

ФИТОАДАПТОГЕНЫ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ (ОБЗОР)

Л. А. Рябоконева, И. Ю. Сергеева, А. В. Аншуков, Л. В. Пермякова

Проблема стрессоустойчивости в настоящее время стоит достаточно остро, что обусловлено разносторонней деятельностью человека. Фитоадаптогены способны оказывать компенсаторную поддержку нашему организму в борьбе с окислительным стрессом, а также в динамике положительно влияют на психофизическое самочувствие индивида. В обзоре приведен механизм воздействия фитоадаптогенов на организм человека. Эти биологически активные соединения могут повышать уровень веществ, которые катализируют защитные процессы в организме, или воздействовать на синтез белков-ингибиторов стрессового синдрома. Рассмотрены основные компоненты, определяющие функциональные свойства ряда растительного сырья: *Radices Ginseng*, *Zingiber*, *Inonotus obliquus (Pers.)*, *Allium sativum*, *Eleutherococcus senticosus*. Так, к основным функциональным агентам *Radices Ginseng* относят кислые полисахариды, фенольные соединения, сапонины. Главными ценными веществами в женьшене являются терпеновые гликозиды, которые благодаря высокой реакционной способности к изомеризации обуславливают различный биологический эффект данного растительного сырья. Основным биологически активным веществом имбиря является сесквитерпен, содержание которого может составлять до 55% от общего числа нутриентов, входящих в состав эфирного масла. Фенольные соединения *Zingiber* повышают уровень антиоксидантных ферментов в организме человека. Высокой физиологической ценностью *Inonotus obliquus (Pers.)* обладает меланин, который выделяют из водных экстрактов чаги. *Allium sativum* обладает высокой антиоксидантной активностью за счет аллицина, который составляет основу эфирного масла чеснока, и образуется при механическом разрушении растительных клеток и воздействии собственного фермента аллиназы. Наибольшую адаптогенную активность *Eleutherococcus senticosus* проявляют синрингин (производное фенилакриловой кислоты (элеутерозид В)) и лигнан (элеутерозид Е). Рассмотрены механизмы и различное биологическое действие данных растений на организм, в том числе и в моделях *in vivo*, *in vitro*. Представлены результаты статистического анализа количества научных публикаций в рецензируемых журналах, индексируемых в международных базах данных WoS и Scopus, размещенных на платформе Science Direct, по отраслям знаний или тематической области журнала в совокупности с объектом исследования (*Radices Ginseng*, *Zingiber*, *Inonotus obliquus (Pers.)*, *Allium sativum*, *Eleutherococcus senticosus*). Приведены примеры применения растительных адаптогенов при создании пищевых продуктов направленного функционального воздействия.

Ключевые слова: растительное сырье, биологически активные вещества, адаптогены, флавоноиды, стресс, антиоксидантная активность.

Растительное сырье является источником большого числа нутриентов, которые несут в себе различную функциональную нагрузку. В литературных источниках широко освещен минеральный и витаминный состав растительного сырья [1, 2]. В современных реалиях мы снова обращаемся к растительному сырью, но уже как к источнику адаптогенных веществ. Адаптогены – вещества, которые оказывают поддержку нашему организму в борьбе с адаптационным синдромом, также в динамике положительно влияют на психофизическое само-

чувствие индивида [3]. По химической природе сейчас их разделяют на два класса. Первый класс – вещества природного происхождения – фитоадаптогены. Второй класс – актопротекторы, которые получают в основном путем химического синтеза [4]. Проблема стрессоустойчивости в настоящее время стоит достаточно остро, стресс в современном обществе обусловлен обширной деятельностью человека, повышенными физическими нагрузками, а также когда интеллектуальный труд преобладает над физическим. В некоторых случаях

адаптационный синдром может стать катализатором алиментарно зависимых заболеваний: расстройства нервной системы, сердечно-сосудистые заболевания, диабет [5]. Адаптогены помогают снизить воздействие стресс-факторов на организм человека [6], помимо этого улучшить метаболические функции и повысить умственную, физическую активность [7] за счет увеличения проводимости сигнальных путей в поврежденных клеточных структурах [8].

Таким образом, высокий уровень стресса у современного человека определяет актуальность поиска эффективных препаратов, способствующих адаптации и повышению устойчивости в условиях стресса.

Цель работы – провести обзор и анализ научно-технической литературы на предмет химического состава растительного сырья (*Radices Ginseng, Zingiber, Inonotus obliquus (Pers.), Allium sativum, Eleutherococcus senticosu*) для выявления целевых веществ, проявляющих адаптогенные свойства, и механизмов их действия, систематизацию информации по использованию растительного сырья в пищевой промышленности и других отраслях.

Материалы и методы исследования

Материалами исследований являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации. В качестве методов исследований использовались теоретические методы: методы анализа и селекции информационных источников; обобщение и систематизация информационных данных.

Результаты и обсуждение

Механизм борьбы с адаптационным синдромом

Стресс – это в большей степени гормональный ответ нашего организма на провоцирующие факторы [9]. В ответ на раздражающие сигналы надпочечники выделяют особый гормон – кортизол, который запускает дальнейшие реакции в нашем организме (рис. 1).

Доказано, что растительные адаптогены, в частности, выделенные из *Schisandra chinensis (Turcz.) Baill*, способны нивелировать воздействие стресс-факторов за счет активации процесса выработки кортизола в плазме и слюне, что позволяет организму адаптироваться к тяжелым нагрузкам [10, 11]. Однако после продолжительного употребления адаптогенов растительного происхождения физические упражнения уже не запускают гормональные процессы в организме, уровень кортизола не повышается, а даже снижается. Адаптогены могут оказывать двоякое действие: повышать уровень веществ, которые катализируют защитные процессы в организме, или воздействовать на синтез белков-ингибиторов стрессового синдрома [12, 13, 14]. Во время сложного и многоступенчатого процесса – ответа на стрессовую ситуацию – адаптогенам присущи следующие функции: усиление циркуляции энергии, снижение давления, повышение сопротивляемости и другие [15, 16, 17].

Наиболее распространенным актопротектором является бемактор (аналог – бимитил), который стимулирует работу центральной нерв-



Рис. 1. Схема действия фитоадаптогенов на организм человека



ной системы, участвует в процессах нуклеинового синтеза и утилизации лактата. Применение синтетических адаптогенов преимущественно показано профессиональным спортсменам и имеет свои ограничения и побочные эффекты. Применение препаратов такого класса часто сравнивают с допингом [10].

Фитоадаптогены в свою очередь не являются стимуляторами, а их побочный эффект минимален. Функциональная нагрузка таких веществ зависит от применяемой дозы. Малые дозы ориентированы на расслабление и снижение возбудимости. Употребление в больших количествах может вызвать раздражительность, в некоторых случаях бессонницу [18].

Одним из механизмов стресс-протекторного действия адаптогенов является иницирование синтеза так называемых белков теплового шока-Hsp70 и др. Данные белки вырабатываются в ответ на повреждения генома или других клеточных структур и запускают важные процессы «очистки» клетки от поврежденных элементов посредством деградации структур в лизосомах [19]. Адаптогены оказывают воздействие за счет сложного химического строения. Седативные свойства в основном характерны для флавоноидов, терпеноидов и фенилпропаноидных гликозидов [20].

Характеристика веществ, обладающих адаптогенными свойствами

Фенилпропаноиды образуют большую группу веществ, таких как монолигнолы, лигнаны, флавоноиды, фенольные кислоты, входящих в состав защитных комплексов растительного сырья. Данные вещества обладают доказанными антиоксидантными свойствами [21, 22]. Фенилпропаноиды проявляют адаптогенный эффект по следующим механизмам: активации нейроэндокринной системы, улучшения иммунитета и регуляции уровня стрессовых гормонов, в частности кортизола. Особая группа веществ – гидроксикоричные кислоты, которые дезактивируют активные формы кислорода, повреждающие клеточные структуры организма [23].

