

Введение В современной фармации одним из актуальных направлений является поиск нетрадиционных источников биологически активных веществ, обладающих одновременно как высокими сорбционными свойствами, так и высокой биологической активностью. Основными критериями к выбору таких веществ являются биосовместимость и нетоксичность. Этим условиям отвечают природные пигменты – меланины, являющиеся высокомолекулярными полимерами нерегулярной структуры, относящиеся к классу конденсированных фенольных соединений. Различают меланины растительного, грибного и животного происхождения [1, 2]. Основная их функция – формирование окраски. Они придают темную окраску волос человека, телам насекомых, клеточной стенке грибов и микроорганизмов. Характерной особенностью меланиновых пигментов является наличие высокостабильных парамагнитных центров, разнообразных функциональных групп, а также системы сопряженных двойных связей в их молекулах [3, 4]. При этом они проявляют широкий спектр биологической активности, обладают фото- и радиопротекторным, иммуномодулирующим, анти-мутагенным, противовоспалительным, ауксиноподобным, противоопухолевым, выраженным антиоксидантным действием, им присуща способность связывать ионы тяжелых металлов, а также служить энергетическими переносчиками и влиять на целостность клеток [4-13]. Известна сорбционная емкость меланинов чая, винограда, семенных оболочек гречихи и мха по отношению к кадмию, меди, свинцу, никелю [14, 15]. В работах [16-18] нами были проведены предварительные исследования сорбционных свойств меланинов березового гриба чаги, полученных по новой авторской методике [19]. Цель работы – исследование сорбционных свойств меланинов чаги, полученных разными способами экстрагирования. Экспериментальная часть В работе использовалось сырье чаги, закупаемое в аптечной сети, поставщик ИП Гордеев М. В., Россия, РБ, Уфимский район, с. Русский Юрмаш партия 09.03.11. Экстракты чаги серии Фунги Б12 получались согласно патенту [19]. Отличия экстрактов серии Фунги Б12 достигались за счет изменения условий экстрагирования путем введения дополнительных стадий предобработки сырья или использования различных экстрагентов в процессе экстракции: 1) Фунги Б12 – водный экстракт чаги [19]; 2) Фунги Б12/Б – водный экстракт чаги, полученный с использованием предварительного замораживания сырья перед экстракцией [20]; 3) Фунги Б12/В – экстракт чаги, полученный с применением водного раствора диметилсульфоксида; 4) Фунги Б12/Г – экстракт чаги, полученный с применением растворителя смешанного типа. Меланины выделялись согласно общепринятой методике [21, 22], осаждением хлористоводородной кислотой из экстрактов чаги. Определение содержания экстрактивных веществ, вязкости, рН экстрактов проводилось по [22]. Физико-химические характеристики экстрактов приведены в табл. 1. Таблица 1 – Физико-химические характеристики экстрактов чаги

Экстракт	Содержание
----------	------------

экстрактивных веществ, г/100мл Содержание меланина, г/100мл Фунги Б12 $2,83 \pm 0,31$ $1,79 \pm 0,21$ Фунги Б12/Б $4,73 \pm 0,26$ $3,48 \pm 0,24$ Фунги Б12/В $3,78 \pm 0,28$ $3,10 \pm 0,33$ Фунги Б12/Г $11,15 \pm 0,22$ $10,63 \pm 0,28$ Антиоксидантная активность экстрактов и меланинов чаги определялась кулонометрическим способом (табл. 2) [23, 24]. Оценка сорбционной способности проводилась комплексонометрическим методом по адаптированной методике [16-17].

