

Исследование возможности получения альгината натрия из продукта переработки фукусковых водорослей

Нина И. Соколан	¹	sokolan.ni@gmail.com
Людмила К. Куранова	¹	kuranoval@rambler.ru
Николай Г. Воронько	¹	voronkonikolay@mail.ru
Владимир А. Гроховский	¹	grohovskiyVA@mstu.edu.ru

¹ Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010, Россия

Реферат. Исследована возможность изготовления альгината натрия из побочного продукта (фукусового полуфабриката), получаемого при производстве экстракта из бурых водорослей семейства фукусковых - фукуса пузырчатого (*F. vesiculosus*). Установлено, что в фукусовом полуфабрикате остаётся до 80% альгиновых кислот, содержащихся в исходном сырье, которые также могут быть выделены и использованы. Разработана принципиальная технология альгината натрия из фукусового полуфабриката, состоящая из следующих основных стадий: подготовка сырья, восстановление, предварительная обработка, экстракция альгинатов, выделение альгиновой кислоты, получение альгината натрия, сушка. В результате усовершенствования технологической схемы установлены близкие к оптимальным параметры отдельных стадий процесса. Установлены близкие к оптимальным параметры технологической схемы (продолжительность экстракции альгинатов раствором карбоната натрия – 3 часа; значение активной кислотности при выделении альгиновых кислот 6 М раствором соляной кислоты: pH = 3). Удалось увеличить выход и улучшить качество продукта: выход альгината натрия составил 4,5% (что на 20 % выше первоначального), содержание альгиновых кислот увеличилось на 7% и составило 92% в пересчёте на сухое вещество, кинематическая вязкость возросла практически вдвое – её величина достигла значения 500 сСт. Исследованиями, проведёнными методом ИК-спектроскопии на приборе Shimadzu IR Tracer-100 (Япония), установлено, что полученный из фукусового полуфабриката по оптимизированной технологии альгинат натрия по качеству не уступает альгинату натрия, вырабатываемому из ламинарии (фирма Sigma Aldrich (США)). Альгинат натрия, изготовленный из фукусового полуфабриката, может быть использован в качестве одного из компонентов желирующих заливок при изготовлении рыбных консервов в желе. Предложена комплексная технологическая схема переработки фукусковых водорослей.

Ключевые слова: бурые водоросли, фукус, технология, альгинат натрия, экстракт, полуфабрикат, альгиновые кислоты, ИК-спектроскопия, заливки, консервы в желе

Investigation of the possibility of producing sodium alginate from the product of processing fucus algae

Nina I. Sokolan	¹	sokolan.ni@gmail.com
Lyudmila K. Kuranova	¹	kuranoval@rambler.ru
Nikolai G. Voron'ko	¹	voronkonikolay@mail.ru
Vladimir A. Grohovskii	¹	grohovskiyVA@mstu.edu.ru

¹ Murmansk state Technical University, Sportivnaya str., 13, Murmansk, 183010, Russia

Summary. The possibility of making sodium alginate from a by-product (fucus semifinished product), obtained by producing an extract from brown algae of the Fucus family – fucus bubbly (*F. vesiculosus*), has been studied. It has been found that up to 80% of the alginic acids contained in the feedstock remain in the fucus semi-finished product, which can also be isolated and used. The principal technology of sodium alginate from the fucus semifinished product is developed, consisting of the following main stages: preparation of raw materials, reduction, pretreatment, extraction of alginates, isolation of alginic acid, production of sodium alginate, drying. The parameters of the technological scheme close to optimal parameters were determined (the duration of extraction of alginates by sodium carbonate solution is 3 hours, the active acidity value for the isolation of alginic acids is 6M hydrochloric acid: pH = 3). As a result of optimization of the technological scheme, it was possible to increase the yield and improve the quality of the product: the yield of sodium alginate was 4.5% (which is 20% higher than the original), the content of alginic acids increased by 7% and was 92% in terms of dry matter, kinematic the viscosity increased almost twofold - its value reached a value of 500 cSt. Investigations carried out by the Fourier method of IR spectroscopy on the Shimadzu IR Tracer-100 (Japan) showed that the sodium alginate obtained from the fucus semifinished by optimized technology is not inferior in quality to sodium alginate produced from laminaria (Sigma Aldrich (USA).) Sodium alginate, made from the fucus semi-finished product, can be used as one of the components of gelling fillings for the production of canned fish in jellies. A technological scheme for processing algae is proposed.