Механизм адаптации также зависит и от природы среды. В гидрофильных средах с низкой ионизацией процесс сопровождается отрывом атома водорода через механизм НАТ (Hydrogen Atom Transfer). В полярных средах механизм основан на переносе электрона и протона – SPLET (Sequential Proton Loss-Electron

Transfer), реакция происходит за счет ионизированной формы антиоксиданта [24].

Точный механизм действия до конца не изучен, но основываясь на современных исследованиях, можно предположить, что фитоадаптогены способны оказывать непосредственное воздействие на биомембраны клеток, влиять на их структурное состояние. Способность адаптогенов увеличивать стабильность клеточных мембран, изменять их селективную проницаемость и воздействовать на активность клеточных ферментов является ключевой для их адаптогенного действия. Это позволяет им оказывать влияние на множество аспектов клеточного метаболизма, включая активацию системы внутриклеточного метаболизма ксенобиотиков и пополнение эндогенного фонда антиоксидантной системы (АОС), что особенно важно в условиях стресса [25].

Терпеноиды – своего рода полимеры, структурной единицей которых являются изопропеновые соединения. В растительном сырье чаще всего существуют в форме предшественников: изопентенилдифосфат (IPP) и диметилаллилдифосфат (DMAPP) [26]. Их механизм действия может быть различным в зависимости от конкретного вещества. Так, например, механизм действия ментола заключается в его способности активировать рецепторы холодового раздражения в коже и слизистой оболочке, оказывая тем самым анальгезирующий эффект [27, 28].

Каротиноиды, которые также принадлежат к классу терпеноидов, обладают антиоксидантными свойствами и способны защищать организм от свободных радикалов, которые могут вызывать окислительный стресс и повреждение клеток. Они действуют как антиоксиданты, блокируя действие свободных радикалов и уменьшая окислительный стресс. Механизм действия каротиноидов подобен действию фенилпропаноидов в неполярных растворителях.

К наиболее часто идентифицированным терпеноидам относят: пачулол, артемизинин, таншенин, паклитаксел, андрографолид и триптолид [29].

Например, высоко оксигенированный дитерпен, выделенный из *Tripterygium wilfordii*, обладает противолейкемической активностью. Соединение, полученное из *S. Miltiorrhiza*, – важный агент в защите сердечно-сосудистой системы [30, 31].

Алкалоиды – это азотсодержащие гидроциклы, которые также оказывают биологическое воздействие на организм человека. Данные вещества распространены в растительном сырье и нашли применение во многих лекарственных препаратах [32]. Механизм воздействия алкалоидов на организм основан на взаимодействии с нейрорецепторами – рецепторами клеточных мембран; влиянии на синтез или метаболизм нейромедиаторов. Например, морфин, алкалоид опия, является агонистом опиоидных рецепторов в центральной нервной системе, что приводит к анальгезирующему эффекту [33].

Кроме вышеуказанных фармакологических свойств, фенольные соединения обладают седативными свойствами за счет их взаимодействия с рецепторами ноцицептивной системы (НЦС), в том числе через лиганд-зависимый ионный канал с помощью гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) [34, 35].

Использование районированного сырья наиболее целесообразно при создании препаратов фитoadаптогенов. Так, в разработках китайских ученых акцент сделан на *Panax ginseng* CAMey, *Panax quinquefolius* L., *Panax notoginseng* (Burkill) FHChen, *Eleutherococcus senticosus*, *Salvia miltiorrhiza* и др., которые характеризуются большой долей целевых веществ [36, 37, 38].

Характеристика целевых веществ *Radices Ginseng, Zingiber, Inonotus obliquus* (Pers.), *Allium sativum, Eleutherococcus* в качестве источников фитoadаптогенов Женьшень (*Radices Ginseng*) (рис. 2).

Научными исследованиями подтверждена противовоспалительная, иммуномодулирующая, тонизирующая активность корня женьшеня. К основным функциональным агентам относят кислые полисахариды, фенольные соединения, сапонины [38, 39, 40].

Главными ценными веществами в женьшене являются терпеновые гликозиды, к особенностям которых относят повышенную способность к изомеризации, что обуславливает различный биологический эффект данного растительного сырья [41]. Содержание биологически активных веществ зависит от района культивирования. В качестве сравнения на рисунке 3 представлено распределение по основным компонентам, определяющим функциональные свойства женьшеня, произрастающего в Республике Алтай и Китае [42, 43].

Из данных диаграммы видно процентное различие по содержанию гликозидов Rb, Re, Rf, Rd женьшеня алтайского и произрастающего в Китае. Это обуславливает и некоторое различие в физиологических свойствах рассматриваемого сырья.

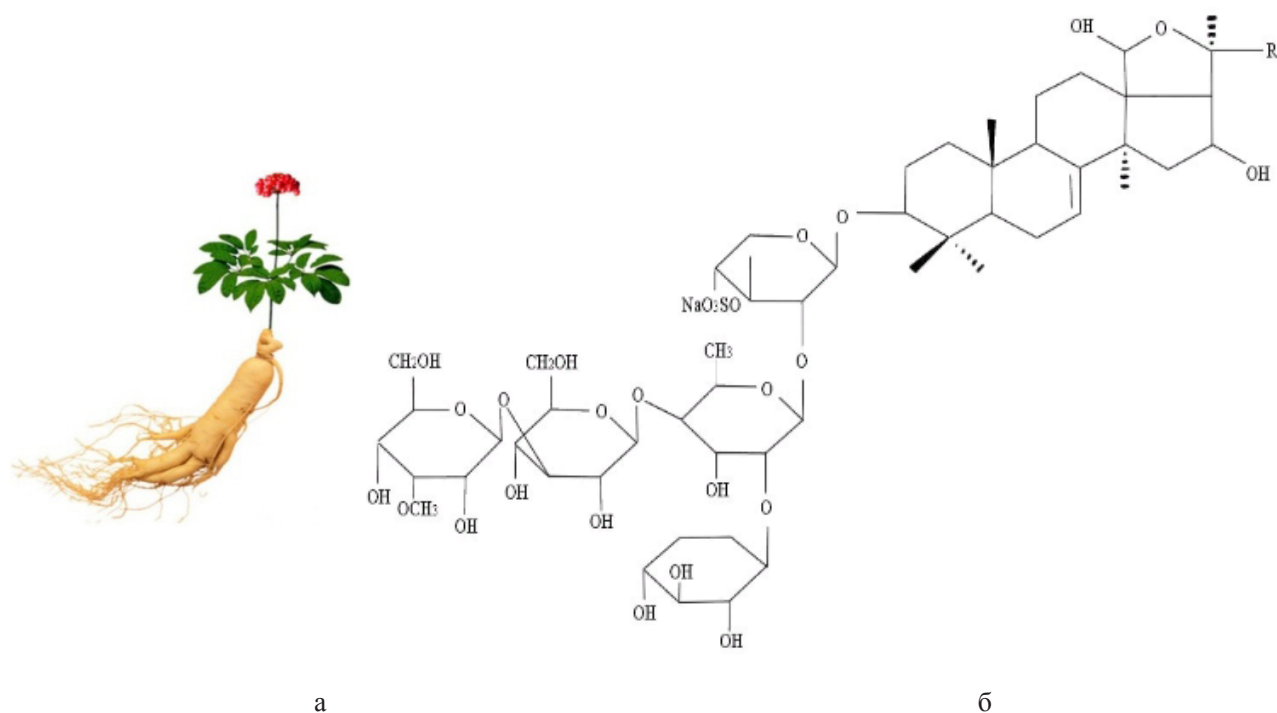


Рис. 2. Женьшень (*Radices Ginseng*) (а), общая структурная формула терпеновых гликозидов (б)



Исследования эффективности применения женьшеня в спорте и медицине проводились во многих странах мира. Доказано, что женьшень повышает выносливость, ускоряет восстановление после тренировок и снижает уровень усталости у спортсменов, наблюдается снижение уровня стресса после упражнений, а также улучшение деятельности сердечно-сосудистой системы [44]. В модели *in vivo* доказано адаптивное действие женьшеня в условиях хронического стресса [45].

