

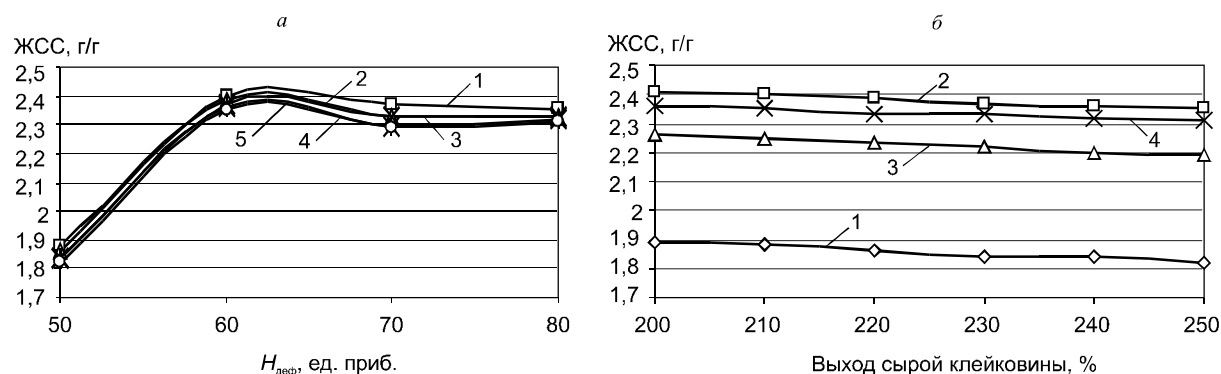


Рис. 4

расчетом коэффициентов корреляции для ВСС, ПОС, ЖСС и ЖЭС. Установлено, что с увеличением гидратационной способности ПОС клейковины увеличивалась ($r = 0,78$), а ЖЭС снижалась ($r = -0,72$); ВСС и ЖСС практически не зависели от данного показателя, поэтому гидратационная способность не может служить объективной характеристикой указанных свойств.

ВЫВОДЫ

1. Гидратационная способность и деформация сжатия сырой регенерированной клейковины могут использоваться для оценки функциональных свойств сухой пшеничной клейковины: водо- и жиросвязывающей, эмульгирующей и пенообразующей способностей.

2. Чем выше гидратационная способность СПК, тем ее ПОС выше, а ЖЭС ниже. Наибольшей ПОС обладали образцы с гидратационной способностью 190–200%, наибольшей ЖЭС – 140–150%.

3. Для обеспечения наибольшей пенообразующей способности целесообразно использовать СПК с $H_{\text{деф}}$ 70–80 ед. приб., жироземульгирующей способно-

сти – 65–80 ед. приб., способности связывать воду – 50–70 ед. приб., а связывать жир – 60–80 ед. приб.

4. Выход сырой клейковины не может служить объективной характеристикой исследованных функциональных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колпакова В.В., Мартынова И.В., Смирнов Е.А., Невский А.А. Преимущества использования комплексных пищевых добавок марки Лакса-кейк в производстве кондитерских и кулинарных изделий из муки // Пищевая пром-сть. – 2003. – № 5. – С. 54–57.
2. Невский А.А., Мартынова И.В., Колпакова В.В. Белково-жировые композиты с лецитином: получение и применение // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 3. – С. 54–57.
3. Колпакова В.В., Нечаев А.П. Белок из пшеничных отрубей. Функциональные свойства белковой муки: растворимость и водосвязывающая способность // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1995. – № 1–2. – С. 31–34.
4. Колпакова В.В., Волкова А.Е., Нечаев А.П. Белок из пшеничных отрубей. Функциональные свойства белковой муки: эмульгирующие и пенообразующие свойства // Там же. – С. 34–38.

Кафедра органической химии

Поступила 27.11.06 г.

637.56

СОСТАВ ЙОДСОДЕРЖАЩИХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ

Н.М. АМИНИНА, Т.И. ВИШНЕВСКАЯ, Т.А. САЯПИНА,
Л.Т. КОВЕКОВДОВА, А.В. ПОДКОРЫТОВА

Тихоокеанский научно-исследовательский центр рыбного
хозяйства и океанографии (ТИНРО-центр)
Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии

В последнее десятилетие в нашей стране наблюдался значительный рост заболеваний щитовидной железы. Неблагоприятную роль в развитии эндемического зоба и других йоддефицитных заболеваний сыграли существенные изменения в характере питания: снижение почти в 10 раз потребления морепродуктов, бога-

тых йодом, прекращение профилактических мероприятий (добавки солей йода в поваренную соль) [1].