Keywords: brown algae, fucus, technology, sodium alginate, extract, semifinished product, alginic acid kits, IR spectroscopy, fillings, canned jelly

Для цитирования

Соколан Н.И., Куранова Л.К., Воронько Н.Г., Гроховский В.А. Исследование возможности получения альгината натрия из продукта переработки фукусковых водорослей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 161–167. doi:10.20914/2310-1202-2018-1-161-167

For citation

Sokolan N.I., Kuranova L.K., Voron'ko N.G., Grohovskiy V.A. Investigation of the possibility of producing sodium alginate from the product of processing fucus algae. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 161–167. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-1-161-167

Введение

В мировом водорослевом промысле бурые водоросли занимают первое место в общем количестве добываемого сырья. Эта группа растений составляет подавляющую часть фитобентоса Мирового океана, являясь уникальным сырьем для получения ценных пищевых, технических и медицинских продуктов. Морские водоросли обладают кумулятивной способностью к накоплению разнообразного комплекса микроэлементов, в частности йода, в количествах, значительно превышающих их содержание в окружающей среде.

Уникальной особенностью бурых водорослей является и способность синтезировать и накапливать комплекс полиуроновых кислот, известных под названием «альгиновая кислота», которая в виде альгинатов – солей кальция, магния, натрия – содержится в макрофитах, принадлежащих к родам *Macrocystis*, *Laminaria*, *Fucus* [1].

Альгиновая кислота – полимер уруновых (гулуруновой и маннуровой кислот, соединённых по 1–4 гликозидным связям) различной степени полимеризации (СП), в результате чего её молекулярный вес и реологические свойства значительно варьируют [2].

Альгиновая кислота и её соли способны к 200–300-кратному поглощению воды, образуя гели, для которых характерна высокая кислотостойкость. В пищевой промышленности они используются в качестве [2] эмульгаторов, стабилизаторов, желеобразующих и влагоудерживающих компонентов. В тканях водорослей альгиновые кислоты находятся в форме калиевых, натриевых или кальциевых солей, входящих в состав клеточных стенок, локализованных в межклеточных пространствах слизевых каналов. Бурые водоросли используются в качестве источника альгинатов с целью получения из них неочищенных биогелей, что является альтернативой и позволяет решать многие проблемы, связанные с комплексным использованием сырья и обеспечением населения альгинатсодержащими продуктами [2].

Одной из солей альгиновой кислоты, нашедшей широчайшее использование, является альгинат натрия. Это вещество представляет собой натриевую соль альгиновых кислот, хорошо растворимую в воде. Альгинат натрия – полисахарид, построенный из единиц D-маннуроновой кислоты, соединённых β-(1,4) – гликозидными связями. Химическая формула: $[C_6H_8O_6]_n$. Структурная формула альгината натрия может быть представлена следующим образом (рисунок 1):

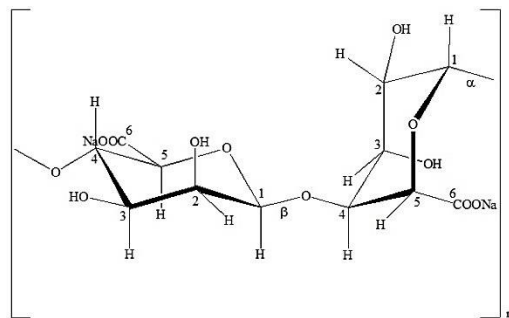


Рисунок 1. Структурная формула альгината натрия
Figure 1. Structural formula of sodium alginate.

Молекулярный вес альгината натрия колеблется от 50000 до 200000 и зависит от степени полимеризации, которая может достигать 750.

Альгинат натрия выпускается для пищевых и технических целей. Образцы отличаются друг от друга чистотой и величиной основных показателей.