Имбирь (*Zingiber*) (рис. 4). Основным биологически активным агентом имбиря является сесквитерпен, содержание которого может составлять до 55% от общего числа нутриентов, входящих в состав эфирного масла имбиря [46].

Характерные органолептические свойства имбиря обусловлены смесью различных химических компонентов: зингерона, шогоолов и гингеролов, летучих масел, которые обладают обезболивающими, седативными, жаропонижающими и антибактериальными свойствами. Фенольные соединения *Zingiber* повышают уровень антиоксидантных ферментов, что подтверждают научные исследования [47, 48, 49]. Кроме того, выделенные из имбиря биологически активные вещества обладают антибактериальной активностью в отношении штаммов *E. Coli* [50].

Выход искомым нутриентов напрямую зависит от способа экстрагирования исходного сырья. В свежем сырье содержится порядка 2,0–3,0% эфирного масла, 5,0% маслянистого

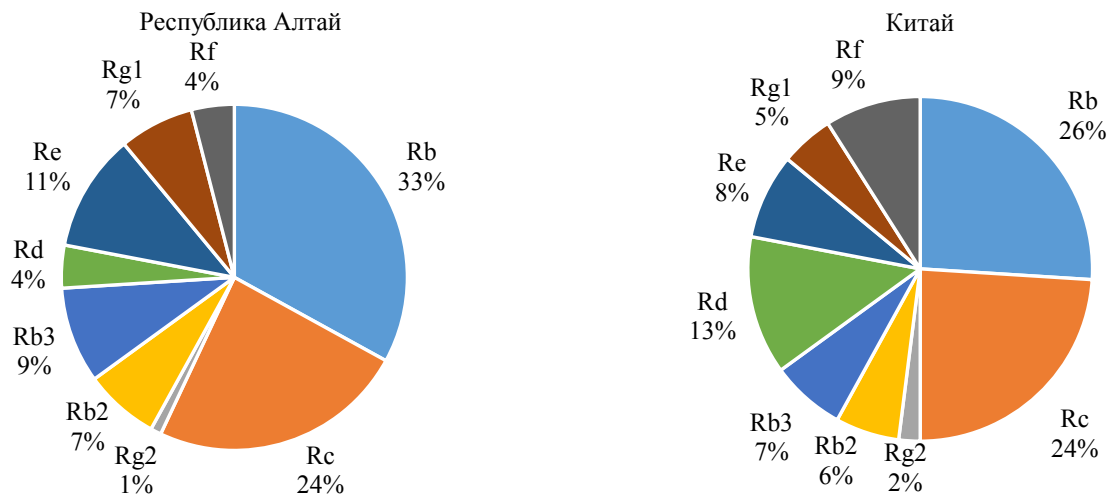
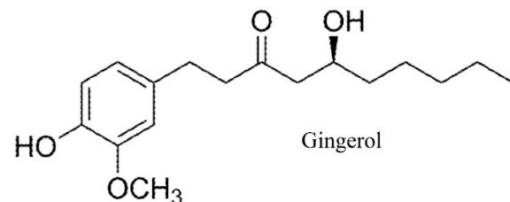


Рис. 3. Сравнительная характеристика содержания наиболее изученных терпеновых гликозидов женьшеня в зависимости от места произрастания



а



б

Рис. 4. Имбирь (*Zingiber*) (а), структурная формула гингерола (б)

экстракта, 3,7% липидов, также другие биологически ценные компоненты. В корне имбиря содержится в среднем около 19,9% гингеролов и около 4,1% шогоолов [51].

В работах О. Вардуи [52], В.Н. Али et al. [53] доказано, что наибольший выход адаптогенных веществ выявлен при использовании экстракции двойного цикла.

На содержание биологически активных веществ (БАВ) в имбире, как и в женьшене, оказывает влияние место произрастания. Например, имбирь, выращенный в Индии и Китае, значительно отличается по содержанию полифенольных соединений: $399,4 \pm 14,2$ и $459,2 \pm 15,8$ мг/дм³ соответственно [54].

Действие БАВ имбиря очень разностороннее. Например, гингерол ингибирует индуцированное эндотоксином воспаление легких у мышей [55], 6-шогоол снижает нейровоспаление, связанное с когнитивными нарушениями [56] и обладает антиоксидантными свойствами против лекарственной токсичности ацетаминофена, ванкомицина [57, 58].

Чага (*Inonotus obliquus* (Pers.)) (рис. 5). Гриб-паразит (более известный как чага) обладает рядом полезных свойств, в том числе и адаптогенными [59]. Высокой физиологической ценностью обладает меланин чаги (натуральный пигмент), который имеет антиоксидантную активность, причем большей активностью обладают водные экстракты чаги – АОЕ составляет $7,50 \pm 0,03$ кл/мл [60]. Пигмент чаги в большей степени состоит из липофильных

веществ. По природе липофильные вещества несут в себе большую физиологическую ценность, в частности, стерины, для которых доказана противоопухолевая активность и противовоспалительные свойства [61, 62]. Среди терпенов, проявляющих адаптогенное действие, преобладают производные ланостана, структурная формула которого представлена на рисунке 5. Доминирующим веществом этого ряда соединений является инотодиол [63].

Количество полифенольных веществ *Inonotus obliquus* (Pers.) значительно уступает содержанию липофильных веществ (в процентном соотношении составляет $0,022 \pm 0,002\%$ и $22,00 \pm 0,06\%$ соответственно) [64, 65].

Результаты исследования различной активности на клеточной модели показывают, что меланин водного экстракта чаги в концентрациях 10^{-5} и 10^{-3} г/л проявляет гепатопротекторный эффект, поскольку повышает жизнеспособность клеток при токсическом воздействии d-галактозамина в 2,5 и 5 раз соответственно [66]. Доказано цитотоксическое действие меланина на раковые клетки PLP2 U251 и другие клеточные линии [67].

Чеснок (*Allium sativum*). Химический состав чеснока очень разнообразен, что обуславливает такое же разнообразное воздействие на организм человека. Доказано антипаразитарное, противовоспалительное и противомикробное действие [68, 69]. А также чеснок обладает высокой антиоксидантной активностью за счет аллицина – вещества, которое составляет

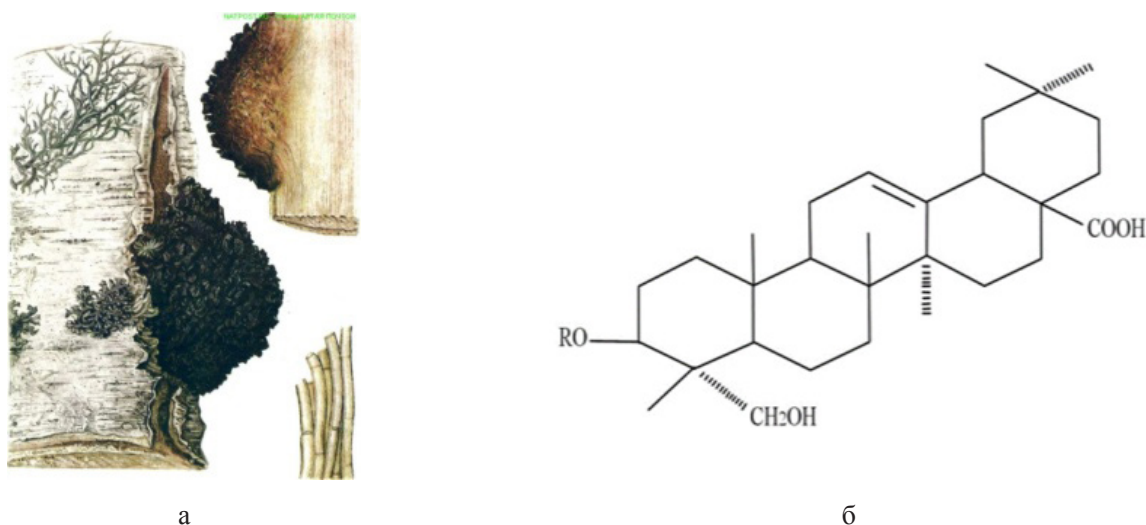


Рис. 5. Чага (*Inonotus obliquus* (Pers.)) (а), общая структурная формула ланостана (б)



основу эфирного масла чеснока, и образуется при механическом разрушении растительных клеток и воздействии собственного фермента аллииназы (рис. 6).

