

Saccharina japonica – её технoхимическая характеристика для применения в технологии пищевых и лечебно-профилактических продуктов

DOI

Доктор технических наук, профессор **Подкорытова А.В.** – главный научный сотрудник отдела инновационных технологий ФГБНУ «ВНИРО», Москва

Рощина А.Н. – главный специалист отдела инновационных технологий ФГБНУ «ВНИРО», Москва

Кандидат технических наук **Котельникова Л.Х.** – руководитель исследовательского отдела «Роскачество», Москва

Родина Т.В. – руководитель финансового отдела ООО «Велторг Ингредиенты», Москва

@ podkor@vniro.ru

Ключевые слова: сахарина (ламинария), *Saccharina japonica*, подзона Западно-Сахалинская, коэффициент гидратации, условия предобработки

Keywords: saccharina (Laminaria), *Saccharina japonica*, West Sakhalin subzone, hydration coefficient, pretreatment conditions

SACCHARINA JAPONICA – ITS TECHNOCHEMICAL CHARACTERISTIC FOR USE IN THE TECHNOLOGY OF FOOD AND THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC PRODUCTS

Doctor of Technical Sciences, Professor **A.V. Podkorytova** – Chief Researcher of the Department of Innovative Technologies of VNIRO, Moscow;
A.N. Roshchina – Chief Specialist of the Department of Innovative Technologies of VNIRO, Moscow;

Candidate of Technical Sciences **L.H. Kotelnikova** – Head of the research Department "Roskachestvo", Moscow;

T.V. Rodina – Head of the Financial Department of Veltorg Ingredients LLC, Moscow

Data are presented that determine the directions of processing and use of brown algae, including the hydration coefficient (HC) of dried thalli or crushed into pieces of various sizes, which is an important indicator used in setting the parameters of technological processes, as well as the yield of finished products. The results are presented demonstrating the ability of the dried algae *Saccharina japonica* to limit hydration. It has been shown that during deep treatment of *S. japonica* in order to increase the HC, about 80% of biologically active substances are lost, with the exception of fiber, some part of the protein, the organic form of iodine, as well as alginates associated with polyvalent metal cations in water-insoluble complexes with alginic acids. It was determined that when soaking dried *S. japonica* in water, the relative content of alginic acid increases, while the HC of kelp also increases. It has been established that HC equal to 20-26 corresponds to a significant removal of extractive biologically active substances (BAS) from *S. japonica*. At HC 14-16, up to 50% of biologically active substances remain in the tissues of algae, giving taste to kelp algae and their biological value. It has been shown that with the content of biologically active substances in algae up to 50% of the initial value, a real opportunity is created to obtain food and therapeutic and prophylactic products from dried *S. japonica*.

ВВЕДЕНИЕ

В прибрежных зонах морей Дальнего Востока России сосредоточены промысловые запасы бурых водорослей, значительная часть которых из порядка *Laminariales*, являются пищевыми [1]. В связи с этим их издавна изучают, с целью познания биохимических и технологических характеристик. К настоящему времени пользователи *Saccharina japonica*, как сырья для производства пищевых и других продуктов, придают особое внимание коэффициентам гидратации (КГ) сушёных водорослей. Эти показатели и их биохимические характеристики необходимы для развития технологий, применяемых в отраслях перерабатывающих водоросли на различные виды продукции. В последние десятилетия активно развиваются производства биологически активных добавок (БАД), пищевых и лечебно-профилактических продуктов. В мировом масштабе на одном из первых мест стоит производство из бурых водорослей пищевых добавок, таких как альгиновая кислота и её соли – альгинаты (Е 400 – альгиновая кислота; Е 401 – альгинат натрия; Е 402 – альгинат калия; Е 403 – альгинат аммония; Е 404 – альгинат кальция; Е 405 – пропиленгликоль альгинат). Производство альгинатов в 2018 г. превысило 38000 тонн. Стоимость альгинатов зависит от их свойств и составляет около 10-40 долл. США за кг [2]. В России в последние десятилетия активно развивается производство водорослевых альгинатсодержащих биогелей для диетического лечебного профилактического питания. Немаловажное значение бурые водоросли имеют и в развитии производства кормовых добавок, используемых в животноводстве и аквакультуре рыб, а также – удобрений и поливочных экстрактов для растениеводства в сельском хозяйстве [3; 4].

Несмотря на значительные запасы бурых водорослей (*Phaeophyceae*) в Северных и Дальневосточных морях Российской Федерации, до настоящего времени ещё мало добывается и используется российское сырьё. Всё это определено проблемами, связанными с добычей, первичной обработкой ламинариевых водорослей, в том числе *S. japonica*. Возникают проблемы с производством продукции из водорослей, готовой к хранению и транспортированию на дальние расстояния.