Альгинат натрия хорошо растворим в воде. Пищевой альгинат натрия (в соответствии с требованиями нормативного документа ТУ 15-544-83 «Альгинат натрия пищевой. Технические условия») – представляет собой сухой порошок или небольшие тонкие пластинки, его окраска колеблется в зависимости от сырья от кремовой (из ламинарных водорослей) до коричневой (из фукусов). Массовая доля влаги в продукте не должна быть выше 16%; массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество) не выше 26%; количество веществ, не растворимых в кипящей воде – не выше 0,3%; содержание альгиновой кислоты – не менее 70% (в пересчете на сухое вещество); кинематическая вязкость 1%-го раствора альгината натрия (в пересчете на сухое вещество) при температуре 20 °С не должна быть ниже 30 сСт.

Альгинаты биосовместимы, биodeградируемы и относительно недороги в производстве, хорошо растворяются в воде и обладают высокой водоудерживающей способностью, легко образуют гидрогели [4]. Благодаря всему этому альгинаты нашли широкое применение в качестве загустителей, гелеобразователей и стабилизаторов медицины и фармацевтике, а также – в текстильной индустрии. Но особенно широко применение альгинатов в сфере производства продуктов питания, в частности – соусов, паст, желеобразующих заливок, крем-супов, мороженого и т. д. [5].

Исследователями МГТУ разработана технология получения из фукусовых водорослей экстракта, являющегося природным биогелем. Фукусовый экстракт используется в рецептуре соусов и заливок при изготовлении кулинарных рыбных продуктов и консервов в желе. Побочным продуктом при получении фукусового экстракта является полуфабрикат фукуса (вареный фукус), который также используется в консервах, салатах и кулинарии [6–10].

С помощью реометра Anton Paar Physica MCR302 проведены сравнительные реологические исследования фукусового экстракта [7], полученного из водорослей *F. vesiculosus* и альгината натрия из бурых водорослей фирмы Sigma Aldrich (США). Результаты анализа – кривые течения – представлены на рисунок 2.

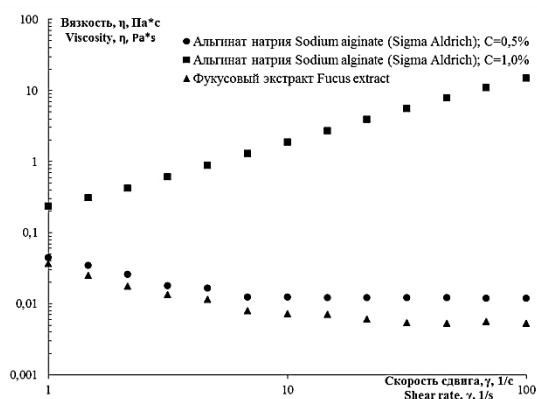


Рисунок 2. Кривые течения образцов альгината натрия из бурых водорослей (Sigma Aldrich) и фукусового экстракта, полученного из водорослей *F. vesiculosus*

Figure 2. Flow curves of sodium alginate samples from brown algae (Sigma Aldrich) and fucus extract obtained from algae *F. vesiculosus*

В результате исследований было установлено, что в экстрактах содержится до 0,5% альгината натрия в зависимости от вида водоросли. Следовательно, большая часть альгиновых веществ остаётся в отходах после получения фукусовых экстрактов (варёном фукусом полуфабрикате).

Цель работы – исследование возможности получения альгината из фукусового полуфабриката (вареного фукуса).

Материалы и методы

В качестве сырья для получения альгинатов использовался фукус, полученный в процессе переработки водоросли *F. vesiculosus*, заготовленной и высушенной в естественных условиях в августе-сентябре 2013–2014 гг. в губе Дальнезеленецкая Баренцева моря.

Полуфабрикат фукуса получали в процессе изготовления фукусового экстракта следующим образом: промытый и восстановленный в воде сухой фукус в воде фукус обрабатывали водой (соотношение фукус: вода = 1:2) при температуре $(95 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 1 часа. Жидкую часть (фукусовый экстракт) отделяли фильтрацией, плотную часть (варёный полуфабрикат фукуса) использовали для получения альгината натрия.

Физико-химические и органолептические свойства, такие как массовые доли влаги, альгиновой кислоты, минеральных примесей, нерасстворимые в воде, определяли по ГОСТ 26185-84

«Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа». Кинематическую вязкость измеряли на стеклянном капиллярном вискозиметре путем измерения времени истечения 1%-го раствора альгината натрия.