Предлагаются различные варианты решения проблемы: от широкомасштабной кампании по обеспечению населения йодированной солью до создания новых продуктов питания, содержащих йод, обычно в виде йодата или йодида калия. Эксперименты последних лет показали, что функциональное состояние щитовидной железы обусловлено формой йода, поступающего в организм человека. Йод, содержащийся в растительных пищевых продуктах, лучше усваивается щитовидной железой, чем вводимый в виде йодистого ка-

лия [2]. Вероятно, эти различия обусловлены поступлением в организм человека йода в комплексе с рядом других соединений, необходимых для биосинтеза гормонов щитовидной железы – аминокислот, микроэлементов.

Морские водоросли являются наиболее ценным сырьем для получения йодсодержащих препаратов, так как содержат комплекс жизненно важных, необходимых для человека органических и минеральных веществ. В ламинариевых водорослях, в том числе в ламинарии японской, значительно больше йода, чем в других гидробионтах (0,2–0,5% на сухую массу), и он находится в легкоусвояемой биогенной форме.

В ламинарии японской основная часть йода в виде минеральных и органических соединений является водорастворимой и легко извлекается из водоросли вместе с другими биогенными элементами, полисахаридами, аминокислотами. В ТИНРО-центре разработана технология йодсодержащих продуктов из ламинарии японской экстракцией этиловым спиртом. Полученные экстракты содержат комплекс минеральных и органических соединений и могут быть использованы в качестве источника биогенного йода.

Цель настоящей работы – анализ химического состава экстрактов из ламинарии японской как пищевой добавки для ликвидации дефицита йода в продуктах питания.

В качестве исходного сырья для получения экстрактов использовали воздушно-сухую ламинарию японскую (*Laminaria japonica* Aresh). Водоросли измельчали и проводили экстракцию 70%-м этиловым спиртом в течение 2 ч при температуре 60°C с последующей отгонкой растворителя. Полученные экстракты разделяли на две фракции: жиро- и водорастворимую. Для сравнительного анализа были получены также водные экстракты из ламинарии японской при тех же условиях экстракции.

Химический состав ламинарии японской и ее экстрактов – содержание воды, минеральных веществ, йода определяли с помощью стандартных методов [3]; макро- и микроэлементный состав – методом атомно-абсорбционной спектроскопии на пламенно-эмиссионном спектрофотометре Nippon Jarrel Ash модель АА-855 [4]. Содержание азотистых веществ определяли на анализаторе азота Кьельтек фирмы Тесатор, аминокислотный состав – на аминокислотном анализаторе Хитахи-2 после гидролиза образцов водорослей 6 н раствором соляной кислоты при температуре 105–110°C в течение 24 ч. Липидные экстракты получали по методу [5]; метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) – по методу [6]. Анализ МЭЖК проводили на газо-жидкостном хроматографе Shimadzu GC-14B (Япония), с пламенно-ионизационным детектором и интегратором Chromatopac C-R4A.

Для нормального функционирования щитовидной железы необходимо сбалансированное питание с опре-

деленным соотношением йода, белка, минеральных элементов, липидов [7–10].

Исследования химического состава ламинарии японской показали, что она содержит 0,227% йода, 26,6% минеральных веществ, 11,6% азотсодержащих веществ (сумма белков и свободных аминокислот) (табл. 1).

Таблица 1

Образец	Вода, %	Содержание, % на СВ		
		Минеральные вещества	Азотсодержащие вещества	Йод
Ламинария японская	10,0	26,6	11,6	0,227
Экстракт водный	95,6	43,0	8,8	0,428
Фракция спиртового экстракта:				
водорастворимая	88,4	51,1	6,4	0,600
жирорастворимая	94,1	23,4	3,7	0,249

Аминокислотный состав ламинарии представлен 17 аминокислотами (табл. 2). Преобладающими являются глутаминовая и аспарагиновая кислоты, аланин, содержание которых достигает 1000 мг/100 г вещества и более. Количество остальных аминокислот варьирует в пределах 200–700 мг/100 г, в том числе тирозина и метионина – 200 мг/100 г, фенилаланина 300 мг/100 г.