Сейчас российский рынок пищевых водорослей не пустует, вследствие заполнения его ламинарией, выращиваемой в одногодичном цикле и импортируемой из Китая (КНР), где объёмы её производства методами аквакультуры достигают 6-8 млн т сырья

Представлены данные, определяющие направления переработки и использования *Saccharina japonica*, включая коэффициент гидратации (КГ) сушёных слоевищ или измельченных на кусочки различных размеров. КГ является важным показателем, применяемым при установлении параметров технологических процессов, а также выхода готовой продукции. Показаны результаты, демонстрирующие способность к предельной гидратации сушёной водоросли *Saccharina japonica*. Установлено, что при глубокой обработке *S. japonica*, с целью увеличения КГ, теряется около 80% БАВ, за исключением клетчатки, некоторой части белка, органической формы йода, а также альгинатов, связанных с поливалентными катионами металлов в нерастворимые в воде комплексы. Определено, что при замачивании в воде сушеной *S. japonica* относительное содержание альгиновой кислоты увеличивается, при этом КГ ламинарии также возрастает. Установлено, что КГ равный 20-26 соответствует значительному удалению экстрактивных биологически активных веществ (БАВ) из *S. japonica*. При КГ 14-16 в тканях водорослей сохраняется до 50% БАВ, придающих вкус ламинариевым водорослям и увеличивающих их биологическую ценность. Показано, что, при содержании в водорослях БАВ до 50% от исходного показателя, создаётся реальная возможность получения из сушёной *S. japonica* пищевых и лечебно-профилактических продуктов.

ежегодно [5]. При этом значительную часть их импортируют из КНР в Россию, где из них производят кулинарную продукцию и консервы. Ламинария, импортируемая из Китая, обладает определёнными технологическими характеристиками, такими как высокая степень обработки сырья и его готовность к прямому использованию в процессе приготовления пищевых продуктов. При этом большое значение для производителя пищевой продукции из неё имеет коэффициент гидратации (КГ) шинкованной ламинарии при замачивании её в воде. КГ ламинарии, изготовленной в Китае, часто достигает значения 18-22, т.е. масса сушёной ламинарии при замачивании в воде увеличивается именно во столько раз. Но при этом качественные показатели одногодичной ламинарии, культивируемой в Китае, значительно уступают двухгодичной пищевой *S. japonica* из естественных популяций, произрастающих в прибрежных зонах Японского моря.

Таблица 1. Химический состав *S. japonica* двухлетней, добытой в прибрежной зоне западного побережья о. Сахалин / **Table 1.** Chemical composition of two-year-old *S. japonica* caught in the coastal zone of the western coast of the island Sakhalin

Описание образца, дата добычи, условия обработки, сушки	Содержание, % в расчете на сухое вещество					
	сумма		альгиновой кислоты	азотистых, (Nx6,25)	минеральных	йода
	органических	углеводов				
Тепловая сушка в сушильках, оснащенных газовыми воздухонагревателями (t 60-450С)						
ССС (26.05.15 г.)	69,5	59,3	23,2	10,2	30,5	0,2
ССС (19.06.15 г.)	69,2	57,8	24,9	11,4	30,8	0,2
ССС (20.08.15 г.)	69,4	62,3	24,4	7,1	30,6	0,2
ШСС (20.08.15 г.)	71,5	63,8	31,5	7,7	28,5	0,2
Тепловая сушка с инфракрасным излучением (ИК – сушка, t 800С)						
ШВС (14.10.15 г.)	77,7	69,4	32,0	8,3	22,3	0,1

Цель исследований: установление возможности повышения КГ сушёной шинкованной ламинарии (*S. japonica*), при максимальном сохранении в ней природных биологически активных веществ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для установления оптимальных условий предобработки водорослей проведены исследования на сахарине *Saccharina japonica* (= *Laminaria japonica*, Aresch.) естественных популяций, которые были добыты в промысловый период в 2015-2016 гг. в прибрежной зоне западного побережья о. Сахалин. Были использованы образцы продукции, которые не подвергались дополнительной обработке (за исключением промывания слоевищ в морской воде, их сушки и разделанных слоевищ, шинкованных на кусочки размером 0,5×7,0 см), изготовленные на предприятии ООО РПГ «БИНОМ», г. Анива, о. Сахалин. В качестве объектов сравнения использовали ламинарию, культивируемую на водорослевых плантациях в прибрежной зоне Желтого моря, Китая (КНР), в виде сушёной шинкованной ламинарии, а также – цельного слоевища, полученного в качестве подарка с выставочного стенда КНР Международной выставки «World Food», г. Москва.