Сравнительные реологические исследования образцов альгинатов натрия, полученных из полуфабриката фукуса и из ламинарии фирмы Sigma Aldrich (США), проводили на реометре Anton Paar Physica MCR302 (США), используя конически-пластинчатую рабочую единицу (диаметр конуса составлял 50 мм, а угол между конической поверхностью и пластиной составляли 1 град). Измерения проводились при следующем режиме деформаций: периодические колебания при постоянной температуре (24°C) с изменяющейся амплитудой. Относительная погрешность измерения кажущейся вязкости и компоненты динамического модуля не превышали 10%, изменение температуры находилось в пределах $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Воспроизводимость результатов реологических измерений автоматически контролировалась параллельным тестированием двух образцов одного и того же содержимого ИК-спектры исследуемых образцов регистрировались с помощью ИК-Фурье спектрометра Nicolet 700 (*Thermo Scientific, Madison WI, США*) в среднем диапазоне ИК-излучения $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$.

Образцы для исследований готовили по следующей методике: гидрогели выдерживали при 12°C в течение 12 ч. Затем их замораживали при температуре 6°C , размораживали в темноте и центрифугировали. Образованный осадок высушивали в сушильном шкафу при 50°C в течение 5 ч и, наконец, при 25°C течение 20 часов. Полученные сухие пленки, измельчали в шаровой мельнице до состояния высокодисперсного порошка, смешивали с KBr, спрессовывали в таблетку и проводили измерения.

Результаты и обсуждение

Для достижения поставленной цели предстояло обосновать целесообразность использования фукусового полуфабриката в качестве сырья для получения альгината – уточнить методами химического анализа количественное содержание альгиновых веществ в продуктах переработки фукуса.

Проведены исследования динамики рас-пределения альгиновых кислот в процессе изготовления фукусового экстракта из водоросли *F. vesiculosus*: определено содержание альгиновых веществ в сухом и восстановленном фукусе, в фукусовом экстракте и в варёном фукусе (побочном продукте производства экстракта). Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Содержание альгиновой кислоты в продуктах переработки фукуса в процессе изготовления фукусного экстракта, %

Table 1.

Alginic acid content in products of fucus processing in the process of making fucus extract, %

Наименование продукта Product name	Массовая доля, % Mass fraction, %		Данные материального баланса продукции переработки фукуса Data on the material balance of the products of the processing of fucus		
	сухих веществ, % of dry substances, %	альгиновой к-ты, % к сух. в-вам alginic acid, % to dry substances	масса продукта, г mass of product, g	масса сухих веществ, г mass of dry substances, g	масса альгиновой к-ты, г weight of alginic acid, g
фукус сухой fucus dry	92,91	20,1	1000	929	186,7
фукус восстановленный fucus reconstituted	20,27	22,5	3750	760	171,0
фукусный экстракт fucus extract	0,95	18,8	6000	57	10,8
варёный полуфабрикат фукуса (побочный продукт) prepared semi-finished product of fucus (by-product)	13,14	22,4	5000	670	150,1

В результате исследований установлено, что в варёном полуфабрикате фукуса остаётся до 80% альгиновых кислот, содержащихся в исходном сырье, которые также могут быть выделены и использованы. Полученные данные подтвердили результаты предварительных исследований, проведенных реологическими методами, а также предположение о том, что фукусный полуфабрикат может быть использован в качестве источника альгинатов.

На следующем этапе проведены исследования по изучению возможности получения альгината натрия из побочного продукта производства фукусного экстракта. Разработана принципиальная технология, состоящая из следующих основных стадий: предварительная обработка полуфабриката хлоридом кальция, экстракция альгинатов, выделение альгиновой кислоты, получение альгината натрия, сушка (рисунок 3).

