоровидной с многолетних плантаций европейского северо-востока России [макро- и микроэлементы в надземных частях маральего корня] / В. Н. Зеленков, Н. П. Тимофеев, Н. П. Заксас // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов : материалы I Российской научно-практической конференции. – М., 2001. – С. 56–58.

15. Qian, E. W. Salidroside protects human erythrocytes against hydrogen peroxide-induced apoptosis / E. W. Qian, D. T. Ge, S. K. Kong // Journal of Natural Products. – 2012. – Vol. 75, № 4. – P. 531–537. DOI: https://doi.org/10.1021/np200555s.

16. Rhodiola rosea extracts and salidroside decrease the growth of bladder cancer cell lines via inhibition of the mTOR pathway and induction of autophagy / Z. Liu, X. Li, A. R. Simoneau [et al.] // Molecular Carcinogenesis. – 2012. – Vol. 51, № 3. – P. 257–267. DOI: https://doi.org/10.1002/mc.20780.

17. Salidroside inhibits migration and invasion of human fibrosarcoma HT1080 cells / C. Sun, Z. Wang, Q. Zheng [et al.] // Phytomedicine. – 2012. – Vol. 19, № 3–4. – P. 355–363. DOI: https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.09.070.

18. Соколов, С. Я. Справочник по лекарственным растениям / С. Я. Соколов, И. П. Замотаев. – М. : Медицина, 1988. – 464 с.

19. Novoselova, M. V. Technological options for the production of lactoferrin / M. V. Novoselova, A. Yu. Prosekov // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 90–101. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-10.

20. Исследование химического состава плодов рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), произрастающей в Кемеровской области / Л. А. Остроумов, О. В. Кригер, К. В. Карчин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 35, № 4. – С. 38–42.

21. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 46 с.

References

1. Prosekov AYu, Ivanova SA. Food security: The challenge of the present. Geoforum. 2018;91:73–77. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030.

2. Kriger OV, Kashirskikh EV, Babich OO, Noskova SYu. Oat protein concentrate production. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):47–55. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-47-55.

3. Prosekov AYu, Ivanova SA. Food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world. Foods and Raw Materials. 2016;4(2):201–211. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.

4. Zaprometov MN. Metabolizm fenol′nykh soedineniy v rasteniyakh [Metabolism of phenolic compounds in plants]. Biochemistry. 1977;42(1):3–20. (In Russ.).

5. Reshetnic EI, Utochkina EA. Modification of traditional recipes of dairy products. Materialy I Natsional′noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Innovatsionnye i resursosberegayushchie tekhnologii produktov pitaniya" [Proceedings of the I National Scientific and Technical Conference with international participation "Innovative and Resource-Saving Food Technologies"]; 2018. Rybnoe. Astrakhan′: Astrakhan State Technical University; 2018. (In Russ.).

6. Prosekov AYu. Rol′ mezhfaznykh poverkhnostnykh yavleniy v proizvodstve dispersnykh produktov s pennoy strukturoy (obzor) [The role of interfacial surface phenomena in the production of dispersed products with foam structure (review)]. Storage and processing of farm products. 2001;(8):24–27. (In Russ.).

7. Anarbaeva OEh, Kriger OV. Puti povysheniya ehffektivnosti protsessa ehkstragirovaniya iz syr′ya rastitel′nogo proiskhozhdeniya [Ways to improve the efficiency of the extraction process from raw materials of plant origin]. Materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Pishchevye innovatsii i biotekhnologii" [Proceedings of the V International Scientific Conference "Food Innovation and Biotechnology"]; 2017; Kemerovo. Kemerovo: KemIFST; 2017. p. 271–273. (In Russ.).

8. Dyshlyuk L, Babich O, Belova D, Prosekov A. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions. Journal of Food Process Engineering. 2017;40(1). DOI: https://doi.org/10.1111/jfpe.12331.

9. Ostroumov LA, Prosekov AYu. Analiz nauchnykh i prakticheskikh aspektov ispol′zovaniya moloka i ego proizvodnykh v tekhnologii funktsional′nykh produktov pitaniya [Analysis of scientific and practical aspects of the use of milk and its derivatives in functional food technology]. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma "Federal′nyy i regional′nyy aspekty politiki zdorovogo pitaniya" [Proceedings of the International Symposium "Federal and Regional Aspects of the Healthy Nutrition Policy"]; 2002; Novosibirsk. Novosibirsk: Siberian University Publishing; 2002. p. 88–92. (In Russ.).