Экспериментальные образцы:

1. Слоевища сыро-сушёные – ССС; шинкованные сыро-сушёные – ШСС; шинкованные варёно-сушёные – ШВС (Сахалин);

2. Кусочки сахарины сушёной (дроблёные слоевища) – обработанные водой, раствором хлорида

натрия и раствором гидрокарбоната натрия (пищевая сода), (Сахалин);

3. Сушёная, шинкованная на полоски вдоль слоевища, ламинария, закупленная от разных производителей, и цельное слоевище (КНР).

В работе были использованы стандартные и современные инструментальные методы исследований. Отбор проб проводили по ГОСТ 31413 (каждый образец измельчали на лабораторной мельнице до размера частиц 2-3 мм и хранили до анализа в чистых, сухих, герметично укуренных стеклянных банках). Исследования химического состава (содержание воды, минеральных веществ, йода), а также содержание альгиновой кислоты проводили по ГОСТ 33331, ГОСТ 31413 и методикам, изложенных в МУК [6]. Содержание азотистых веществ (белка) определяли методом Кьельдаля с применением автоанализатора шведской фирмы FOSS Analytical AB, модель FOSS 2300, рассчитывали содержание белка по количеству общего азота с применением коэффициента ($N_{\text{общ}} \times 6,25$). Органолептические показатели оценивали по внешнему виду, вкусу, запаху и консистенции по ГОСТ 31412. Определение степени набухания или коэффициента гидратации (КГ) сушеной *S. japonica* были проведены методом восстановления навески кусочков или шинкованной *S. japonica* в воде при комнатной температуре в течение 6 часов. Остаток жидкости сливали в течение 10-15 минут. Восстановленные (набухшие) кусочки *S. japonica* взвешивали.

Таблица 2. Органолептическая характеристика и коэффициент гидратации *S. japonica* двухлетней, добытой в прибрежной зоне западного побережья о. Сахалин /

Table 2. Organoleptic characteristics and hydration coefficient (HC) of two-year-old *S. japonica* obtained in the coastal zone of the western coast of the island Sakhalin

Описание образца (дата сбора, способ обработки, сушки)	Органолептическая характеристика <i>S. japonica</i> двухлетней		КГ
	сушёной	восстановленной в воде	
Тепловая сушка в сушилках, оснащенных газовыми воздухонагревателями (t 60-45°C)			
Слоевища сыро-сушёные – ССС (26.05.15 г.)	Плотные, лентообразные пластины и куски длиной не менее 15 см. Поверхность чистая, без отложений. Цвет зеленовато-бурый. Запах свойственный.	Цвет буро-оливковый с зеленоватым оттенком, поверхность блестящая. Консистенция плотная, хрустящая. Запах свойственный. Вкус приятный, сладковато-грибной, соответствует природной сахарине.	7,1/ 8,0*
Слоевища сыро-сушёные – ССС (19.06.15 г.)	Плотные, лентообразные пластины. Поверхность чистая, без отложений. Цвет светло-оливковый. Запах свойственный.	Цвет буро-оливковый с зеленоватым оттенком. Консистенция плотная, хрустящая. Запах свойственный. Вкус приятный, сладковатый, соответствует природной сахарине.	7,6/ 8,0*
Слоевища сыро-сушёные – ССС (20.08.15 г.)	Плотные кожистые, лентообразные пластины и куски длиной не менее 15 см. Поверхность чистая, без отложений. Цвет темно-оливковый. Запах свойственный.	Цвет буро-оливковый. Консистенция плотная, хрустящая. Запах свойственный. Вкус приятный, сладковатый, соответствует природной сахарине.	9,7/ 10,8*
Шинкованные сыро-сушёные – ШСС (20.08.15 г.)	Полоски, нарезанные поперёк слоевища. Без посторонних включений. Цвет темно-бурый. Запах свойственный.	Цвет буро-оливковый. Консистенция плотная, хрустящая. Запах свойственный. Вкус приятный, сладковатый, соответствует природной сахарине.	10,7/ 12,4*
Тепловая сушка с инфракрасным излучением (ИК – сушка, t 80°C)			
Шинкованные варёно-сушёные – ШВС (14.10.15 г.)	Полоски, нарезанные поперёк слоевища. Без посторонних включений. Цвет темно-бурый. Запах свойственный.	Цвет буро-оливковый. Консистенция очень плотная, хрустящая. Запах свойственный. Вкус приятный, сладковатый, соответствует природной сахарине.	10,8/ 11,9*

Примечание: * – расчёт КГ на абсолютно сухое вещество.