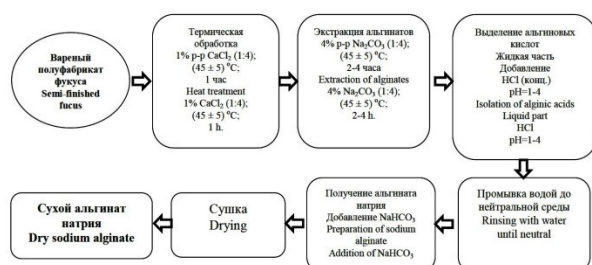


Рисунок 3. Принципиальная технологическая схема получения альгината натрия из фукусного полуфабриката

Figure 3. The basic technological scheme for obtaining sodium alginate from the fucus semifinished product

Натриевую соль альгината получали, добавляя в полученный раствор расчётное количество сухого бикарбоната натрия. Полученный раствор альгината натрия высушивали на воздухе и исследовали его реологические характеристики. Содержание альгиновых кислот в готовом продукте составило 83–87% в пересчёте на сухое вещество, вязкость альгината была довольно высокой – 253–269 сСт, содержание нерастворимых веществ в воде – около 0,3%. Выход продукта составил 3,7%. Таким образом, полученный продукт соответствовал требованиям нормативного документа на этот вид продукции.

На следующем этапе работ проведена оптимизация предложенной технологии. Уточнялась возможность увеличения выхода готового продукта и получения альгината с улучшенными показателями качества. С этой целью оптимизировали стадию экстракции альгинатов и стадию выделения альгиновых кислот.

На стадии экстракции варьировали продолжительность обработки водорослей раствором карбоната натрия в пределах от 2 до 4 часов. Как показали исследования, при 2-х часовой экстракции водорослей содержание альгиновых кислот в готовом продукте в среднем составляло 85%, вязкость – 253–269 сСт при выходе продукта 3,7%. Экстракция водорослей в течение 3-х часов повысила как содержание альгиновых кислот в продукте (90–92)%, так и вязкость (450 – 500) сСт. Выход продукта достигал 4,5%. Содержание нерастворимых в воде веществ при увеличении продолжительности экстракции до 4-х часов привело к снижению качества

альгината: содержание нерастворимых в воде веществ увеличилось до 0,89%, вязкость снизилась до 170 сСт, однако выход продукта увеличился до 4,9%. С учётом полученных результатов установлена оптимальная продолжительность экстракции – 3 часа.

Вторая стадия, требовавшая уточнения, – стадия выделения (осаждения) альгиновых кислот. Выделение альгиновых кислот из очищенного охлажденного раствора проводилось 18%-ым раствором соляной кислоты (6М HCl). Устанавливалось близкое к оптимальному значение концентрации водородных ионов (pH) среды, при котором выход альгиновых кислот максимален, и при котором не происходит разрушения полимерной цепочки, что гарантирует получение высоковязкого альгината. Значение pH варьировали в пределах от 1 до 3, т. к. при pH = 4,0 альгина не формировалась.

Установлено, что максимальное содержание альгиновой кислоты в готовом продукте (92%) при максимальном значении вязкости (500 сСт) и достаточно высоком выходе продукта наблюдалось при добавлении соляной кислоты до значения концентрации водородных среды – pH = 3. То есть, как и предполагалось, в более жестких условиях осаждения (pH = 1) протекает гидролиз полисахаридных связей, что приводит к уменьшению длины цепочки и, как следствие, к уменьшению вязкости альгината.

Последующие стадии технологического процесса проводили по первоначально разработанной технологии: осажженный и промытый водой раствор альгиновых кислот отфильтровывали через капроновую сетку и промывали на фильтре до нейтральной реакции pH, получая гелеобразную массу. Альгину обрабатывали сухим гидрокарбонатом натрия, в результате чего получали раствор альгината натрия – светло-коричневую жидкость без запаха. Полученный раствор фильтровали и сушили на воздухе. Определена длительность сушки раствора альгината натрия – 12 часов при комнатной температуре (20 ± 2) °C. При этих условиях альгинат высыхает до остаточной влажности 7%, что соответствует требованиям нормативной документации на этот вид продукции (не более 16%).

В результате совершенствования технологической схемы удалось увеличить выход продукта и улучшить качество альгината натрия из водорослей: максимально достигнутый выход продукта составил 4,5% (что на 20% выше первоначального), содержание альгиновых кислот в продукте составило 92% к сухому веществу (что на 7% выше первоначального значения), вязкость – 500 сСт (увеличились почти вдвое).

Качественные показатели альгината натрия, полученного по уточнённой технологической схеме, приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели качества альгината натрия

Table 2.

