

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ НАСТОЕК ФУКУСОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

М.П. Клиндух, Е.Д. Облучинская, канд. фарм. наук

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН;
183010, Россия, Мурманск, ул. Владимирская, д. 17

Е-mail: obluchinskaya@mmbi.info

Проведено сравнительное исследование химического состава и антиоксидантной активности водно-спиртовых настоек фукусовых водорослей, произрастающих в Белом и Баренцевом морях. Изучено влияние концентрации этилового спирта на выход различных биологически активных веществ из высушенных слоевищ водорослей. Установлено, что состав, содержание БАВ и антиоксидантная активность у 40% спиртовых настоек высушенных слоевищ были наибольшими.

Ключевые слова: бурые водоросли, фукус пузырчатый, *Fucus vesiculosus* L., аскофиллум узловатый, *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis., настойки, антиоксидантная активность, содержание, маннит, полифенолы, свободные аминокислоты, йод, фукоидан.

Настойки — старейшая лекарственная форма, и, несмотря на наличие разнообразных современных лекарственных форм, они не утратили своего значения. Настойки не только удобны в применении, но и благодаря щадящим условиям получения содержат вещества в неизменённой, нативной форме. Это обеспечивает их лучшее всасывание и восприятие организмом.

Фукусовые водоросли — перспективное лекарственное сырье, содержащее уникальные биологически активные вещества (БАВ). На основе бурых водорослей изготавливают различные биологически активные добавки (БАД) и лечебно-профилактические средства для укрепления иммунной системы, профилактики, а также лечения онкологических и желудочно-кишечных заболеваний, вирусных и бактериальных инфекций [1].

В настоящее время при переработке водорослей с целью предварительной очистки целевых компонентов, например полисахаридов, проводят обработку сырья спиртом или водно-спиртовой смесью и получают экстракты с содержанием этилового спирта 96, 70 и 40% в зависимости от состояния водорослевого сырья (сухое, замороженное или свежее). В дальнейшем из этих спиртовых экстрактов либо извлекают необходимые БАВ, либо они попадают в отходы. Компонентный состав и применение этих спиртовых

экстрактов как суммарных галеновых препаратов не исследованы.

Цель данной работы — сравнительное исследование химического состава и антиоксидантной активности настоек фукусовых водорослей *F. vesiculosus* и *A. nodosum* Белого и Баренцева морей, а также изучение влияния концентрации этилового спирта на выход различных БАВ.

Экспериментальная часть

В работе использовали высушенные слоевища фукуса пузырчатого *Fucus vesiculosus* L. и аскофиллума узловатого — *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, собранные в июне—июле 2011 г. в Баренцевом и Белом морях.

Спиртовые настойки водорослей с разной концентрацией этилового спирта (40, 70, 96%) получали методом перколяции. Водоросли подвергали однократной перколяции спустя 24 ч после настаивания при комнатной температуре. Соотношение сырья: экстрагент составляло 1 : 4. Полученные жидкие извлечения доводили чистым экстрагентом до 100 мл.

Содержание веществ в настойках устанавливали по стандартным методикам, модифицированным для бурых водорослей: маннит определяли методом обратного титрования, фукоидан и общие фенолы — спектрофотометрическим методом, йод — по ГОСТ



26185-84, свободные аминокислоты (АК) – методом восходящего хроматографического разделения на бумаге, сухой остаток – по фармакопейной методике (ГФ XI, ч. 1); антиоксидантную активность – по методу DPPH [2–5]. Выход веществ в настойках рассчитывали относительно их содержания в водорослях, которое было изучено ранее [2]. Все данные получены в пятикратной повторности и обработаны с использованием математических и статистических формул.

Спиртовые настойки фукусов значительно отличались между собой по содержанию сухих веществ. Наименьшее количество исследуемых БАВ переходило в раствор при экстракции 96% спиртом, наибольшее – при обработке 40% раствором спирта (см. рисунок).

Содержание маннита, полифенолов, свободных АК (суммарное и большинства отдельных) в спиртовых настойках фукусов увеличивалось с уменьшением концентрации спирта. Всего в настойках из бурых водорослей обнаружено 16 свободных аминокислот, 6 из которых относятся к незаменимым. По мере снижения концентрации спирта содержание йода уменьшалось: 96% настойки содержали больше растворенного йода, чем 40% (табл. 1, 2).