Помимо аллицина чеснок богат и другими компонентами. В 100 г исследуемого продукта содержится примерно до 30% углеводов. Из макроэлементов в чесноке обнаружены (на 100 г сырья): калий (0,25 г); железо (0,15 г); фосфор (0,2 г). Содержание витамина С около 0,15 г/100 г. Также в чесноке обнаружен редкий химический элемент – германий, которому свойственна противоопухолевая активность [70]. Перспективным направлением в изучении чеснока как адаптогена является процесс ферментации. Согласно литературным данным, при выдержке при температуре 70 °С в течение месяца наблюдаются значительные изменения химического состава и органолептических характеристик. Согласно работе К.Б. Чилачава [68], ферментация в 10 раз по-

вышает содержание моносахаров и во столько же раз возрастает антиоксидантная активность. Чеснок теряет резкий вкус и запах, при этом макроэлементный состав практически не изменяется [71].

Доказано противопаразитарное, противомикробное, противоастматическое, антихолестеринемическое, антиоксидантное, цитотоксическое и инсектицидное действие *A. sativum* со специфическими противогрибковыми свойствами (ингибирующими эффектами) в отношении *C. neoformans* [72]. *A. sativum* может предотвращать вызванную гепатотоксичность у крыс благодаря своей антиоксидантной активности [73]. Сероорганические соединения из *A. sativum* могут ингибировать повреждение ДНК свободными радикалами [74].

Элеутерококк колючий (*Eleutherococcus senticosus*) (рис. 7). В химическом составе элеутерококка колючего присутствует значительное количество тритерпеноидов, сапонинов, лигнанов,

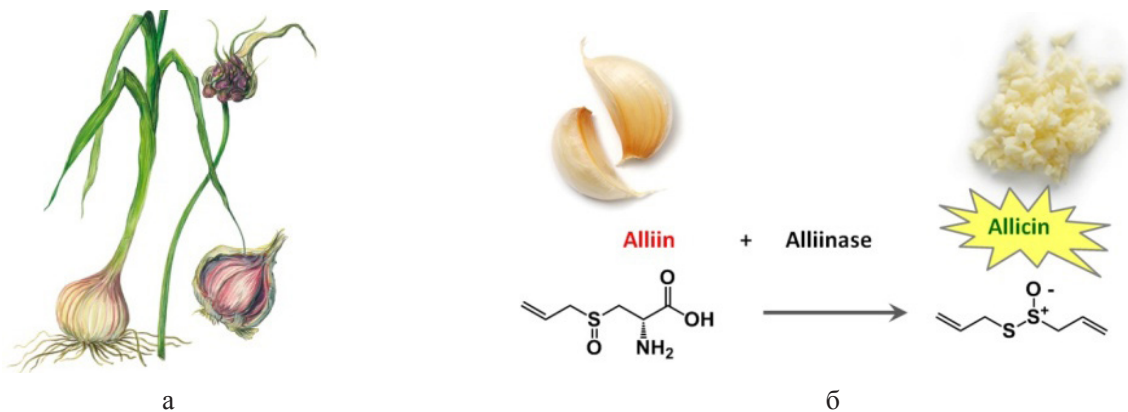


Рис. 6. Чеснок (*Allium sativum*) (а), схема образования аллицина (б)

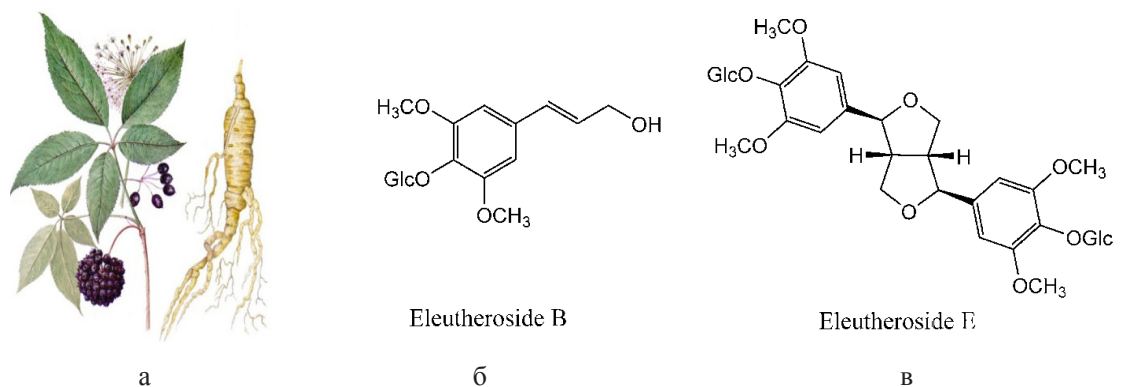


Рис. 7. Элеутерококк колючий (*Eleutherococcus senticosus*) (а), структурная формула элеутерозида В (б) и элеутерозида Е (в)

кумаринов и флавонов. Согласно литературным данным, наибольшую адаптогенную активность проявляют сиригин (элеутерозид В) и элеутерозид Е [75].

Экстракт, полученный из *Eleutherococcus senticosus*, стимулирует центральную нервную систему, повышает общую трудоспособность, остроту зрения, слух, регулирует уровень сахара в крови, повышает аппетит [76].

Элеутерококк – это полноценный аналог женьшеню. Политропное действие на организм человека связывают с наличием элеутерозидов, к которым относят элеутерозид А – стероид; элеутерозид В – производное фенилакриловой кислоты; элеутерозиды D и E – лигнаны; элеутерозиды I, K, L, M – тритерпеновые сапонины [77]. Лекарственным сырьем элеутерококка являются корни и корневища, иногда и листья. В настоящее время существует множество лекарственных форм данного растения: жидкие препараты, капсулы, порошки и т.д. Данное растительное сырье нашло широкое применение не только в фармакологической промышленности, но и применяется в косметологии [77]. Изучен адаптогенный эффект элеутерококка на примере препарата «Кардекаим». Доказано, что экстракт элеутерококка снижает физическую усталость, вызванную изнурительными упражнениями [78].

Среднее суммарное содержание флавоноидов [79, 80] рассматриваемого сырья представлено на рисунке 8.

Так, имбирь значительно лидирует по содержанию полифенольных веществ. Меньше всего веществ данного класса было обнаружено в чаге.

Направления использования рассматриваемого сырья

В ретроспективе 10 лет (2013–2022 гг.) был проведен статистический анализ количества на-

учных публикаций в рецензируемых журналах, индексированных в международных базах данных WoS и Scopus, размещенных на платформе Science Direct, по ключевому слову в поле поиска (рис. 9), а также при установке фильтров поиска по отрасли знаний или тематической области журнала в совокупности с объектом исследования (рис. 10).