Quality indicators of sodium alginate

Показатели Indicators	Характеристика Characteristic
Внешний вид Appearance	Тонкие пластинки Thin plates
Цвет Colour	Светло-коричневый Light brown
Вкус Taste	Без вкуса Without taste
Запах Smell	Без запаха Without smell
Массовая доля воды, % Mass fraction of water, %	7,0
Массовая доля золы, % Mass fraction of ash, %	18,0
Массовая доля альгиновых кислот, % к сух. в-ву Mass fraction of alginic acids, % to dry substances	92,0
Массовая доля нерастворимых в воде веществ, не более, % Mass fraction of substances insoluble in water, not more than, %	0,3
Вязкость, сСт Viscosity, cSt	500

Для оценки качества альгината натрия, полученного из фукусковых водорослей, проводили ИК-спектроскопию на приборе Shimadzu IR Tracer-100 (Япония). В качестве образца-сравнения использовали образец альгината натрия из ламинарии фирмы Sigma Aldrich (США) со средневязкостной молекулярной массой $M_n = 630$ kDa. Анализ показал, что спектр образца, полученного из водорослей фукуса, в основных чертах аналогичен спектру альгината натрия фирмы Sigma Aldrich. В спектре альгината натрия, полученного из фукуса,

основными линиями поглощения являются 3438, 1616, 1415, 1302, 1095, 1029 и 815 см^{-1} (рисунок 4). Поскольку эти пики могут быть отнесены к структурным особенностям альгината, это указывает на высокое содержание указанного полисахарида в полученном образце.

Альгинат натрия, полученный из фукусковых водорослей, использовали при разработке новых рецептур структурированных пищевых заливок на основе полиэлектролитных комплексов желатины с полисахаридами (желирующих заливок) при изготовлении консервов в желе.

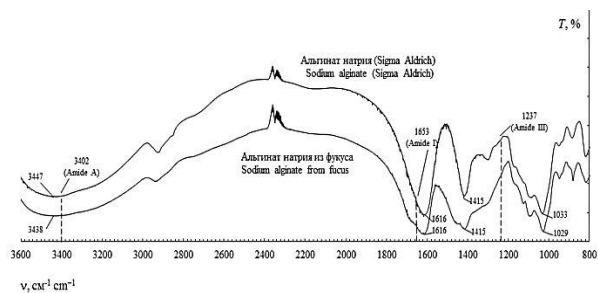


Рисунок 4. ИК-спектры образцов альгината натрия из бурых водорослей (*Sigma Aldrich*) и альгината натрия, полученного из водорослей *F. vesiculosus*

Figure 4. IR spectra of samples of sodium alginate from brown algae (*Sigma Aldrich*) and sodium alginate obtained from algae *F. vesiculosus*

В результате проведённых исследований разработана комплексная технологическая схема переработки фукусковых водорослей, представленная на рисунке 5.

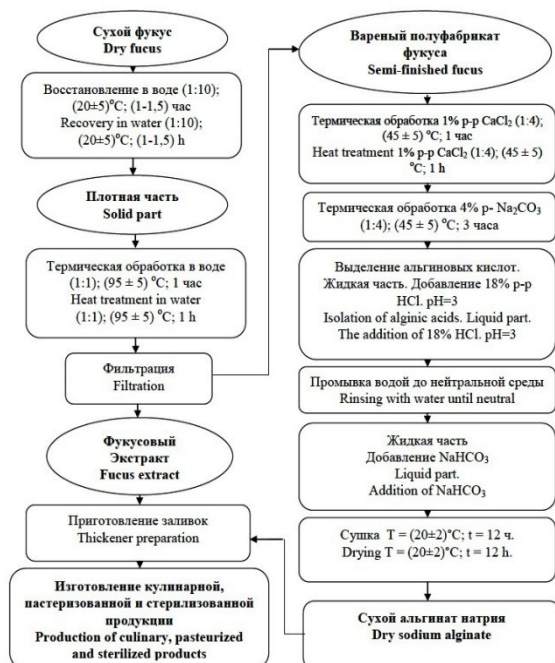


Рисунок 5. Комплексная технологическая схема переработки фукусковых водорослей на пищевые цели

