УДК 664.3

О.В. Табакаева

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ПРОМЫСЛОВЫХ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Рассмотрена возможность использования потенциально промысловых бурых водорослей Дальневосточного региона ундарии перистонадрезной и костарии ребристой в пищевых технологиях в виде гидролизатов, полученных кислотным гидролизом пищевой лимонной кислотой. Определены закономерности накопления углеводов в гидролизатах в зависимости от условий гидролиза и установлены рациональные параметры кислотного гидролиза. Изучен химический состав и структурообразующие свойства полученных гидролизатов.

Бурые водоросли, кислотный гидролизат, структурообразующие свойства.

Введение

В Дальневосточном регионе бурые водоросли распространены повсеместно, насчитывается 15 промысловых и 16 потенциально промысловых видов. Из промысловых водорослей наибольшее значение имеют ламинариевые, в частности ламинария японская, состав, свойства и пищевое применение которой подробно изучены [1–3].

Однако в перспективе необходимо рассматривать пищевое использование, а также использование в качестве источников БАВ морского генеза потенциально промысловых видов водорослей. Эти водоросли активно используются в азиатских странах Тихоокеанского региона, но в России их использование носит случайный характер, хотя их запасы находятся на достаточно высоком уровне – 70–100 тыс. тонн (по данным ТИНРО-центра) [4].

Пищевое применение бурых водорослей может быть расширено за счет обогащения пищевых продуктов биологически активными веществами, извлеченными из водорослей путем гидролиза или экстракции.

Актуальность исследований по обоснованию возможности использования потенциально промысловых бурых водорослей Дальневосточного региона в пищевых технологиях обусловливается тем, что на основе полученных результатов может быть разработана технология обогащения биологически активными веществами бурых водорослей и рецептуры пищевых продуктов посредством введения гидролизатов или экстрактов в их состав.

Целью исследования было получение гидролизатов из бурых водорослей костария ребристая и ундария перистонадрезная пищевой лимонной кислотой, обладающих структурообразующими (поверхностно-активными, пенообразующими, эмульгирующими) свойствами, и обоснование возможности их дальнейшего использования в пищевых технологиях.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись талломы бурых водорослей костарии ребристой и ундарии перистонадрезной и гидролизаты, полученные путем кислотного гидролиза пищевой лимонной кислотой.

Содержание сухих веществ, золы, общего азота, альгиновой кислоты, маннита определяли по ГОСТ 26185 [5].

Определение содержания липидов осуществляли гравиметрическим методом после экстракции метилхлоридом.

Определение общих углеводов проводили измерением оптической плотности окрашенного раствора, полученного при взаимодействии с 10 М H_2SO_4 при длине волны 450 нм с синим светофильтром на СФ VSU-2P.

Содержание фукоидана определяли методом ВЭЖХ на углеводном анализаторе.

Пенообразующие свойства гидролизатов из бурых водорослей оценивали по пенообразующей способности.

Получение эмульсии проводили методом диспергирования с помощью микроизмельчителя тканей РТ-2 при 3000–5000 об/мин. Эмульгирование вели путем постепенного добавления растительного масла по каплям к 18 $см^3$ раствора.

Эмульгирующую способность рассчитывали по отношению максимального количества эмульгированного масла к количеству эмульгатора в системе.

Результаты и их обсуждение

Первоначально был изучен химический состав талломов бурых водорослей ундарии перистонадрезной и костарии ребристой. Данные по химическому составу водорослей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общий химический состав ундарии перистонадрезной и костарии ребристой

Водоросль	Массовая доля, %				
	вода	белки	жиры	углеводы	зола
Ундария перистонадрезная	86,5±4,23	1,0±0,05	0,05±0,002	7,4±0,35	5,0±0,24
Костария ребристая	85,4±4,21	1,6±0,07	0,16±0,008	8,8±0,43	4,4±0,21

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что основную массовую долю водорослей составляет вода: 86,5 % в ундарии перистонадрезной и 85,4 % в костарии ребристой.

В ундарии перистонадрезной из 13,5 % сухого вещества основная доля приходится на углеводы (7,4 %), 5,0 % составляет зола, 1 % – белки и 0,05 % – жиры. Бурая водоросль костария ребристая содержит 8,8 % углеводов, золы – 4,4 %, белков – 1,6 %, жиров – 0,16 %.

Для получения кислотных гидролизатов в целях разрушения плотной клеточной стенки водорослей первоначально проводили деструкцию методом гомогенизирования. Кислотный гидролиз проводили пищевой лимонной кислотой при температурах 25 и 55 ^{0}С, так как согласно [6] в этих условиях исключается разрушение биологически активных веществ, содержащихся в бурых водорослях, в частности фукоидана.