Динамика публикационной активности демонстрирует повышенный интерес к таким растениям, как *Zingiber* и *Allium sativum*, в периоде с 2019 года, что, возможно, связано с эпидемиологической ситуацией в мире Covid-19. Биохимический потенциал и фармакологические свойства *Radices Ginseng*, *Inonotus obliquus* (Pers.) и *Eleutherococcus* изучались еще в XX веке (по данным Science Direct, при максимально возможном увеличении глубины поиска для данного ресурса). Эти растения также представляют интерес и для современной науки в области медицины и фармакологии.

Рассматриваемое растительное сырье используется и в пищевой промышленности для создания продуктов различной функциональной направленности. Так, напитки являются самой технологически простой пищевой системой для обогащения биологически активными веществами растительного происхождения путем внесения в купажный сироп различных экстрактов [81]. Имбирь, функциональная активность которого давно подтверждена научными исследованиями, применяют для создания хлебобулочных изделий с заданной биологической активностью [82, 83]. Рассматриваемое растительное сырье применяется также и при создании продуктов масложировой промышленности. Так, женьшень и элеутерококк применяются для создания ароматизированных жировых продуктов [84]. Фитоадаптогены при-

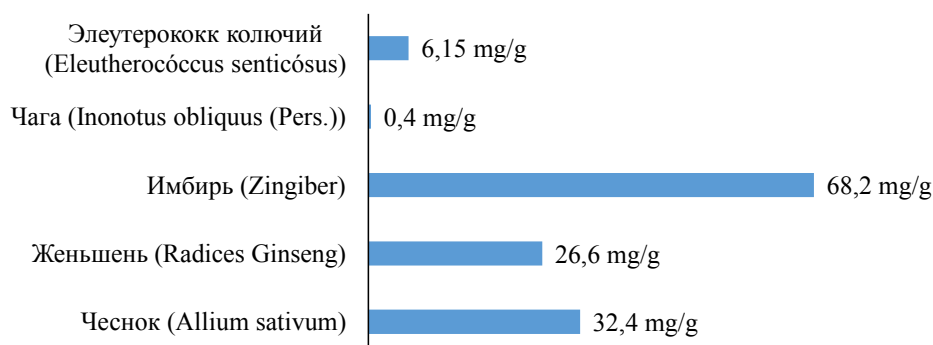


Рис. 8. Суммарное содержание флавоноидов в растительном сырье



меняются для создания пищевых концентратов, предназначенных для адаптации организма после выполнения работ в очагах химического, радиоактивного, биологического заражения [85]. Известен способ применения растительного

сырья и в рыбном производстве. Например, женьшень, элеутерококк, аралию применяют для копчения икры, что позволяет создавать продукт с выраженными профилактическими свойствами [86].

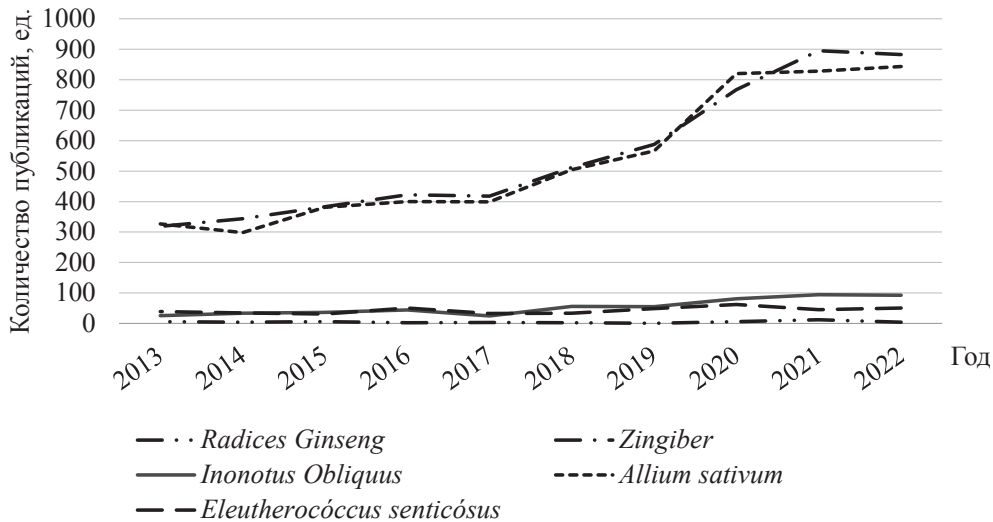


Рис. 9. Количество публикаций в международных базах данных, фиксируемых на платформе Science Direct по ключевым словам (латинское название растения)

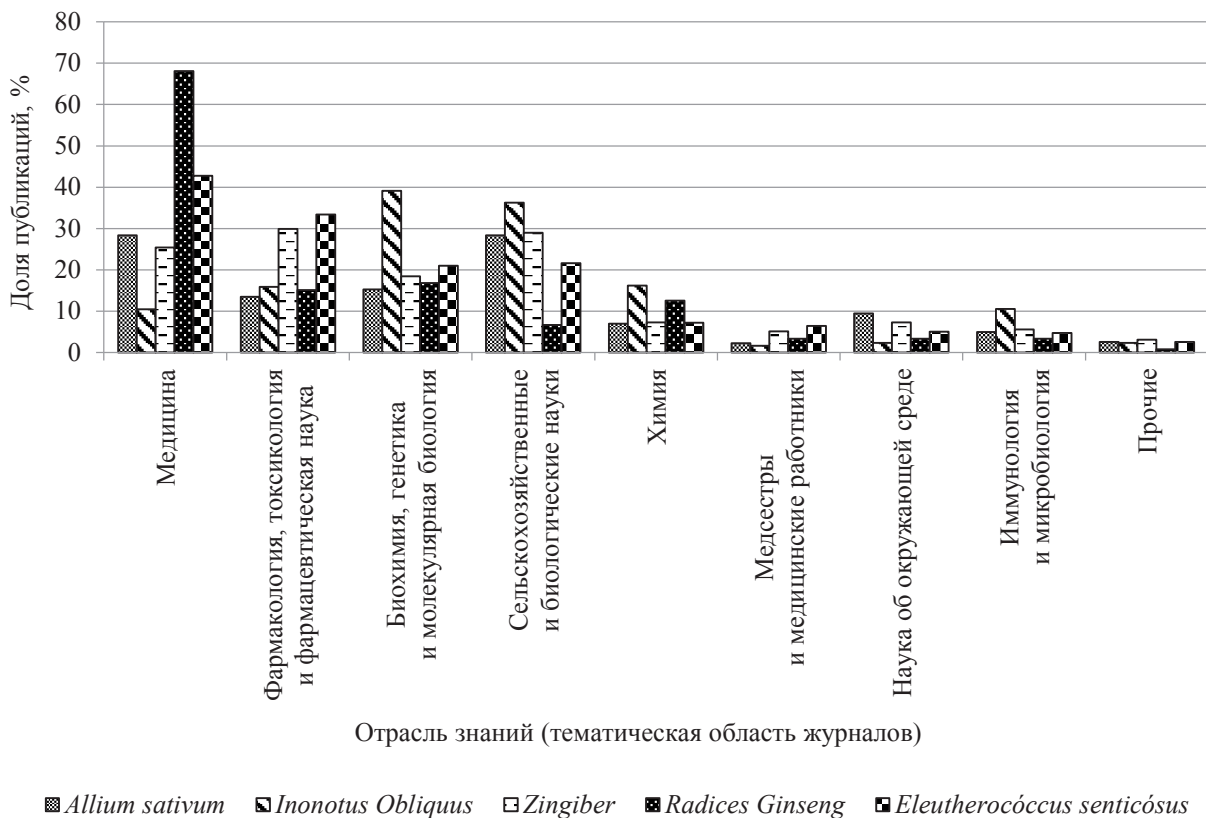


Рис. 10. Доля публикаций об исследуемом сырье в зависимости от отрасли знаний (тематической области научных журналов)