Таблица 2

Аминокислота	Содержание, % СВ	
	Ламинария японская	Водно-спиртовый экстракт
Аспарагиновая	1,1	0,9
Треонин	0,3	0,3
Серин	0,3	0,3
Глутаминовая	2,8	2,3
Глицин	0,3	0,04
Аланин	1,0	0,3
Цистин	0,2	0,3
Валин	0,4	0,1
Метионин	0,2	0,02
Изолейцин	0,2	0,01
Лейцин	0,4	0,05
Тирозин	0,2	0,05
Фенилаланин	0,3	0,16
Лизин	0,3	0,1
Гистидин	0,2	0,2
Аргинин	0,2	0,02
Пролин	0,7	0,01
Сумма аминокислот	9,1	5,2

Для синтеза гормонов щитовидной железы в первую очередь необходим тирозин, йодированные остатки которого являются основным элементом сложной молекулы гормонов тироксина или тиронина. Тирозин не относится к числу незаменимых аминокислот, но в организме человека для его синтеза необходим фенилаланин, являющийся незаменимой аминокислотой. Таким образом, синтез гормонов щитовидной железы

возможен только при поступлении с пищей тирозина или фенилаланина. Обе эти аминокислоты входят в состав ламинарии японской.

Аминокислоты связаны с микроэлементами непосредственно или через ферментные системы, где микроэлементы активируют их специфические функции. Известно, что на 30–50% морские водоросли состоят из минеральных веществ, которые представлены практически всеми существующими химическими элементами.

В этиологии эндемического зоба играют роль такие микроэлементы, как кобальт, медь, молибден [11]. Медь обладает синергическим эффектом по отношению к йоду, и совместное применение солей меди и йода при профилактических мероприятиях зоба оказывает в два раза больший эффект, чем сам йод [12]. Недостаток кобальта и молибдена усугубляет йодную недостаточность. Кобальт также способствует лучшему усвоению йода даже в местностях, где его недостаточность ощутима [8, 13].

Результаты исследований макро- и микроэлементного состава ламинарии японской (табл. 3) свидетельствуют, что из микроэлементов в ней больше всего Fe, а также Mn, Zn, Cr и Cu. Молибден и кобальт также присутствуют, хотя и в меньших количествах.

Таблица 3

Минеральный состав	Содержание, % СВ		
	Ламинария японская	Фракция спиртового экстракта	
		водорастворимая	жирорастворимая
Микроэлементы, $N \cdot 10^{-3}$:			
Co	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Ni	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Mo	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Fe	17,5	7,5	283,3
Zn	3,5	3,5	550,0
Pb	< 1,25	< 1,25	< 1,25
Mn	3,75	1,67	3,33
Cd	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Cu	1,0	0,75	6,67
Cr	3,5	2,0	33,3
Макроэлементы:			
Mg	0,488	0,325	0,42
K	5,5	6,67	5,83
Na	2,75	7,5	6,67
Ca	0,825	0,13	0,67

Основная часть соединений йода, минеральных и азотистых веществ ламинарии является водорастворимой (табл. 1). В результате нами были получены из ламинарии японской экстракты, содержание йода в которых намного выше, чем в самой водоросли (табл. 1). Присутствие в них йода в растворимой форме позволяет создавать йодсодержащие препараты с точно дозированным его содержанием. В отличие от водоросли, в

которой часть йода присутствует в виде нерастворимых соединений, экстракты содержат водорастворимые легкоусваиваемые соединения йода, как в минеральной, так и в органической форме. В спиртовых экстрактах представлен также весь набор микроэлементов и аминокислот, необходимых для синтеза гормонов щитовидной железы (табл. 2, 3). Интересной особенностью ламинарии японской, как и других бурых водорослей, является высокое содержание в ней свободных аминокислот [14]. При экстракции этиловым спиртом они переходят в раствор; в ламинарии остаются главным образом аминокислоты, входящие в состав белка.

При использовании в качестве экстрагента этилового спирта были получены две фракции: жиро- и водорастворимая. Содержание йода в водорастворимой фракции достигает 0,6%, в жирорастворимой несколько меньше – 0,25%. В последней фракции концентрируется основное количество микроэлементов (табл. 3). Вероятно, это та их часть, которая входит в состав пигментов и жирорастворимых витаминов, экстрагируемых из водоросли этиловым спиртом. Кобальта и молибдена в экстрактах столько же, как и в самой ламинарии. В жирорастворимой фракции в значительной степени концентрируется медь, являющаяся синергистом йода.