Таблица 3. Органолептическая характеристика и коэффициенты гидратации (КГ) ламинарии от некоторых компаний КНР / **Table 3.** Organoleptic characteristics and hydration coefficients (HC) of kelp from some Chinese companies

Наименования некоторых компаний КНР, выпускающих сушёную ламинарию	Органолептическая характеристика ламинарии от некоторых компаний КНР		Время восстановления, мин.	КГ
	сушёной	восстановленной в воде		
Minhou Country Yiahe Food Co, LTD (КНР) (сушёная шинкованная)	Полоски различной длины, цвет от светло- до темно-зелёного с беловатым налётом. Запах характерный для сушеных водорослей. Полоски тонкие, ломкие.	Цвет зелёный, свойственный ламинарии однолетней. Запах водорослевый. Консистенция мягкая. Вкус не соответствующий.	35	22,3/ 25,7*
Fuzhou Hailin Foods Co, LTD (КНР). Sun Dried Shredded Kelp Шинкованные водоросли сушеные на солнце.	Полоски различной длины. Цвет темно-коричнево-чёрный с беловатым налётом, значительное количество посторонних примесей. Полоски очень тонкие, ломкие.	Цвет полосок от темно-буро-коричневого до чёрного. Консистенция мягкая, при надавливании структура разрушается. Вкус не соответствующий.	180	9,2/10,6*
Rongcheng jingyi food Co, LTD (КНР), (сушеные на солнце).	Тонкие полоски, нарезанные вдоль слоевища. Цвет темно-коричневый с белым налётом. Запах неопределённый, полоски очень тонкие, ломкие.	Цвет темно-коричневый с белым налётом. Запах не свойственный, полоски очень тонкие, дряблые. Вкус не соответствующий.	40	15,1/ 17,4*
Henan Signi Imp/Exp Co, LTD, (сушёная морская капуста), КНР, imp/exp	Полоски различной длины. Цвет от светло- до темно-коричневого с белым налётом. Запах слабый водорослевый с посторонним затхлым, полоски очень тонкие ломкие.	Цвет от светло- до темно-коричневого, черного с белым налётом. Запах слабый водорослевый с посторонним затхлым, полоски очень тонкие дряблые.	30	16,4/ 19,2*
Сушеное слоевище ламинарии. Урожай собран с плантации в мае 2015 г. Культивируемая на подвесной плантации в одногодичном цикле в прибрежной зоне Жёлтого моря, КНР.	Цельное слоевище, средней жесткости, упруго-эластичное. Цвет буровато-зеленый. Запах водорослевый, свойственный.	Цвет буро-оливковый с зеленоватым оттенком, блестящий. Консистенция плотная, хрустящая. Запах свойственный. Вкус приятный, сладковато-грибной соответствует ламинарии.	180	8,5/ 10,0*

Примечание: * – расчёт на абсолютно сухое вещество.

Коэффициент гидратации (КГ) рассчитывали по формуле:

$$КГ = \frac{m_2}{(m_1 \times (100 - w))} \times 100 \quad (1)$$

m_1 – масса (навеска) водоросли (или продукта), взятого для восстановления (гидратации) в воде, г;
 m_2 – масса восстановленной водоросли (или продукта), г;

$100/(100 - w)$ – перерасчёт на абсолютно сухую навеску водоросли (или продукта), взятой на определение КГ, где w – массовая доля воды в водоросли (или продукции), взятой для восстановления, %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В составе химических компонентов *S. japonica* содержатся альгинаты, фукоиданы, маннит, комплекс минеральных веществ, клетчатка, йод, полифенолы, пигменты, витамины, а также – высококачественные протеины, состоящие из 18 аминокислот, в их числе – 9 незаменимых [8; 9; 4]. При замачивании сушёных водорослей в воде, аминокислоты, а также маннит, фукоидан, полифенолы, жизненно необходимые микроэлементы, минеральные и некоторые органические формы йода, водорастворимые витамины и альгинаты в значительной степени экстрагируются и могут быть утеряны.

Результаты исследований химического состава *S. japonica* двухлетней естественной популяции, показали стабильно высокое содержание йода, минеральных веществ, суммы органических, в том числе, углеводородов. При этом для образца (ШВС, 14.10.15 г.) баланс показателей несколько изменяется: содержание йода и минеральных веществ уменьшается, а содержание альгиновой кислоты увеличивается, что характерно для представленных условий обработки сахарины (табл.1).