Исследуемые 40% настойки из обоих видов водорослей отличались от 96 и 70% настоек наличием в своем составе полисахарида фукоидана, содержание которого составило 2,45% для настойки фукуса и 1,55% – для настойки аскофиллума (см. табл. 1). Выход (в пересчете на содержание в высушенном сырье)

большинства БАВ для 40% настоек был самым высоким. Но при этом по отношению к йодистым соединениям извлекающая способность была наибольшей у 96% спирта (табл. 3).

В связи с высоким содержанием в водорослях полифенолов и фукоидана, обладающих выраженной антиоксидантной активностью (АА) [5], а также возможной ролью других БАВ водорослей, были исследованы 40 и 70% настойки фукусов. Установлено, что содержание антиоксидантов в 40% настойках значительно выше, чем в 70% настойках у всех водорослей без исключения (табл. 4). Наибольшие значения АА определены у 40% настоек из водорослей, произрастающих в Баренцевом море.

Таким образом, проведенные исследования показали, что спиртовые настойки фукусовых водорослей могут быть использованы не только при производстве пищевых биологически активных добавок, но и в качестве самостоятельных лечебно-профилактических средств, как дополнительный источник йода, аминокислот и других БАВ, положительно влияющих на общее состояние организма, а также источник антиоксидантов растительного происхождения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №140498807рег-север-а.

Выводы

1. В настойках, полученных из слоевищ фукуса пузырчатого и аскофиллума узловатого, определе-

Таблица 1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НАСТОЕК ФУКУСОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ, %

Вид водоросли (место сбора)	Маннит	Общие фенолы	Свободные аминокислоты*	Незаменимые свободные аминокислоты*	Йод	Фукоидан
<i>96% спиртовые настойки</i>						
Фукус пузырчатый:						
Белое море	0,12±0,01	2,45±0,27	0,06±0,01	0,020±0,003	0,002	–
Баренцево море	0,10±0,01	2,15±0,13	0,06±0,01	0,020±0,003	0,027	–
Аскофиллум узловатый:						
Белое море	0,06±0,01	1,75±0,20	0,010±0,002	0,005±0,001	0,006	–
Баренцево море	0,05±0,01	1,77±0,12	0,020±0,003	0,005±0,001	0,020	–
<i>70% спиртовые настойки</i>						
Фукус пузырчатый:						
Белое море	1,10±0,01	3,14±0,34	1,21±0,18	0,18±0,03	0,002	–
Баренцево море	1,49±0,04	3,05±0,18	1,09±0,16	0,18±0,03	0,020	–
Аскофиллум узловатый:						
Белое море	0,79±0,04	2,26±0,26	1,11±0,17	0,17±0,03	0,005	–
Баренцево море	0,83±0,03	2,26±0,15	1,30±0,20	0,17±0,03	0,015	–
<i>40% спиртовые настойки</i>						
Фукус пузырчатый:						
Белое море	2,07±0,03	4,15±0,45	3,50±0,53	0,30±0,05	0,001	2,60±0,24
Баренцево море	2,02±0,01	3,43±0,20	2,16±0,32	0,23±0,03	0,011	2,45±0,30
Аскофиллум узловатый:						
Белое море	1,78±0,06	2,85±0,33	2,85±0,43	0,31±0,05	0,002	1,64±0,11
Баренцево море	1,71±0,03	2,85±0,19	2,98±0,45	0,30±0,05	0,008	1,55±0,14

* Суммарное содержание свободных аминокислот и незаменимых свободных аминокислот указано в мг/г настойки.

СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В НАСТОЙКАХ, мг/100 г НАСТОЙКИ

Аминокислоты	Фукус пузырчатый		Аскофиллум узловатый	
	Белое море	Баренцево море	Белое море	Баренцево море
<i>96% спиртовые настойки</i>				
Аланин	0,86±0,11	1,16±0,16	0,67±0,10	1,19±0,17
Валин	0,18±0,03	0,28±0,04	0,08±0,01	0,08±0,01
Глутаминовая кислота	0,43±0,06	0,17±0,02	0,07±0,01	0,02±0,01
Изолейцин+лейцин	0,18±0,03	0,36±0,05	0,15±0,02	0,18±0,03
Лизин	0,31±0,05	0,05±0,01	следы	0,02±0,01
Тирозин	0,90±0,14	0,79±0,12	следы	следы
Триптофан	0,52±0,08	0,60±0,09	следы	следы
Фенилаланин	0,86±0,13	0,72±0,11	0,22±0,03	0,22±0,03
<i>70% спиртовые настойки</i>				
Аланин	12,85±1,67	25,86±3,36	14,34±2,01	21,34±3,20
Аргинин	8,97±1,26	1,54±0,22	6,15±0,98	9,49±1,14
Аспарагиновая кислота	16,67±2,00	11,54±1,73	18,72±2,43	13,08±1,83
Валин	2,30±0,35	2,11±0,30	1,91±0,29	1,63±0,26
Гистидин	10,67±1,39	7,00±0,98	9,33±1,21	15,00±1,89
Глицин	2,39±0,36	2,49±0,37	2,29±0,34	2,49±0,31
Глутаминовая кислота	10,25±1,23	7,50±0,90	6,00±0,72	5,58±0,76
Изолейцин+лейцин	2,76±0,41	3,05±0,40	3,78±0,57	2,91±0,45
Лизин	3,30±0,46	3,07±0,43	3,30±0,46	3,98±0,51
Тирозин	4,86±0,63	7,57±0,91	4,32±0,69	4,32±0,70
Триптофан	4,29±0,51	5,00±0,65	3,21±0,45	2,86±0,35
Фенилаланин	5,17±0,62	5,17±0,72	5,17±0,67	5,17±0,74
<i>40% спиртовые настойки</i>				
Аланин	12,53±1,79	19,22±2,94	16,90±2,42	21,08±3,29
Аргинин	18,91±2,50	1,60±0,27	13,78±1,69	8,01±1,11
Аспарагиновая кислота	61,86±9,90	33,33±5,01	52,24±7,78	41,35±5,83
Валин	1,56±0,27	1,56±0,25	1,56±0,25	1,56±0,20
Гистидин	26,67±3,47	12,08±1,60	22,08±3,05	20,00±2,92
Глицин	14,43±2,01	9,58±1,37	9,45±1,34	7,59±1,22
Глутаминовая кислота	32,19±4,06	12,29±1,54	13,65±1,99	11,67±1,60
Изолейцин+лейцин	3,82±0,55	2,36±0,31	3,82±0,52	4,00±0,57
Лизин	6,96±0,88	5,54±0,85	6,68±0,82	9,38±1,24
Тирозин	10,14±1,60	10,14±1,38	8,11±1,12	12,16±1,74
Триптофан	10,27±1,41	8,48±1,04	10,71±1,52	8,93±1,39
Фенилаланин	7,33±0,92	4,74±0,66	7,76±1,06	6,47±0,82

но содержание маннита, общих фенолов, свободных аминокислот, йода и фукоидина.

2. Настойки фукусовых водорослей обладают антиоксидантной активностью, которая наиболее выражена при применении 40% спирта.

3. Концентрация спирта, используемого для по-

лучения настоек, влияет на качественный состав и количественное содержание в них биологически активных веществ.

4. Место сбора водорослей оказывает существенное влияние только на содержание в настойках йодистых соединений.