Спиртовые экстракты ламинарии содержат липиды, в состав которых входят и полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), % от общей суммы ЖК:

16 : 0 (пальмитиновая)	20,4–28,5
18 : 1 ω-9 (олеиновая)	19,7–25,3
18 : 2 ω-6 (линолевая)	8,3–10,0
20 : 4 ω-6 (арахидоновая)	5,9–8,1
20 : 5 ω-3 (эйкозапентаеновая)	4,8–6,4
14 : 0 (миристиновая)	4,0–7,5
16 : 1 ω-7	3,6
18 : 3 ω-3 (линоленовая)	3,3–5,2
18 : 4 ω-3	3,1–7,1
Σ ЖК:	
ненасыщенных	33,7–40,7
моноеновых	25,5–30,1
полиеновых	26,8–38,7
ω-3	11,5–19,5

Биологически активными являются ПНЖК ω-3 серии. Результаты показывают, что их содержание в липидной фракции спиртового экстракта ламинарии составляет 19,5% от общей суммы жирных кислот. Содержание арахидоновой и эйкозапентаеновой кислот 8,1 и 6,4% соответственно.

В настоящее время широко обсуждается вопрос применения ПНЖК в диетотерапии больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Полиненасыщенные ЖК, входящие в состав липидов, участвуют в регуляции обмена холестерина и триглицеридов, существенным образом влияют на обмен эйкозаноидов, обладают

анти тромбической активностью, могут быть использованы при некоторых формах гипертонии [15, 16].

Непредельные ЖК также принимают участие в регуляции деятельности щитовидной железы. Известно, что присоединяя йод, они легко переносят его через стенки кишечника. Для дальнейшего усвоения ЖК и высвобождения йода необходим также метионин, который входит в состав ламинарии японской и присутствует в ее экстрактах.

Таким образом, экстракты из ламинарии японской представляют собой сложный комплекс биологически активных веществ, участвующих в регуляции деятельности щитовидной железы. Экстракты из ламинарии японской можно рекомендовать в качестве средства противозобной профилактики, эффективного даже в условиях глубокого дефицита йода во внешней среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Садчикова Р.** Йодирование соли: Проблемы и решения // Фармацевт. вестн. – 1997. – № 24.
2. **Ковтун И.В.** Влияние йода минерального и содержащегося в растительных пищевых продуктах на щитовидную железу. – М.: Медицина, 1974.
3. ГОСТ 26185–84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. – М., 1984. – 53 с.
4. **Ковековдова Л.Т.** Методические рекомендации по подготовке объектов внешней среды и рыбной продукции к атомно-абсорбционному определению токсичных металлов. – Владивосток: ТИНРО, 1987. – 11 с.
5. **Bligh E.G., Dyer W.J.** A rapid method for total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. – 37. – 1959. – № 119.
6. **Carreau J.P., Dubacq J.P.** Adaptation of macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. – 151. – 1978. – № 3. – P. 384–390.
7. **Еремин Ю.Н.** Влияние качественно различного жира в питании на состояние щитовидной железы, генез и обратное развитие зоба: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Свердловск, 1974.
8. **Коломийцева М.Г., Габович Р.Д.** Микроэлементы в медицине. – М.: Медицина, 1970.
9. **Цикуниб А.Д.** Производство соевого молока, обогащенного йодом, для профилактики эндемического зоба // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1999. – № 1. – С. 40–41.
10. **Штенберг А.И., Еремин Ю.Н.** Роль питания в профилактике эндемического зоба. – М.: Медицина, 1979.
11. **Казьмин В.Д.** Морские сокровища // М.: Пищевая пром-сть, 1972. – 134 с.
12. **Коломийцева М.Г., Неймарк И.И.** Зоб и его профилактика. – М.: Медгиз, 1963.
13. **Ковальский В.В.** Микроэлементы в жизни растений и животных. – М., 1952. – С. 228.
14. **Аминина Н.М.** Особенности метаболизма ламинарии японской культивируемой: Дис. ... канд.биол. наук. – Владивосток, 1995. – 146 с.
15. **Bonaa K.** Epidemiological and intervention studies on the effect of marine polyunsaturated fatty acids on blood pressure // J. Int. Med. – 1989. – 225 (Suppl. 1). – P. 105–110.
16. The effect of fish oil supplementation on the excretion of the major metabolite of prostaglandin E in healthy male subject / A. Ferretti, J.T. Judd, R. Ballard-Barbash et al // Lipids. – 1991. – 26. – № 7. – P. 500–503.

Лаборатория биохимии и технологии морских водорослей
Лаборатория прикладной экологии и токсикологии
Поступила 11.08.05 г.