Органолептическая оценка и коэффициент гидратации двухлетней *S. japonica* после восстановления в пресной воде, приведена в таблице 2.

КГ *S. japonica*, добытой в прибрежной зоне западного побережья о. Сахалин, составляет 7,1-7,6-9,7 для слоевищ и для шинкованной – 10,7-10,8, что вполне закономерно для двухлетних слоевищ *S. japonica*, собранных в мае, июне и в августе, высушенных без какой-либо дополнительной обработки, кроме промывания их в морской или пресной воде, для удаления загрязнений и посторонних примесей. Коэффициент гидратации – это очень важный показатель для производителя пищевой продукции, поскольку именно от него, в большой степени, зависит выход конечных продуктов. Но, с другой стороны, этот же показатель свидетельствует о том, насколько сохранены в *S. japonica* или потеряны в процессе предобработки биологически активные

компоненты, из-за которых она так ценится. Так как известно, что основная часть БАВ *S. japonica* – это растворимые в воде вещества, то, очевидно, что чем выше КГ, тем меньше в *S. japonica* полезных веществ, за исключением альгинатов и клетчатки. Кроме того, следует принимать во внимание тот факт, что природой *S. japonica* предусмотрен двухлетний жизненный цикл, а также – определённая цикличность биосинтеза органических веществ и накопления минеральных веществ [10]. С другой стороны, ламинария, выращиваемая в одногодичном цикле, не синтезирует органические вещества в том же количестве и качестве, как двухлетняя [11], так как продолжительность биосинтеза одногодичной *S. japonica* значительно сокращена по сравнению с *S. japonica* двухлетней природной.

КГ для двухлетних природных сушёных слоевищ колеблется в пределах 7,6-10,8 (табл. 2), что соответствует таковым показателям для сушёной сахарины, добытой в указанные сроки. Несмотря на отличающиеся способы обработки *S. japonica*, добытой 20 августа 2015 г. (шинкованная сыро-сушёная и слоевища сыро-сушёные) КГ для них очень близки по показателям (9,7 и 10,7) и заметно выше, по сравнению с образцами (сушёные слоевища), которые собраны в мае-июне.

При визуальном осмотре образцов сушёной шинкованной ламинарии, культивируемой в одногодичном цикле (КНР), были установлены их следующие органолептические показатели и КГ (табл. 3).

Данные химического состава шинкованной ламинарии, культивируемой в одногодичном цикле представлены в таблице 4.

При рассмотрении данных таблицы 4, следует обратить внимание, что содержание йода в образцах «Minhou Country Yiahe Food Co», «Rongcheng jingyi food Co, LTD», «Henan Signi Imp/Exp Co, LTD» составляет не более 0,01%. Эти данные напрямую свидетельствуют об очень глубокой обработке ламинарии. В слоевищах ламинарий, культивируемых в одногодичном цикле, без дополнительной обработки, содержание йода составляет не менее 0,1%. В результате многократной обработки ламинарии его содержание уменьшается в 10 раз. При этом в этих же образцах

снижено и содержание минеральных веществ. Очевидно, что удаляется их значительная часть (40-60%), а также других биоактивных веществ, в том числе – маннит, фукоидан, свободные аминокислоты, йодсодержащие, которые теряются в процессе водной или солевой обработки ламинарии, что приводит к значительному обеднению ими китайской одногодичной водоросли. Результаты анализа образца слоевища из КНР от 17 сентября 2015 г. свидетельствуют об отсутствии его глубокой обработки перед высушиванием: содержание йода – 0,1%, минеральных веществ – 30,4%, альгиновой кислоты – 25,0%, что соответствует данным химического состава ламинарии, культивируемой в одногодичном цикле.

Очевидно, что качественные показатели ламинарии, культивируемой в одногодичном цикле, производитель КНР, и, особенно, органолептические, отличаются от показателей двухлетних естественно растущих и высушенных образцов сахарины (ламинарии) (табл. 1, 2, 3).

Для определения возможности увеличения КГ *S. japonica* сушёной, измельченной на кусочки, была проведена серия экспериментов по её обработке в разных условиях (табл. 5).

При рассмотрении результатов исследований сушёных кусочков *S. japonica*, обработанных в различных условиях, три линейки обработки (1, 2, 3 в таблице 5), совершенно очевидно, что, при предварительной обработке соевым раствором или раствором соли с гидрокарбонатом натрия (пищевая сода), можно добиться КГ равного 22 и более (линейка 2, 3). При этом *S. japonica* теряет в массе до 80%, за счёт экстракции растворимых биологически активных веществ, таких как низкомолекулярные альгинаты, свободные аминокислоты, маннит, фукоидан, полифенолы, минеральные микро- и макроэлементы, йод, витамины и т.д.