Выводы

Изучение биохимического потенциала растительных адаптогенов имеет не только прикладной, но и фундаментальный характер, так как в современных реалиях стресс-факторы являются неотъемлемой частью нашей жизни. В рассматриваемом сырье большинство адаптогенных свойств обусловлены наличием полифенольных соединений различной структуры. Содержание функциональных компонентов зависит от района возделывания культуры и параметров экстрагирования. Наиболее изученным сырьем является *Radices Ginseng* и его растительный аналог – *Eleutherococcus*, экстракты и препараты на основе которых уже нашли широкое применение в пищевых системах, в медицине. Также высокую биологическую ценность проявляет *Inonotus obliquus (Pers.)* за счет меланина. Содержание же флавоноидов в данном виде сырья снижено, однако этот факт не мешает оказывать такие же адаптивные свойства на организм человека. Тема фитоадаптогенов вызывает повышенный интерес в научном сообществе, это доказывает большое количество публикаций, в том числе зарубежных. Не до конца изучено седативное воздействие *Allium sativum* на организм человека, но данное сырье имеет повышенную биологическую активность за счет своего уникального состава. На основании выше изложенного мы можем говорить о перспективности более детального изучения отдельного растительного сырья в качестве природного источника стресс-регулирующих веществ при оценке кардио-, гепато-, нефро- и иммуномодулирующего действия на органном и организменном уровне в моделировании различных патологических процессов для людей, персонализированных по объему физических нагрузок, для создания функциональных пищевых систем.

Список литературы

1. Беспалов, В. Г. Растительное сырье как источник нутриентов при разработке функциональных и специализированных продуктов питания для онкологии / В. Г. Беспалов, Н. В. Баранова // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. – 2015. – С. 251–255.
2. Кравченко, Н. В. Современные тенденции использования растительного сырья для питания различных групп населения / Н. В. Кравченко // Современные тенденции развития туризма и индустрии гостеприимства. – 2019. – С. 86–89.
3. Kucharska H. W. Analysis of the frequency of use of supplements based on plant adaptogens and their impact on the psychophysical well-being of users / H. W. Kucharska // Med Srod. – 2022. – DOI: 10.26444/ms/153024.
4. Panossian, A. Evidence-based efficacy of adaptogens in fatigue, and molecular mechanisms related to their stress-protective activity / A. Panossian, G. Wikman // Curr. Clin. Pharmacol. – 2009. – № 4 (3). – P.198–219.
5. Kelly, G. S. Rhodiolarosea: A possible plant adaptogen / G. S. Kelly // Altern. Med. Rev. – 2001. – № 6. – P. 293–302.
6. Короленко, А. В. Стресс как фактор риска здоровья населения и распространения вредных привычек / А. В. Короленко // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2019. – № 1 (12). – С. 3–26.
7. Суркова, Д. Р. Стресс и его влияние на здоровье человека / Д. Р. Суркова, М. Н. Пискайкина // Известия Института систем управления СГЭУ. – 2018. – № 1. – С. 34–36.
8. Plant Adaptogens – History and Future Perspectives / V. Todorova [et al.] // Nutrients. – 2021. – Vol. 13. – № 8. – С. 2861.
9. Adaptogens exert a stress-protective effect by modulation of expression of molecular chaperones / A. Panossian, G. Wikman, P. Kaur, A. Asea // Phytomedicine. – 2009. – № 6 (7). – P. 617–622.
10. Rhodiolarosea in stress induced fatigue – a double blind cross-over study of a standardized extract SHR-5 with a repeated low-dose regimen on the mental performance of healthy physicians during night duty / V. Darbinyan, A. Kteyan, A. Panossian [et al.] // Phytomedicine. – 2000. – № 7 (5). – P. 365–371.
11. Wardle, J. Clinical naturopathy: an evidence-based guide to practice / J. Wardle, J. Saris. – New York : Elsevier Health Sciences, 2014.
12. Chrousos, G. P. The concepts of stress and stress system disorders: overview of physical and behavioral homeostasis / G. P. Chrousos, P. W. Gold // JAMA. – 1992. – № 267 (9). – P. 1244–1252.
13. Фисинин, В. И. Инвазивная и неинвазивная диагностика адаптационных реакций мясной птицы при применении стресс-протекторного антиоксиданта / В. И. Фисинин, А. В. Мифтахудинов, Э. М. Аминова // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 6. – С. 1244–1250. – DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1244rus. – EDN YLSVGG.
14. Фисинин, В. И. Фармакологическая профилактика стресса у цыплят при дебикиро-



вании / В. И. Фисинин, А. В. Мифтахутдинов, Д. Е. Аносов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 6. – С. 50–53. – EDN UXLOBP.

15. Аушанян, Э. Б. Адаптогены растительного происхождения / Э. Б. Арушанян, Э. В. Бейер. – Ставрополь : Изд-во СтГМУ, 2017. – 149 с.

16. Вилова, И. А. Адаптогены и их особенности применения в спортивной практике / И. А. Вилова // Региональный вестник. – 2020. – № 9 (48). – С. 40–41.

17. Meat productivity of chicken broilers when using stress protectors during the pre-slaughter period / A. V. Miftakhutdinov, E. R. Saifulmulyukov, E. A. Nogovitsina, E. A. Miftakhutdinova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019. – Kurgan : IOP Publishing Ltd, 2019. – Vol. 341. – P. 012050. – DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012050. – EDN VCTRUX.

18. Алексеева, Э. А. Молекулярные механизмы действия растительных адаптогенов / Э. А. Алексеева // Вестник Бурятского государственного университета медицины и фармации. – 2021. – С. 16–22.

19. A literature review of the studies concerning selected plant-derived adaptogens and their general function in body with a focus on animal studies / N. Esmaealzadeh [et al.] // Phytomedicine. – 2022. – С. 154354.

20. A preliminary review of studies on adaptogens: comparison of their bioactivity in TCM with that of ginseng-like herbs used worldwide / Ly. Liao, Yf. He, L. Li [et al.] // Chin Med. – 2018. – № 13. – P. 57. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0214-9>.

21. The phenylpropanoid pathway and plant defence-a genomics perspective / R. A. Dixon, L. Achnine, P. Kota [et al.] // Mol Plant Pathol. – 2002. – № 3. – P. 371–390.

22. Recent advances in biosynthesis of bioactive compounds in traditional Chinese medicinal plants / L. Yang, C. Yang, C. Li [et al.] // Sci. Bull. – 2016. – № 61. – P. 3–17.

23. Белая, Н. И. Механизм антирадикального действия природных фенилпропаноидов в полярных неионизирующих средах / Н. И. Белая, А. В. Белый, А. А. Давыдова // Кинетика и катализ. – 2020. – Т. 61. – № 6. – С. 789–796.

24. Litwinienko, G., Ingold K. U. // Acc. Chem. Res. – 2007. – № 40 (3). – P. 222.

25. Шишкина, Л. Н. Механизм ингибирования окислительных процессов природными антиоксидантами / Л. Н. Шишкина, М. В. Козлов // Биоантиоксидант. – 2020. – С. 110–111.

26. Ethnobotanical and Phytochemical Profiling of Medicinal Plants from Burkina Faso Used to Increase Physical Performance / H. Sama [et al.] // Medicines. – 2022. – Vol. 9. – № 2. – С. 10.

27. Гаджиева, Г. Э. Производные ментола в биохимических процессах / Г. Э. Гаджиева, С. В. Исмаилова // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2022. – № 3 (64). – С. 98–105.

28. Мамурова, М. М. Химический состав мяты и ее применение при заболеваниях нервной системы / М. М. Мамурова, Ш. А. Обидова, О. Н. Темирхужаева // Журнал химии товаров и народной медицины, 2022. – С. 116–126. – DOI: <https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol1.iss3.2022.56>.