Так как в дальнейшем предполагалось использование гидролизатов в технологии масложировых эмульсионных продуктов, критериями для оценки возможности являлись: содержание углеводов, структурообразующие свойства.

Исследована зависимость выбранных показателей от концентрации кислоты, продолжительности и температуры процесса, гидромодуля.

Закономерности при температурах 25 и 55 ^{0}С были одинаковыми. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Динамика накопления углеводов в процессе кислотного гидролиза бурых водорослей

Концентрация кислоты, %	Продолжительность гидролиза, ч	Содержание углеводов, %			
		Т = 25 ^{0}С		Т = 55 ^{0}С	
		костария	ундария	костария	ундария
3	1	1,7±0,08	1,4±0,06	2,0±0,10	1,5±0,07
5		1,9±0,09	1,6±0,07	2,3±0,11	1,8±0,09
8		2,1±0,10	1,7±0,08	2,5±0,12	2,2±0,11
10		2,3±0,11	2,0±0,10	2,8±0,14	2,4±0,12
3	2	1,9±0,09	1,5±0,07	2,1±0,10	1,6±0,08
5		2,0±0,10	1,7±0,08	2,6±0,13	1,9±0,09
8		2,3±0,10	1,9±0,09	2,9±0,14	2,1±0,10
10		2,7±0,13	2,2±0,11	3,2±0,16	2,6±0,13
3	3	2,1±0,10	1,6±0,08	2,3±0,11	1,8±0,09
5		2,5±0,12	2,0±0,09	3,0±0,15	2,3±0,11
8		3,1±0,15	2,4±0,11	4,0±0,20	2,7±0,13
10		4,0±0,19	2,5±0,12	4,6±0,23	2,8±0,14
3	4	2,3±0,11	1,7±0,08	2,6±0,13	1,9±0,10
5		3,0±0,15	2,2±0,11	3,9±0,19	2,4±0,12
8		3,1±0,15	2,4±0,11	4,0±0,20	2,7±0,13
10		4,2±0,20	3,0±0,15	4,6±0,23	3,0±0,15
3	5	2,8±0,13	1,8±0,08	3,6±0,18	1,8±0,09
5		3,3±0,15	2,1±0,10	3,8±0,19	2,5±0,12
8		3,8±0,18	2,6±0,12	4,3±0,21	2,9±0,14
10		4,3±0,21	2,9±0,14	4,4±0,22	3,1±0,15

Максимальное извлечение углеводов в гидролизаты из костарии ребристой и ундарии перистонадрезной отмечалось через 3 ч гидролиза при концентрации лимонной кислоты 5 %.

Методом математической обработки получены уравнения регрессии, описывающие процесс извлечения углеводов в кислотные гидролизаты из костарии ребристой и ундарии перистонадрезной (табл. 3).

Таблица 3

Уравнения регрессии, описывающие накопление углеводов в гидролизатах из бурых водорослей

Гидролизат	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации
Костария (концентрация кислоты 3 %)	$У_1 = 0,14X^2 + 0,44X + 2,36$	$R^2 = 0,98$
Костария (концентрация кислоты 5 %)	$У_2 = 0,02X^2 + 0,56X + 1,68$	$R^2 = 0,91$
Костария (концентрация кислоты 8 %)	$У_3 = –0,11X^2 + 1,19X – 1,30$	$R^2 = 0,94$
Костария (концентрация кислоты 10 %)	$У_4 = 0,19X^2 + 1,57X + 1,24$	$R^2 = 0,89$
Ундария (концентрация кислоты 3 %)	$У_5 = –0,04X^2 + 0,30X + 1,20$	$R^2 = 0,92$
Ундария (концентрация кислоты 5 %)	$У_6 = –0,02X^2 + 0,32X + 1,46$	$R^2 = 0,95$
Ундария (концентрация кислоты 8 %)	$У_7 = –0,01X^2 + 0,25X + 1,86$	$R^2 = 0,83$
Ундария (концентрация кислоты 10 %)	$У_8 = –0,01X^2 + 0,27X + 2,14$	$R^2 = 0,93$

Примечание. У (%) – содержание углеводов в гидролизате; Х (ч) – продолжительность гидролиза.

Исследована закономерность изменения структурообразующих свойств (поверхностной активности, эмульгирующей и пенообразующей способностей) гидролизатов и экстрактов из бурых водорослей от концентрации кислоты и продолжительности обработки. Результаты исследований на примере эмульгирующей способности кислотных гидролизатов приведены на рис. 1.