Результаты представлены на рис. 1. Таблица 2 – Антиоксидантные характеристики экстрактов и меланинов чаги Экстракт АОА экстрактов, Кл/мл АОА меланина, кКл/100г Фунги Б12 $6,1 \pm 0,1$ $48,2 \pm 1,0$ Фунги Б12/Б $9,1 \pm 0,1$ $66,8 \pm 1,0$ Фунги Б12/В $8,8 \pm 0,1$ $64,9 \pm 0,8$ Фунги Б12/Г $21,0 \pm 0,3$ $80,0 \pm 1,0$ Рис. 1 – Зависимость сорбции меди меланинами в зависимости от концентрации сульфата меди Результаты и их обсуждение Меланины являются главным действующим веществом березового гриба чаги. Их относят к наноразмерным биочастицам с $R_{эфф} 30 \div 150$ нм [16, 25]. Величина агрегатов меланинов зависит от условий экстрагирования и от особенностей формирования коллоидной системы экстрактов чаги. Ранее в работах [25-27] было установлено, что формирование коллоидных дисперсных систем экстрактов чаги и меланинов из них сильно зависит от способа экстрагирования. Были рассмотрены три способа экстрагирования реперколяция, ремацерация и механическое перемешивание. Наиболее удобным в использовании был выбран способ ремацерации [28], который позволял получать экстракты чаги с оптимальными физико-химическими и антиоксидантными характеристиками. Структура меланина, выделяемого из такого экстракта, характеризовалась более рыхлой структурой с большим количеством активных центров на его поверхности. Недостатком данного способа была длительность экстрагирования. Экстракты чаги, рассматриваемые в данном исследовании, являются результатом многочисленных модернизаций способов экстрагирования чаги, позволяющих получить высокоантиоксидантные меланины [19, 20, 25-28]. За основу взят экстракт Фунги Б12, получаемый по способу [19]. Использование которого позволило снизить технологические и экономические затраты, за счет сокращения времени экстрагирования в 6,5 раз по сравнению с ремацерацией [28]. При этом содержание экстрактивных веществ выросло в 1,6 раз, выход меланина – в 1,8 раз, антиоксидантная активность экстрактов увеличивается в 1,9 раз, а меланинов – в 1,4 раза. Срок хранения готового экстракта увеличился вдвое, по сравнению с экстрактом, полученным ремацерацией. Это объясняется высоким содержанием экстрактивных веществ, в том числе меланинов, обладающих высокой антиоксидантной активностью. Дальнейшая модернизация этого способа экстрагирования привела к созданию на основе этого экстракта серию инновационных препаратов – Фунги Б12/Б, Фунги Б12/В, Фунги Б12/Г. Изменения, вносимые в процесс экстрагирования, существенно изменяют свойства экстрактов, что сказывается на всех показателях. Все выбранные

экстракты характеризуются увеличением содержания экстрактивных веществ в среднем в 2-4 раза с долей меланинов от 60 до 95%, повышением антиоксидантной активности экстрактов в 1,5-3,5 раза, а меланинов – в 1,5-2 раза. Анализ сорбционных свойств исследуемых меланинов показывает, что при не высоких количествах ионов меди в растворе (0,005 и 0,02 г/л) исследуемые меланины проявляют одинаковую сорбционную способность, связывая в среднем 90-95% ионов меди. При высоких же концентрациях ионов меди в растворе (0,1 и 0,2 г/л) исследуемые меланины проявляют разную сорбционную способность. Сорбционная способность возрастает в ряду Фунги Б12/Г → Фунги Б12/В → Фунги Б12 → Фунги Б12/Б. Надо отметить существенное влияние экстрагента на сорбционную способность меланинов чаги. Лучшей сорбционной способностью обладает меланин чаги Фунги Б12/Б, полученный с помощью водной экстракции. В этом случае высокая сорбционная способность наблюдается как при низких, так и при высоких концентрациях ионов меди. По-видимому, использование предварительной обработки сырья замораживанием настолько изменяет структурную организацию извлекаемого меланина, что на его поверхности располагается большое количество функциональных группировок, способных связывать ионы тяжелых металлов. Как было установлено ранее с помощью микроскопирования экстрактов [20] данный меланин обладает более упорядоченным строением по сравнению с меланином Фунги Б12, полученным также водной экстракцией. Для меланина водного экстракта Фунги Б12 при увеличении концентрации ионов меди в растворе происходит снижение сорбционной способности примерно вдвое. Для меланинов экстрактов чаги Фунги Б12/В и Фунги Б12/Г наблюдается значительное снижение сорбционной способности в 7 и 17 раз соответственно. Этот эффект можно объяснить спецификой формирования агрегатов меланинов и влиянием диметилсульфоксида на их структурную организацию. Вероятно, диметилсульфоксид частично встраивается в структуру этих меланинов, меняя их конформацию. При этом достигается максимальная доступность функциональных группировок, отвечающих за антиоксидантную активность, но резко уменьшается количество центров связывания ионов тяжелых металлов. В целом надо отметить, что меланины чаги, полученные разными способами, имеют высокую антиоксидантную активность и обладают разной сорбционной способностью. Сорбционная способность является важным показателем, дающим основание рекомендовать меланины чаги, полученные с помощью водной экстракции, для включения в состав пищевых продуктов функционального назначения при их разработке. В дальнейшем полученные пищевые продукты можно вводить в рационы диетического и лечебно-профилактического питания населения. Выводы 1. Сорбционная способность меланинов сильно зависит от экстрагента, используемого в экстракции чаги. 2. Наилучший сорбирующий эффект наблюдается у меланинов чаги, полученных

экстрагированием водой – Фунги Б12 и Фунги Б12/Б. 3. Наиболее эффективным сорбентом является меланин чаги Фунги Б12/Б, поскольку его структурная организация позволяет сорбировать ионы меди как в высоких, так и в низких концентрациях. 4. Меланины чаги, полученные с помощью водной экстракции, обладают высокой сорбционной способностью и являются перспективными источниками антиоксидантов. 5. Рекомендуется использовать меланины чаги в фармацевтической и пищевой промышленности для создания на их основе лекарственных препаратов, пищевых и биологически активных добавок, а также пищевых продуктов функциональной лечебно-профилактической направленности.