Таблица 3

ВЫХОД ВЕЩЕСТВ В НАСТОЙКАХ ИЗ ВОДОРΟΣЛЕЙ, % ОТ СОДЕРЖАЩЕГОСЯ В СЫРЬЕ

Вид водоросли и место сбора	Маннит	Свободные аминокислоты	Незаменимые свободные аминокислоты	Общие фенолы	Йод	Фукоидан
<i>96% спиртовые настойки</i>						
Фукус пузырчатый: Белое море	4,0	1,5	6,5	53,3	90,8	—
Баренцево море	3,3	2,5	8,1	55,8	90,4	—
Аскофиллум узловатый: Белое море	2,9	0,5	1,3	47,9	86,5	—
Баренцево море	2,5	0,6	1,5	47,8	89,0	—
<i>70% спиртовые настойки</i>						
Фукус пузырчатый: Белое море	36,7	32,4	56,7	68,3	63,2	—
Баренцево море	49,7	46,0	74,5	79,2	65,8	—
Аскофиллум узловатый: Белое море	37,6	35,4	51,6	61,9	62,9	—
Баренцево море	41,5	40,5	50,0	61,1	65,1	—
<i>40% спиртовые настойки</i>						
Фукус пузырчатый: Белое море	69,0	93,8	95,3	90,2	36,4	68,4
Баренцево море	67,3	91,5	91,8	89,1	36,0	66,2
Аскофиллум узловатый: Белое море	84,8	90,6	90,6	77,7	32,8	56,6
Баренцево море	85,5	92,8	91,6	77,0	34,0	57,7

Таблица 4

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ НАСТОЕК ИЗ ВОДОРΟΣЛЕЙ IC₅₀, мкг/мл

Вид водоросли	Место сбора	40% экстракт	70% экстракт
Фукус	Белое море	83,0	>250
Аскофиллум	Белое море	230,0	>250
Фукус	Баренцево море	26,8	>250
Аскофиллум	Баренцево море	56,4	>250

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Облучинская Е.Д., Воскобойников Г.М., Минина С.А. Полисахариды в бурых водорослях. Фармация, 2004; 3: 15–18. (Obluchinskaya E.D., Voskoboynikov G.M., Minina S.A. Polysaccharides in brown algae. Farmatsiya, 2004; 3: 15–18 (in Russian)).

2. Клиндух М.П., Облучинская Е.Д. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*. Вестник МГТУ, 2013; 16 (3): 466–471. (Klindukh M.P., Obluchinskaya E.D. Comparative study of a chemical composition of brown seaweed *Fucus vesiculosus* and *Ascophyllum nodosum*. Vestnik MG TU, 2013; 16 (3): 466–471 (in Russian)).

3. Облучинская Е.Д. Сравнительное исследование бурых водорослей, Баренцева моря. Прикл. биох. и микроб., 2008; 44 (3): 377–342. (Obluchinskaya E.D. Comparative chemical composition of the Barents Sea brown algae. Applied Biochemistry and Microbiology, 2008; 44 (3): 305–309 (in Russian)).

4. Kang K., Park Y., Hwang H. et al. Antioxidative properties of brown algae polyphenolics and their perspectives as chemopreventive agents. Arch. Pharm. Res., 2003; 26 (4): 286–293.

5. Omar H.E.-D.M., Eldien H.M.S., Badary M.S. et al. The immunomodulating and antioxidant activity of fucoidan on the splenic tissue of rats treated with cyclosporine A. The Journal of Basic & Applied Zoology, 2013; 66: 243–254.

Поступила 28 июля 2014 г.

THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF FUCUS ALGAE TINCTURES

M.P. Klindukh, E.D. Obluchinskaya, PhD

Murmansk Marine Biological Institute, Kola Research Centre, Russian Academy of Sciences; 17, Vladimirskaya St., Murmansk 183010

SUMMARY

The chemical composition and antioxidant activity of aqueous-alcohol tinctures of the brown algae *Fucus vesiculosus* and *Ascophyllum nodosum*, which had been gathered in the White and Barents Seas, were comparatively investigated. The composition and content of biologically active substances (BASs) for 40% alcohol tinctures of dried *F. vesiculosus* and *A. nodosum* thalli were highest. *Fucus* algae tinctures treated with 96% ethanol were characterized by the high content of iodine and they contained polyphenols in significant amounts. The place for gathering the algae had no significant impact on the levels of BASs in the resultant alcohol tinctures, except for those of iodine compounds. 40% tinctures of the *F. vesiculosus* and *A. nodosum* algae gathered in the Barents Sea were ascertained to have the highest antioxidant activity.

The obtained alcohol *fucus* algae tinctures may be used both in manufacturing dietary supplements and as independent treatment and prevention products, which are an additional source of iodine, amino acids, and other BASs that positively affect the general health status, as well as a source of antioxidants of plant origin.

Key words: brown algae, antioxidant activity, mannitol, polyphenols, free amino acids, iodine, fucoidan.