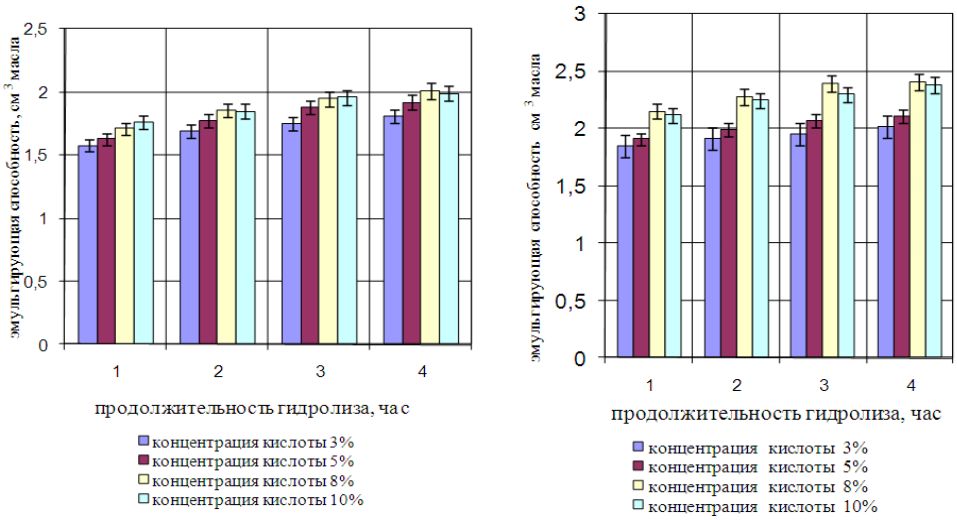

Рис. 1. Зависимость эмульгирующей способности гидролизатов (А – из костарии; Б – из ундарии) от концентрации лимонной кислоты и времени гидролиза

Таблица 4

Структурообразующие свойства гидролизатов из бурых водорослей

Гидролизат	Коэффициент поверхностной активности, Па·с	Эмульгирующая способность, мл масла	Пенообразующая способность, %	Стабильность эмульсии, %
Из костарии	$(1{,}2+0{,}05)\cdot10^{-4}$	2,11±0,1	150±7	32,1±1,5
Из ундарии	$(9{,}1+0{,}44)\cdot10^{-3}$	2,39±0,13	120±5	35,8±1,7

Анализ полученных результатов позволил установить максимальные значения структурообразующих свойств гидролизатов при различных условиях обработки (табл. 4).

Результаты динамики изменения пенообразующей способности гидролизатов из водорослей в процессе хранения представлены в табл. 5.

Таблица 5

Изменение пенообразующей способности гидролизатов из водорослей в процессе хранения

Гидролизат	Срок хранения, дни	Высота пены, мм		Пенообразующая способность, % $П_с = \frac{h_1}{h_2}$	Устойчивость пены, % $У_п = \frac{h_3}{h_1}$
		начальная h_1	через 10 мин h_3		
Из ундарии	0	**12,0±0,6**	11,0±0,5	120±6	91,7±4,5
	75	11,0±0,5	10,0±0,5	110±5	90,9±4,5
	150	10,0±0,5	9,0±0,4	100±5	90,0±4,4
	225	10,0±0,5	8,0±0,4	100±5	80,0±4,0
	300	9,0±0,4	8,0±0,4	90±4	78,9±3,9
	375	9,0±0,4	7,0±0,3	80±4	77,7±3,7
Из костарии	0	15,0±0,7	13,0±0,6	150±7	86,7±4,3
	75	13,0±0,6	12,0±0,6	130±6	85,3±4,2
	150	12,0±0,6	10,0±0,5	120±6	83,3±4,1
	225	**12,0±0,5**	10,0±0,5	120±6	82,3±4,1
	300	**11,0±0,5**	9,0±0,4	110±5	81,8±4,0
	375	**10,0±0,4**	9,0±0,4	100±5	80,0±3,9

Исследование пенообразующей способности гидролизатов из водорослей показало, что они в отличие от гидролизатов, полученных из тканей животного происхождения, имеют пенообразующую способность значительно более низкую. Максимальная пенообразующая способность определена для кислотного гидролизата из костарии.

Таким образом, присутствие у гидролизатов из водорослей пенообразующих свойств должно обеспечивать им структурообразующие свойства и применение в технологии масложировых эмульсионных продуктов.

Аналогичным образом рассмотрены эмульгирующие свойства гидролизатов из водорослей (табл. 6).