Обработка сушёной *S. japonica* водой (линейка 1) приводит к наименьшим потерям (54%) после всех её стадий, при этом КГ становится равным 16,9. Сохраняется упругая и хрустящая консистенция после всех стадий обработки у водорослей, замоченных в воде, тогда как у двух других образцов (линейка 2, 3) консистенция становится слишком мягкой

Таблица 4. Химический состав ламинарии, культивируемой в одногодичном цикле в КНР, от разных производителей / **Table 4.** Chemical composition of laminaria cultivated in a one-year cycle in China, from different manufacturers

Наименования некоторых компаний КНР, выпускающих сушёную ламинарию	Содержание, % в расчете на сухое вещество					Йода
	сумма органических	углеводов	альгиновой кислоты	азотистых, (N _{общ} × 6,25)	минеральных	
Minhou Country Yiahe Food Co, LTD (КНР), (шинкованная)	85,5	74,0	23,3	11,5	14,5	0,01
Fuzhou Hailin Foods Co, LTD (КНР), Sun Dried Shredded Kelp, (шинкованная)	70,9	53,6	28,8	11,3	29,1	0,06
Rongcheng jingyi food Co, LTD (КНР), (шинкованная)	82,4	70,9	34,4	11,5	17,6	0,01
Henan Signi Imp/Exp Co, LTD, КНР, imp/exp, (шинкованная)	85,6	73,7	28,3	11,9	14,4	0,01
Сушеное слоевище с плантации, сбор – май 2015 г. КНР. Выращенное в одногодичном цикле	69,6	54,9	25,0	14,7	30,4	0,1

Таблица 5. Изменения коэффициента гидратации (КГ), органолептических показателей и содержания компонентов *S. Japonica*, в зависимости от условий её обработки / **Table 5.** Changes in the hydration coefficient (KH), organoleptic parameters and content of *S. japonica* components depending on the conditions of its processing

Условия обработки	Дист. вода (pH 6,0)	p-р NaCl (pH 7,3)	p-р NaCl + NaHCO ₃ (pH 7,5)
	1	2	3
Замачивание кусочков <i>S. japonica</i> в воде или в солевом растворе		линейка	
m навески сухих водорослей (г) / объём р-ра (мл)	5,0/250	5,0/150	5,0/150
pH раствора	6,8	7,3	7,5
2. Фильтрование			
m набухшей водоросли (г) / объём остатка р-ра (мл)	39,6/198	15,6/138	15,2/140
pH жидкости	6,4	6,0/6,6	7,5
КГ	7,9	3,1	3,0
Характеристика	Выделяется вязкая субстанция		
3. Варка (20 минут в дистиллированной воде (200 мл))			
m водоросли после варки (г)	35,2	30,6	35,5
Объём жидкости после варки (мл)	172	162	136
pH жидкости	6,7	6,3	8,6
КГ	7,0	6,1	7,1
Органолептическая оценка	Хрустящие	Слишком мягкие, рыхлые	
4. Сушка (t 60°C)			
m водоросли после сушки (г)	2,3	2,4	2,3
Потери, %	54	52	54
5. Повторное замачивание водоросли в воде			
объём воды (мл)	350	350	350
pH воды	6,8	6,8	6,8
6. Фильтрование			
m набухшей водоросли (г)	39,0	53,3	52,1
Объём жидкости после фильтрования (мл)	290	271	272
pH жидкости	7,0	6,7	8,8
КГ	16,9	22,2	22,6
Органолептическая оценка	Упругие	Рыхлые, дряблые	
7. Повторная сушка (t 60°C)			
m водоросли (г)	1,9	1,8	1,7
Потери, %	17,0	25	26
Сумма потерь, %	71,0	77,0	80,0

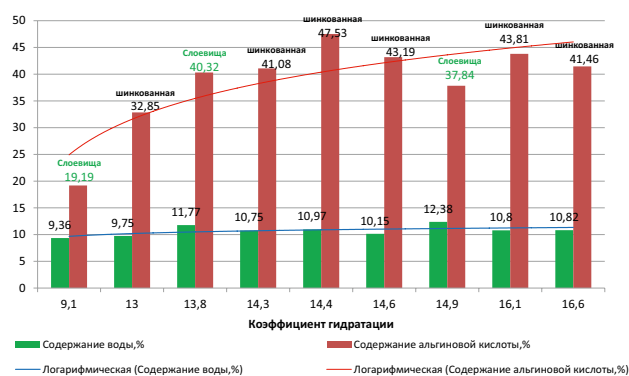


Рисунок 1. Зависимость коэффициентов гидратации образцов *S. japonica* от содержания альгиновой кислоты и воды в них

Figure 1. Dependence of the hydration coefficients of *S. japonica* samples on the content of alginic acid and water in them

и рыхлой, аналогично консистенции ламинарии шинкованной культивируемой, производитель Китай (таблица 3). Исследование кусочков, полученных из слоевищ *S. japonica* сушёной, показало, что их КГ равно 8 (табл. 2) и при этом продукция содержит в своём составе весь комплекс БАВ (табл. 1), за что она и ценится.