Figure 5. Complex technological scheme for processing fucus algae for food purposes

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Наумов И.А., Гарабаджиу А.В., Куприна Е.Э., Кириллов А.И. и др. Водоросли – источник биополимеров, биологически активных веществ и субстрат в биотехнологии. Часть 1. Биополимеры клеток тканей водорослей // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 1. С. 188 – 193.
- 2 Hecht H., Srebnik S. Structural characterization of sodium alginate and calcium alginate // Biomacromolecules. 2016. V. 17. № 6. P. 2160-2167.
- 3 Sellimi S., Younes I., Ayed H.B., Maalej H. et al. Structural, physicochemical and antioxidant properties of sodium alginate isolated from a Tunisian brown seaweed. // Int J Biol Macromol. 2015. V. 72. P. 1358–1367.

Ассортимент консервов «Сайда с овощами и фукусом в желе» экспонировался на 17-ой международной выставке «Море. Ресурсы. Технологии – 2016», где получил положительную оценку посетителей и диплом дегустационного конкурса продукции в рамках работы круглого стола «Инновационные технологии переработки водных биоресурсов Арктики».

Заключение

В результате проведённых исследований:

- определено, что в варёном полуфабрикате фукуса остаётся до 80% от исходного количества альгиновых кислот, содержащихся в исходном сырье, что свидетельствует о целесообразности использования побочного продукта, образующегося в процессе изготовления фукусового экстракта, для получения альгината натрия;
- разработана технология получения альгината натрия из варёного полуфабриката фукуса, оптимизированы стадии технологического процесса (экстракции альгиновых веществ и выделения альгиновых кислот);
- установлено, что альгинат натрия, полученный из фукусового полуфабриката по оптимизированной технологии, является высоковязким и по качеству не уступает альгинату натрия из ламинарии фирмы Sigma Aldrich (США);
- показано, что альгинат натрия, полученный из фукусового полуфабриката, может быть использован в качестве одного из компонентов желирующих заливок при изготовлении рыбных консервов в желе;
- предложена комплексная технологическая схема переработки фукусковых водорослей на пищевые цели.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект 16-16-00076.

4 Javed K. et al. Possible production of sodium alginate from naturally grown algae in Pakistan // Science International. 2015. V. 27. № 1.

5 Варзугина М.А., Николаенко О.А., Куранова Л.К., Темиржанова К.С. и др. Создание комбинированных функциональных продуктов с использованием фукусковых водорослей // Материалы международной научно-практической конференции «Инновации в технологии продуктов здорового питания». Калининград. Изд. ФБГОУ ВО «КГТУ», 2016. С. 86–91.

6 Куранова Л.К., Николаенко О.А., Гроховский В.А., Дубровин С.Ю. и др. Разработка комбинированных функциональных продуктов с использованием фукусковых водорослей // Рыбное хозяйство. 2017. № 1. С. 100–103.

7 Sokolan N., Voron'ko N., Derkach S., Kuranova L. The self-assembly phenomenon in sodium alginate-gelatin aqueous mixture // 16th European Student Colloid Conference ECS 2017, 19th-22th June. Florence: Conference Handbook, 2017. P. 83.

8 Draget K. I. et al. 9 Alginates // Food polysaccharides and their applications. 2016. V. 160. P. 289.

9 Peteiro C. Alginate Production from Marine Macroalgae, with Emphasis on Kelp Farming // Alginates and Their Biomedical Applications. Springer, Singapore. 2018. P. 27-66.

10 Viswanathan S., Nallamuthu T. Extraction of sodium alginate from selected seaweeds and their physiochemical and biochemical properties // Extraction. 2014. V. 3. №. 4.

11 ГОСТ 26185–84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Метода анализа. М.: Изд-во стандартов, 2010. 34 с.

REFERENCES

1 Naumov I.A., Garabagiu A.V., Kuprina E.E., Kirillov A.I. et al. Algae – a source of biopolymers, biologically active substances and substrate in biotechnology. Part 1. Biopolymers of cells of algal tissues. *Vestnik Kazanskogo tekhn. univ.* [Proceedings of Kazan technol. univ.] 2014. vol. 17. no. 1. pp. 188 – 193. (in Russian)

2 Hecht H., Srebnik S. Structural characterization of sodium alginate and calcium alginate. *Biomacromolecules*. 2016. vol. 17. no. 6. pp. 2160-2167.