Таблица 6

Динамика эмульгирующих свойств гидролизатов из водорослей

Гидролизат	Срок хранения, дни	Объем поглощаемого масла до точки инверсии, $см^3$, V_2	Эмульгирующая способность, $см^3$ масла	Стойкость эмульсии, %
Из костарии	0	38±1,9	2,11±0,10	28,8±1,41
	75	36±1,8	2,00±0,10	28,1±1,38
	150	33±1,6	1,83±0,09	27,6±1,35
	225	32±1,6	1,78±0,08	27,0±1,31
	300	31±1,5	1,72±0,08	26,5±1,30
	375	30±1,5	1,67±0,07	26,1±1,29
Из ундарии	0	43±2,1	2,39±0,11	36,9±1,83
	75	42±2,1	2,33±0,11	36,4±1,81
	150	41±2,0	2,28±0,11	35,8±1,75
	225	40±2,0	2,22±0,10	34,5±1,70
	300	39±1,9	2,17±0,10	34,2±1,68
	375	38±1,8	2,11±0,10	33,9±1,62

На основании полученных данных можно утверждать, что гидролизаты и экстракты водорослей проявляют определенные структурообразующие свойства, зависящие как от вида водоросли, так и от способа ее обработки. Кислотные гидролизаты проявляют большую эмульгирующую способность, причем для ундарии она выше, чем для костарии.

Так как частично в гидролизат переходит альгиновая кислота, то при выбранных условиях гидролиза определили ее содержание. Содержание альгиновой кислоты в гидролизате костарии составило 12,5 мг/г, в гидролизате ундарии 8,3 мг/г. Содержание маннита составило 7,9 мг/г в гидролизате костарии, 6,1 мг/г в гидролизате ундарии. Содержание фукоидана в гидролизате из ундарии составило 1,29 мг/г, в гидролизате из костарии 0,78 мг/г.

Таким образом, в результате гидролиза получены гидролизаты, содержащие смесь биологически активных низкомолекулярных соединений – альгиновую кислоту, маннит, фукоидан.

Исходя из всего вышесказанного можно суммировать: кислотные гидролизаты из бурых водорослей ундарии перистонадрезной и костарии ребристой обладают пенообразующей и эмульгирующей способностью, что может быть использовано в пищевых технологиях. Содержание биологически активных веществ (альгиновой кислоты, фукоидана, маннита) в гидролизатах позволит обогатить ими пищевые продукты.

Список литературы

1. Аминина, Н.М. Альгинаты: состав, свойства, применение / Н.М. Аминина, А.В. Подкорытова // Известия ТИНРО. – 1995. – Т. 118. – С. 130–137.
2. Аминина, Н.М. Основные направления переработки бурых водорослей Дальневосточного региона / Н.М. Аминина // Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход: тезисы докладов междунар. конф. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. – С. 215–217.
3. Литвинова, Е.В. Разработка технологических параметров подготовки сырья для производства комбинированных фаршей с ламинарией / Е.В. Литвинова, Л.С. Большакова, С.Ю. Кобзева, М.В. Киселева // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 2. – С. 27–30.
4. Сафина, И.Н. Использование морских бурых водорослей ундарии перистонадрезной и костарии ребристой в технологии салатов и напитков: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 1997. – 18 с.
5. ГОСТ 26185-84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. – М., 1984. – 12 с.
6. Усов, А.И. Химические исследования водорослей / А.И. Усов, О.С. Чижов // Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Химия». – М.: Знание, 1988. – № 5. – 48 с.

ФГОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет»,
филиал в г. Находка,
692900, Россия, Приморский край,
г. Находка, ул. Спортивная, 6.
Тел./факс: (4236) 62-41-50

SUMMARY

O.V. Tabakaeva

SUBSTANTIATION OF POSSIBILITY OF USE OF POTENTIALLY-TRADE BROWN SEAWEED OF FAR EAST REGION IN FOOD TECHNOLOGIES

Possibility of use of potentially-trade brown seaweed of Far East region *Undaria pinnatifida* and *Costaria costata* ridge in food technologies in the form of the hydrolysates received by acid hydrolysis by food lemon acid is considered. Laws of accumulation of carbohydrates in hydrolysates depending on conditions of hydrolysis are defined and rational parameters of acid hydrolysis are established. The chemical compound and network forming properties of the received hydrolysates is studied.

Brown seaweed, acid hydrolysate, network forming properties.

Far East state technical fisheconomy university
Nakhodkinsky fishindustry institute
6, Sportivnaya, Primorskii region, Nakhodka, 692900, Russia
Phone/Fax: (4236) 62-41-50