На рисунке 1 представлены данные, демонстрирующие зависимость КГ сушёной *S. japonica* от содержания в ней альгиновой кислоты, а также – воды, как в сыро-сушеных, так и в обработанных образцах водоросли. В связи с зависимостью КГ от содержания воды в продукте, для получения достоверных и сравнимых результатов необходимо проводить перерасчет КГ на абсолютно сухое вещество по формуле, представленной в этой статье в «Материалах и методах».

ВЫВОДЫ

Представленные результаты показывают, что управлять способностью к гидратации и увеличивать КГ сушёной *S. japonica* – это реальная возможность.

При этом, для значительного увеличения КГ, необходимо проводить серию предобработок сырья. Однако следует решить, что важнее – КГ равный 20-26 и практически полное удаление экстракцией растворимых БАВ из *S. japonica* или принять более низкий КГ от 8 до 14, при которых в тканях *S. japonica* удастся сохранить от 90 до 50% БАВ, придающих вкус ламинариевым водорослям и определяющих их биологическую ценность, за которую они так высоко ценятся.

При достаточно высоком содержании БАВ в *S. japonica* создаётся реальная возможность получения продукции широкого спектра, начиная от прямого использования в пищу до производства специализированной пищевой продукции (СПП), биологически активных добавок к пище (БАД), фармацевтической, медицинской, пищевых добавок и других продуктов.

Работа выполнена в рамках договора № 93/15B7011 на выполнение научно-исследовательских работ (НИР) по теме: «Разработать научно-обоснованные рекомендации по рациональному использованию ламинарий Сахалино-Курильского региона, включая способы первичной обработки сырья и выпуску сушёной и иной продукции».

The work was carried out within the framework of contract No. 93/15B7011 for the performance of scientific research (R&D) on the topic: "To develop scientifically-based recommendations for the rational use of *Laminaria* in the Sakhalin-Kuril region, including methods of primary processing of raw materials and the production of dried and other products."

Благодарность: выражаем искреннюю признательность работникам ООО РПГ «БИНОМ» за безупречно выполненные работы по предварительной обработке свежесобранной ламинарии, высушиванию тепловым методом и методом инфракрасной (ИК) сушки.

Gratitude: we express our sincere gratitude to the employees of RPG "BINOM" LLC for the flawlessly performed work on the pretreatment of freshly harvested kelp, drying by thermal method and infrared (IR) drying.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад в работу авторов: **Подкорытова А.В.** – идея экспериментальных работ, написание статьи и интерпретация данных, выводы; **Рощина А.Н.** и **Родина Т.В.** – проведение химико-технологических исследований, обработка данных, участие в обработке материалов статьи; **Котельникова Л.Х.** – обработка материалов исследований, интерпретация данных, участие в написании.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Contribution to the work of the authors: **Podkorytova A.V.** – the idea of experimental work, writing an article and interpretation of data, conclusions; **Roshchina A.N.** and **Rodina T.V.** – conducting chemical and technological research, data processing, participation in the processing of the materials of the article; **Kotelnikova L.H.** – processing research materials, interpretation of data, participation in writing.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ / REFERENCES AND SOURCES