3 Sellimi S., Younes I., Ayed HB, Maalej H, Montero V, Rinaudo M, et al. Structural, physicochemical and antioxidant properties of sodium alginate isolated from a Tunisian brown seaweed. *Int J Biol Macromol*. 2015. vol. 72. pp. 1358–1367.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Нина И. Соколан аспирант, кафедра химии, Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13 г. Мурманск, 183010, sokolan.ni@gmail.com

Людмила К. Куранова к.т.н., зав. научно-исследовательской лабораторией, кафедра технологий пищевых производств, Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010, Россия, kuranova@rambler.ru

Николай Г. Воронько к.т.н., доцент, кафедра химии, Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010, Россия, voronkonikolay@mail.ru

Владимир А. Гроховский д.т.н., профессор, кафедра технологий пищевых производств, Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010, Россия, grohovskiyVA@mstu.edu.ru

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Нина И. Соколан написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Людмила К. Куранова предложила методику проведения эксперимента

Николай Г. Воронько консультация в ходе исследования

Владимир А. Гроховский консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 18.12.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 05.02.2018

4 Javed K. et al. Possible production of sodium alginate from naturally grown algae in Pakistan. *Science International*. 2015. vol. 27. no. 1.

5 . Varzugina M.A., Nikolaenko O.A., Kuranova L.K., Temirzhanova K.S. et al. Creation of combined functional products using fucus algae. *Innovatsii v tekhnologii produktov zdorovogo pitaniya* [Materials of the international scientific and practical conference «Innovations in healthy food technology»] Kaliningrad, FBGU V KSTU, 2016. pp. 86–91. (in Russian)

6 Kuranova L.K., Nikolaenko O.A., Grokhovsky V.A., Dubrovin S. Yu. et al. Development of combined functional products using fucus algae. *Rybnoe khozyaistvo*. [Fishery] 2017, no. 1, pp. 100–103. (in Russian)

7 Sokolan N., Voron'ko N., Derkach S., Kuranova L. The self-assembly phenomenon in sodium alginate-gelatin aqueous mixture. 16th European Student Colloid Conference ECS 2017, 19th-22th June, Florence: Conference Handbook. Florence, 2017. pp. 83.

8 Draget K. I. et al. 9 Alginates. Food polysaccharides and their applications. 2016. vol. 160. pp. 289.

9 Peteiro C. Alginate Production from Marine Macroalgae, with Emphasis on Kelp Farming. *Alginates and Their Biomedical Applications*. Springer, Singapore, 2018. pp. 27-66.

10 Viswanathan S., Nallamuthu T. Extraction of sodium alginate from selected seaweeds and their physiochemical and biochemical properties. *Extraction*. 2014. vol. 3. no. 4.

11 GOST 26185–84. Vodorosli morskije, travy morskije [State standard 26185–84. Seaweeds, sea herbs and products of their processing. Methods of analysis] Moscow, Publishing Standards, 2010. 34 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Nina I. Sokolan graduate student, Chemistry department, Murmansk State Technical University, Sportivnaya str., 13, Murmansk, 183010, Russia, sokolan.ni@gmail.com

Lyudmila K. Kuranova Cand. Sci. (Engin.), Head of Research, Department of Food Production Technology, Murmansk State Technical University, Sportivnaya str., 13, Murmansk, 183010, Russia, kuranova@rambler.ru

Nikolai G. Voron'ko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Chemistry department, Murmansk State Technical University, Sportivnaya str., 13, Murmansk, 183010, Russia, voronkonikolay@mail.ru

Vladimir A. Grokhovskii Dr. Sci. (Engin.), professor, Food Production Technology department, Murmansk State Technical University, Sportivnaya str., 13, Murmansk, 183010, Russia, grohovskiyVA@mstu.edu.ru

CONTRIBUTION

Nina I. Sokolan wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Lyudmila K. Kuranova review of the literature on an investigated problem

Nikolai G. Voron'ko consultation during the study

Vladimir A. Grokhovskii consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.18.2017

ACCEPTED 2.5.2018