29. Комарова, А. К. Исследование рынка растительных адаптогенов Дальневосточного федерального округа в 2013–2017 гг. / А. К. Комарова, А. С. Степанов // Актуальные проблемы медицины. – 2018. – Т. 41. – № 2. – С. 362–371.

30. Суюндукова, А. И. Растительные адаптогены / А. И. Суюндукова, А. Э. Ахметова // Будущее науки-2022 : сб. науч. ст. 10-й Междунар. молодежной научной конференции. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 370–372.

31. Evaluation of the mutagenic, cytotoxic, and antitumor potential of triptolide, a highly oxygenated diterpene isolated from *Tripterygium wilfordii* / L. A. Shamon, J. M. Pezzuto, J. M. Graves [et al.] // Cancer Lett. – 1997. – № 112. – P. 113–117.

32. Макарюк, А. Д. Выявление содержания флавоноидов в лекарственных растениях горного Алтая / А. Д. Макарюк // Перспективы развития фундаментальных наук. – 2021. – С. 146–148.

33. Узденов, М. Б. Возможности применения препаратов растительного сырья в медицинской реабилитации больных со злокачественными заболеваниями органов пищеварения / М. Б. Узденов // Курортная медицина. – 2019. – № 3. – С. 35–43.

34. Traditional usages, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Polygonum tiliiflorum* Thunb.: a review / L. Lin, B. Ni, H. Lin [et al.] // J Ethnopharmacol. – 2015. – № 159. – P. 158–83.

35. Decreased expression of alpha-2-HS glycoprotein in the sera of rats treated with Eurycomalon gifolia extract / C. Yeng, P. Wai-Mei, K.-W. M. Alan [et al.] // *Front Pharmacol.* – 2015. – № 6 (211). – P. 1–6.
36. Li, Y. I. Tanshinone IIA reduces macrophage death induced by hydrogen peroxide by upregulating glutathione peroxidase / Y. I. Li, G. Elmer, R. C. Leboeuf // *LifeSci.* – 2008. – № 83. – P. 557–562.
37. Black ginseng and its saponins: preparation, phytochemistry and pharmacological effects / A. M. Metwaly, Z. Lianlian, H. Luqi, D. Deqiang // *Molecules.* – 2019. – Vol. 24. – P. 1856. – DOI: 10.3390/molecules24101856.
38. Chemical composition characteristics of Korean straight ginseng products / Ch.-W. Cho, Y.-Ch. Kim, Y. K. Rhee [et al.] // *J. Ethnic Foods.* – 2014. – Vol. 1. – P. 24–28. – DOI: 10.1016/j.jef.2014.11.00.
39. Новые подходы к определению и групповой идентификации физиологически активных соединений в растительных материалах и коммерческой продукции методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масспектрометрическим детектированием / А. Н. Ставрианиди, Т. М. Байгильдиев, Е. А. Стекольщикова [и др.] // *Журнал аналитической химии.* – 2019. – С. 67–80.
40. A preliminary review of studies on adaptogens: comparison of their bioactivity in TCM with that of ginseng-like herbs used worldwide / L. Liao [et al.] // *Chinese medicine.* – 2018. – Vol. 13. – № 1. – С. 1–12.
41. Левашова, А. И. Идентификация компонентного состава женьшеня, культивируемого в Республике Алтай / А. И. Левашова // *Биомедицина.* – 2021. – Т. 17. – № S3. – С. 106–113.
42. Saponins in the genus *Panax* L. (Araliaceae): a systematic review of their chemical diversity / W.-z. Hu, Y. Yang, Wu. W.-y, M. Ye, D.-A. Guo // *Phytochemistry.* – 2014. – № 106. – P. 7–24.
43. Traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Panaxnotoginseng* (Burk.) FH Chen: a review / T. Wang, R. Guo, G. Zhou [et al.] // *J Ethnopharmacol.* – 2016. – № 188. – P. 234–258.
44. American Ginseng Attenuates Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage via the Modulation of Lipid Peroxidation and Inflammatory Adaptation in Males / C.-H. Lin, Y.-A. Lin, S.-L. Chen [et al.] // *Nutrients.* – 2022. – № 14. – P. 78.
45. Zheng, S. D. Roles and mechanisms of ginseng in cardiac protection / S. D. Zheng, H. J. Wu, D. L. Wu // *Chin. J. Integral. Honey.* – 2012. – № 18. – P. 548–555. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s11655-012-1148-1>.
46. Bioactivity-guided fractionation for anti-fatigue property of *Acanthopanax senticosus* / L.-Z. Huang, B.-K. Huang, Q. Ye, L.-P. Qin // *J Ethnopharmacol.* – 2011. – № 133 (1). – P. 213–219.
47. Chatterjee, A. Isolation of allo-imperatorin and β -sitosterol from the fruits of *Aegle marmelos* Correa / A. Chatterjee, S. K. Saha // *J Indian Chem Soc.* – 1957. – Vol. 34. – P. 228–230.
48. Gingerol inhibits COX-2 expression by blocking the activation of p38 MAP kinase and NF- κ B in phorbol ester-stimulated mouse skin / S. O. Kim [et al.] // *Oncogene.* – 2005. – Vol. 24. – № 15. – P. 2558–2567.
49. Anti-influenza agents from plants and traditional Chinese medicine / X. Wang, W. Jia, A. Zhao, X. Wang // *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives.* – 2006. – Vol. 20. – № 5. – P. 335–341.
50. Быков, И. И. Экстрагирование биологически активных веществ из *Zingiber officinale* Roscoe в технологии фитопрепаратов (обзор) / И. И. Быков, Д. В. Компанцев, И. М. Привалов // *Вестник Смоленской государственной медицинской академии.* – 2017. – С. 170–180.
51. Сангов, З. И. Оценка физико-химических свойств и антиоксидантной активности имбиря в зависимости от товарной формы и способа экстракции / З. И. Сангов, Р. Э. Хабибуллин, Т. А. Ямашев // *Неделя науки СПбПУ.* – 2019. – С. 24–27.
52. Вардуи, О. Использование имбиря и куркумы в лечебно-профилактических целях / О. Вардуи, М. Татевик // *Евразийский союз ученых.* – 2020. – № 4-5 (73). – С. 56–60.
53. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review of recent research / B. H. Ali [et al.] // *Food and chemical Toxicology.* – 2008. – Vol. 46. – № 2. – P. 409–420.
54. Nootropic and neuroprotective effects of *DichrocephalainTEGRIFOLIA* on scopolamine mouse model of Alzheimer's disease / N. E. Kouémou [et al.] // *Frontiers in Pharmacology.* – 2017. – Vol. 8. – P. 847.
55. Protective effect of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extract against oxidative stress and mitochondrial apoptosis induced by Interleukin-1 β in cultured chondrocytes / A. Hosseinzadeh,



K. BahrapourJuybari, M. J. Fatemi [et al.] // *Cells Tissues Organs*. – 2017. – № 204. – P. 241–25.

56. Srinivasan, K. Nutraceutical Potential of Ginger / K. Srinivasan, P. Adhya, S. S. Sharma // *Nutraceuticals in Veterinary Medicine* / R. Gupta, A. Srivastava, R. Lall (eds). – Springer, Cham, 2019. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_4.

57. Investigation of *Inonotusobliquus* (Pers.) Pil. Extracts and Melanins after RF-plasma treatment of raw material / O. Y. Kuznetsova, I. S. Abdullin, M. F. Shaekhov [et al.] // *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seria Estestvennye Nauki*. – 2016. – № 158 (1). – P. 23–33.

58. Burmasova, M. A. Chemical composition and biological activity of the BuOH fraction from chaga melanin / M. A. Burmasova, M. A. Sysoeva // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. – 2017. – № 51 (4). – P. 292–294.