1. Подкорытова, А.В. Морские бурые водоросли – перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения / А.В. Подкорытова, А.Н. Рощина // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 186. – С. 156-172. – DOI 10.36038/2307-3497-2021-4-156-172.
1. Podkorytova, A.V. Marine brown algae – a promising source of BAS for medical, pharmaceutical and food applications / A.V. Podkorytova, A.N. Roshchina // Proceedings of VNIRO. – 2021. – Vol. 186. – Pp. 156-172. DOI 10.36038/2307-3497-2021-4-156-172.
2. FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Rome, Italy. 223 p. ISBN: 978-92-5-132758-6.
2. FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Rome, Italy. – 223 p. ISBN: 978-92-5-132758-6.
3. Подкорытова, А.В. Кормовые добавки из морских водорослей и продуктов их переработки // А.В. Подкорытова, Л.Х. Вафина, Т.А. Игнатова. – М.: Изд-во ВНИРО, 2017. – 70 с.
3. Podkorytova, A.V. Feed additives from seaweed and products of their processing // A.V. Podkorytova, L.H. Vafina, T.A. Ignatova. – M.: VNIRO Publishing House, 2017. – 70 p.
4. Аминина, Н.М. Морские растения – перспективный источник кормов и удобрений для сельского хозяйства / Н.М. Аминина, В.Н. Акулин, Е.В. Якуш // Рыбное хозяйство. – 2020. – № 5. – С. 67-70. – DOI 10.37663/0131-6184-2020-5-67-70.
4. Aminina, N.M. Marine plants – a promising source of feed and fertilizers for agriculture / N.M. Aminina, V.N. Akulin, E.V. Yakush // Fisheries. – 2020. – No. 5. – Pp. 67-70. DOI 10.37663/0131-6184-2020-5-67-70.
5. ФАО. Fishery and Aquaculture Statistics. Global production by production source 1950-2019 (Fish Stat J). In: FAO Fisheries Division [online]. Rome. Updated 2021.
5. FAO. Fisheries and Aquaculture Statistics. Global production by production source 1950-2019 (Fish Stat J). In: FAO Fisheries Division [online]. Rome. Updated, 2021.
6. Подкорытова, А.В. Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов / А.В. Подкорытова, И.А. Кадникова // Вып. 3. Руководство по современным методам исследований морских водорослей, трав и продуктов их переработки. – М.: ВНИРО, 2009. – 108 с.
6. Podkorytova, A.V. Quality, safety and methods of analysis of products from hydrobionts / A.V. Podkorytova, I.A. Kadnikova // Issue 3. A guide to modern methods of research of seaweed, herbs and products of their processing. – M.: VNIRO, 2009. – 108 p.
7. Сафронова Т.М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. / Т.М. Сафронова. – М.: ВНИРО, 1998. – 224 с.
7. Safronova, T.M. Guide taster of fish and fish products. / T.M. Safronova. – M.: VNIRO, 1998. – 224 p.
8. Подкорытова, А.В. Морские водоросли–макрофиты и травы / А.В. Подкорытова. – М.: Изд-во ВНИРО, 2005 – 175 с.
8. Podkorytova, A.V. Marine algae–macrophytes and herbs / A.V. Podkorytova. – M.: VNIRO Publishing House, 2005 – 175 p.
9. Подкорытова, А.В. Бурые водоросли порядков *Laminariales* и *Fucales* Сахалино-Курильского региона: запасы, добыча, использование / А.В. Подкорытова, А.Н. Рощина, Н.В. Евсеева, А.И. Усов [и другие] // Труды ВНИРО – 2020. – Т. 181. – С. 202-223. DOI: 10.36038/2307-3497-2020-181-235-256.
9. Podkorytova, A.V. Brown algae of the orders *Laminariales* and *Fucales* of the Sakhalin-Kuril region: reserves, extraction, use / A.V. Podkorytova, A.N. Roshchina, N.V. Evseeva, A.I. Usov [and others] // Proceedings of VNIRO – 2020. – Vol. 181. – Pp. 202-223. DOI: 10.36038/2307-3497-2020-181-235-256.
10. Подкорытова, А.В. Сезонная динамика взаимодействия минеральных элементов с альгиновой кислотой в ламинарии японской / А.В. Подкорытова, Н.М. Аминина, М.В. Симоконов. – Исследования по технологии гидробионтов дальневосточных морей. – Владивосток: Изд. ТИНРО, 1986. – С. 84-91.
10. Podkorytova, A.V. Seasonal dynamics of interaction of mineral elements with alginic acid in Japanese kelp / A.V. Podkorytova, N.M. Aminina, M.V. Simokon. – Research on the technology of hydrobionts of the Far Eastern seas. – Vladivostok: TINRO Publishing House, 1986. – Pp. 84-91.
11. Аминина, Н.М. Сезонная динамика химического состава *Laminaria japonica*, культивируемой у берегов Приморья // Н.М. Аминина, А.В. Подкорытова / Растительные ресурсы. – Л.: Наука, 1992. – Т. 28, Вып. 3. – С. 137-140.
11. Aminina, N.M. Seasonal dynamics of the chemical composition of *Laminaria japonica* cultivated off the coast of Primorye // N.M. Aminina, A.V. Podkorytova / Plant resources. – L.: Nauka, 1992. – Vol. 28, Issue 3. – Pp. 137-140.