10. Kupriyanov AN. Klyuchevye botanicheskie territorii Kemerovskoy oblasti [Key botanical territories of the Kemerovo Region]. Kemerovo: Irbis; 2009. 113 p. (In Russ.).

11. Ebel AL, Buko TE, Sheremetova SA, Yakovleva GI, Kuprijanov AN. New species of vascular plants for Kemerovo Region. Botanicheskiy zhurnal [Botanical Journal]. 2009;94(1):106–113. (In Russ.).

12. Jazir M, Shimomura AK, Yoshimatsu K, Fauconnier M-L, Marlier M, Homès J. Establishment of normal and transformed root cultures of *Artemisia annua* L. for artemisinin production. Journal of Plant Physiology. 1995;145(1–2):175–177. DOI: https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81866-3.

13. Piskaeva AI, Sidorin YuYu, Dyshlyuk LS, Zhumaev YuV, Prosekov AYu. Research on the influence of silver clusters on decomposer microorganisms and E. Coli bacteria. Foods and Raw Materials. 2014;2(1):62–66. DOI: https://doi.org/10.12737/4136.

14. Zelenkov VN, Timofeev NP, Zaksas NP. Peculiarities of mineral composition of Leuzea carthamoides with perennial plantations of the European North-East Russia [Macro- and microelements in the aboveground parts of the maral root]. Aktual′nye problemy innovatsiy s netraditsionnymi rastitel′nymi resursami i sozdaniya funktsional′nykh produktov: materialy I Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Relevant issues of Innovation with Non-Traditional Plant Resources and the Development of Functional Products: Proceedings of the I Russian scientific-practical conference]; 2001; Moscow. Moscow: Netraditsionnye prirodnye resursy i funktsional′nye produkty; 2001. p. 56–68. (In Russ.).

15. Qian EW, Ge DT, Kong SK. Salidroside protects human erythrocytes against hydrogen peroxide-induced apoptosis. Journal of Natural Products. 2012;75(4):531–537. DOI: https://doi.org/10.1021/np200555s.

16. Liu Z, Li X, Simoneau AR, Jafari M, Zi X. *Rhodiola rosea* extracts and salidroside decrease the growth of bladder cancer cell lines via inhibition of the mTOR pathway and induction of autophagy. Molecular Carcinogenesis. 2012;51(3):257–267. DOI: https://doi.org/10.1002/mc.20780.

17. Sun C, Wang Z, Zheng Q, Zhang H Salidroside inhibits migration and invasion of human fibrosarcoma HT1080 cells. Phytomedicine. 2012;19(3–4):355–363. DOI: https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.09.070.

18. Sokolov SYa, Zamotaev IP. Spravochnik po lekarstvennym rasteniyam [Manual of medicinal plants]. Moscow: Meditsina; 1988. 464 p. (In Russ.).

19. Novoselova MV, Prosekov AYu. Technological options for the production of lactoferrin. Foods and Raw Materials. 2016;4(1):90–101. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-10.

20. Ostroumov LA, Kriger OV, Karchin KV, Shcetinin MP. Research of chemical composition of mountain ash (*Sorbus aucuparia*), growsing in the Kemerovo Region. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;35(4):38–42. (In Russ.).

21. MR 2.3.1.1915-04. Rekomenduemye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheski aktivnykh veshchestv [Instructional Guidelines 2.3.1.1915-04. Recommended consumption levels of food and biologically active substances]. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia; 2004. 46 p.

Иванова Светлана Анатольевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой общей математики и информатики, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: pavvm2000@mail.ru

Милентьева Ирина Сергеевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Асякина Людмила Константиновна
канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842)-39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Лукин Андрей Андреевич
аспирант кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Кригер Ольга Владимировна
д-р тех. наук, профессор института живых систем, ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 36016, Россия, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14, e-mail: olgakriger58@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1489-0716

Петров Андрей Николаевич
д-р техн. наук, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 142703, Россия, г. Видное, ул. Школьная, 78, тел.: +7 (495) 541-08-92, e-mail: vniitekpetrov@vnitek.ru

Svetlana A. Ivanova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of General Mathematics and Computer Science, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: pavvm2000@mail.ru

Irina S. Milentyeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Lyudmila K. Asyakina
Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Andrey A. Lukin
Postgraduate of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Olga V. Kriger
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia, e-mail: olgakriger58@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1489-0716

Andrey N. Petrov
Dr.Sci.(Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, All-Russia Scientific Research Institute of Technology of Canning – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, 78, Shkolnaya Str., Vidnoe, 142703, Russia, phone: +7 (495) 541-08-92, e-mail: vniitekpetrov@vnitek.ru