59. Кароматов, И. Д. Грибы – лечебные свойства (обзор литературы) / И. Д. Кароматов // *Биология и интегративная медицина*. – 2019. – № 11 (39). – С. 72–131.

60. Pharmacological effects of biologically active compounds from *Allium sativum* / A. Johnny [et al.] // *Pharmacological advantages of natural remedies*. – IGI Global, 2023. – P. 13–30.

61. Bibliometric study of adaptogens in dermatology: pharmacophylogeny, phytochemistry and pharmacological mechanisms / H. H. Liu [et al.] // *Drug design, development and therapy*. – 2023. – P. 341–361.

62. Вялых, Е. В. Характеристика гриба чага и его использование в производстве экстрактов для лечебного и профилактического питания / Е. В. Вялых, Н. Г. Челнакова, В. М. Позняковский // *АПК России*. – 2017. – Т. 24. – № 3. – С. 699–705.

63. Kahlos, K. Antitumor activity of triterpenes in *Inonotusobliquus* / K. Kahlos, L. Kangas, R. Hiltunen // *PlantaMedica*. – 1986. – № 52. – P. 554.

64. Shin, Y. Triterpenoids, steroids and a new sesquiterpen from *Inonotusobliquus* (Pers.: Fr.) Bond. et Sing / Y. Shin, Y. Tamai, M. Terazawa // *Int. J. of Medicinal Mushrooms*. – 2001. – Vol. 3. – P. 250.

65. Получение, и анализ фракций липофильных и фенольных веществ чаги / Г. И. Кыямова, Р. Р. Фаррухшина, В. Р. Хабибрахманова [и др.] // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. – 2016. – Т. 19. – № 5. – С. 9–13.

66. Attenuation of sulfite-induced testicular injury in rats by *Zingiber officinale* Roscoe / A. Afkhami Fathabad, S. Shekarforoush, M. Hoseini [et al.] // *J Diet Suppl*. – 2018. – № 15. – P. 398–409.

67. Nakata, T. Structure determination of inonotsu oxides A and B and in vivo anti-tumor promoting activity of inotodiol from the sclerotia of *Inonotus obliquus* / T. Nakata, S. Taji, T. Yamada // *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. – 2007. – Vol. 15. – № 1. – P. 257–264.

68. Чилачава, К. Б. Изучение бактерицидных свойств ферментированного чеснока / К. Б. Чилачава, Н. В. Серегина, А. Е. Лыгина // *Наука и просвещение: актуальные вопросы, достижения и инновации*. – 2020. – С. 24.

69. Куликова, В. В. Антибактериальное действие тиосульфидов на мультирезистентные штаммы бактерий, выделенные от больных муковисцидозом // *ActaNaturae* (русскоязычная версия). – 2018. – Т. 10. – № 3 (38). – С. 83–87.

70. Pharmacological Effects of Bioactive Compounds From *Allium sativum* / A. Johnny [et al.] // *Pharmacological Benefits of Natural Agents*. – IGI Global, 2023. – P. 13–30.

71. Технология полисахаридов из лука и чеснока / Н. Ш. Эрназарова [и др.] // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн*. – 2021. – № 11 (92). – URL : <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12653>.

72. Доклинические исследования холодного воздействия для оценки эффективности и функциональной направленности специализированного продукта / Н. А. Фролова [и др.] // *Вопросы питания*. – 2021. – Т. 90. – № 4 (536). – С. 138–143.

73. Sharma, A. Amelioration of lead-induced hepatotoxicity by *Allium sativum* extracts in Swiss albino mice / A. Sharma, V. Sharma, L. Kansal // *Libyan journal of Medicine*. – 2010. – Vol. 5. – № 1.

74. Lamponi, S. Biologically active natural compounds with antiplatelet and anticoagulant activity and their potential role in the treatment of thrombotic disorders / S. Lamponi // *Life*. – 2021. – Vol. 11. – № 10. – P. 1095.

75. Бейер, Э. В. Хронотропные свойства адаптогенных средств / Э. В. Бейер, А. А. Скорняков, Э. Б. Арушанян // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. – 2014. – № 10. – С. 3–5.

76. Антикоагулянтные свойства элеутерококка *Eleutherococcus senticosus* / Е. Г. Шахматов, М. Н. Носова [и др.] // *Химия растительного сырья*. – 2011. – № 3. – С. 179–182.

77. Карнаух, Э. В. Актуальность политропного действия элеутерококка в современной медицине / Э. В. Карнаух, И. И. Петриченко // European Student Scientific Journal. – 2015. – № 1.

78. Алексеева, Э. А. Молекулярно-клеточные механизмы стресс-протективной активности растительного адаптогенного средства «Кардекаим» на фоне острого эмоционального стресса / Э. А. Алексеева // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2018. – Т. 81. – № 2. – С. 17–20.

79. Макарова, Н. В. Влияние технологии экстрагирования на содержание фенолов, флавоноидов и уровень антиоксидантной активности для плодов шиповника (*RosaL.*), коры дуба (*QuercusroburL.*), корня ревеня (*Rheumofficinale*), корня женьшеня (*PanaxL.*), почек березы (*BetulaL.*) / Н. В. Макарова, Д. Ф. Еремеева // Химия растительного сырья. – 2020. – № 3. – С. 271–278.

80. Андреева, А. В. Сравнительная характеристика показателей антиоксидантной активности специй / А. В. Андреева, Н. В. Макарова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – № 2–3. – С. 31–34.

81. Патент № 2715342 С1 Российская Федерация, МПК А23L 2/00, А23L 2/38. Безалкогольный напиток адаптогенного действия : № 2019121057 : заявл. 03.07.2019 : опубл. 26.02.2020 / А. А. Схалыхов, Х. Р. Сиюхов, З. Т. Тазова [и др.].

82. Волошин, Ю. Н. Использование природного растительного адаптогена в технологии хлебобулочных изделий / Ю. Н. Волошин, М. М. Жемухова, Е. Ю. Доренская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2020. – № 1 (373). – С. 18–21. – DOI: 10.26297/0579-3009.2020.1.4.

83. Самченко, О. Н. Использование пряностей семейства Имбирные в качестве источника биологически активных веществ в изделиях из муки / О. Н. Самченко, О. Г. Чижикина // Вестник ТГЭУ. – 2008. – № 4. – С. 67–72.

84. Патент № 2240017 С1 Российская Федерация, МПК А23L 1/221, А23В 4/044, А23D 9/02. Способ ароматизации масел и жиров : № 2003106732/13 : заявл. 11.03.2003 ; опубл. 20.11.2004 / И. Н. Ким, Т. Н. Радакова, Т. И. Ткаченко.

85. Патент № 2210256 С2 Российская Федерация, МПК А23L 1/29, А23L 1/212. Способ производства сухой адаптогенной питательной смеси : № 2001101023/13 : заявл. 15.01.2001 : опубл. 20.08.2003 / И. Н. Попова, Л. П. Павлова, Л. В. Козина [и др.].

86. Патент № 2249418 С1 Российская Федерация, МПК А23L 1/328, А23В 4/00. Способ приготовления деликатесной икры : № 2003132506/13 : заявл. 05.11.2003 : опубл. 10.04.2005 / И. Н. Ким, Т. И. Ткаченко.

Рябоконева Лариса Алексеевна, ассистент кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, младший научный сотрудник лаборатории сверхкритической флюидной экстракции, аспирант кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

E-mail: Lara.ryabokoneva22@mail.ru.

Сергеева Ирина Юрьевна, д-р техн. наук, доцент, заведующая кафедрой технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

E-mail: sergeeva.76@list.ru.

Аншуков Андрей Владимирович, научный сотрудник лаборатории комплексной научно-технической программы, аспирант кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

E-mail: anshukov@live.ru.

Пермякова Лариса Викторовна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

E-mail: delf-5@yandex.ru.

* * *