УДК 664.859.4

Ковалева О.А., д.б.н., профессор
Шалимов Г.Э., обучающийся
Родина Н.Д., к.б.н., доцент
Сергеева Е.Ю., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия
Kovaleva O.A., Doctor of Biological Sciences, Professor
Shalimov G.E., 3rd year bachelor of full-time study
Rodina N.D., Ph.D., Associate Professor
Sergeeva E.Yu., candidate of technical sciences, associate professor
Orel State Agrarian University, Orel, Russia, e-mail: kovaleva7812@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЙОДСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГЕЛЕЙ

(Prospects for the use of iodine-containing polysaccharides in the technology of energy gels)

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы применения йодсодержащих полисахаридов – альгинатов, полученных из бурых водорослей Фукус в технологии производства энергетических гелей. Описана модифицированная технология выделения полисахаридных альгинатов из бурых морских водорослей, состоящая из двух этапов. Первый этап – кислотно-щелочное экстрагирование, второй - диффузионное уравновешивание полисахаридной пищевой системы. Проведено хроматографическое исследование экстрактов, которое показало, что при температуре 60-80°С деструкция альгината практически не происходит. Установлено, что увеличение показателя прочности гелевой структуры фукоидан — сахар — органическая кислота происходит за счет введения в систему солей калия в концентрации 0,5 %, благодаря чему уменьшается деструктурирующее влияние кислых компонентов. Установлена возможность регулирования структуры альгинатного гидрогеля внесением солей калия.

При разработке технологии получения гидрогеля для спортсменов была решена задача создания продукта, обладающего устойчивой структурой. Исследовано влияние внесенных соков клюквы и брусники на реологические показатели и устойчивость полисахаридной эмульсии. Установлено, что введение в систему соков в количестве 15 % позволяет получить стабильный гидрогель. Проведенные исследования позволили разработать рецептуру функционального гидрогеля для спортсменов на основе бурой водоросли Фукус с внесением соков ягод клюквы и брусники.

Ключевые слова: йодсодержащие продукты, полисахариды, биогели, продукты для спортсменов, функциональные продукты питания

Annotation. The article discusses the use of iodine–containing polysaccharides - alginates obtained from Fucus brown algae in the production technology of energy gels. A modified technology for the isolation of polysaccharide alginates from brown algae, consisting of two stages, is described. The first stage is acid–base extraction, the second is diffusion balancing of the polysaccharide food system. A chromatographic study of the extracts was carried out, which showed that at a temperature of 60-80 ° C, alginate degradation practically does not occur. It has been shown that an increase in the strength of the alginate — sugar — citric acid food system is achieved by adding potassium citrate in an amount of 0.5%, which reduces the depolymerizing effect of the acid. The possibility of regulating the structure of alginate hydrogel by introducing potassium salts has been established.

When developing the technology for producing hydrogel for athletes, the task of creating a product with a stable structure was solved. The effect of the concentration of cranberry and lingonberry juices on the rheological properties and durability of food emulsions has been studied. It was found that the introduction of juices in the amount of 15% into the system makes it possible to obtain a stable hydrogel. The conducted research made it possible to develop a formulation of a functional hydrogel for sports men based on brown Fucus algae with the addition of cranberry and lingonberry juices.

Keywords: Iodine-containing products, polysaccharides, biogels, products for athletes, functional food products

Актуальность. В настоящее время возрос научный и практический интерес к исследованию полисахаридов водорослей [23]. При этом, как показали исследования Талабаевой С.В. [20], в последние годы в мировой практике четко прослеживается тенденция использования водорослевых гелей, заменяющих сухие формы полисахаридов. Все большее использование получают полисахариды и биогели, очищенные или неочищенные от водорослевой клетчатки, так называемые «сырые альгинаты» [6, 8].

Фукус – это морская бурая водоросль, один из главных источников фукоидана. Фукоидан – сульфатированный полисахарид, обладающий лабораторно подтвержденными противовирусными, иммуномодулирующими и противоопухолевыми свойствами. Благодаря своему богатому витаминно-минеральному комплексу, фукус наряду с ламинарией считается одной из самых полезных водорослей для человека [1, 21].

Существует 4 вида фукусов: пузырчатый, спиральный, зубчатый, двусторонний. Наибольшее количество полезных веществ находится в фукусе пузырчатом (fucus vesiculosus). Фукус пузырчатый добывается в России на Белом море. Известна способность фукуса синтезировать сульфатированный полисахарид фукоидан, в составе которых находится L-фукоза. Это вещество выполняет важные биологические функции, обеспечивающие развитие организма, его клеток, формирование иммунитета и участие в репродуктивных процессах [22]. Фукоза – натуральный стимулятор и активатор полезной микрофлоры, обитающей в кишечнике человека. Все виды фукуса обладают полезными свойствами для здоровья. Так, фукус пузырчатый благодаря высокому содержанию фукоидана (от 13,4 до 16,5% сухой массы) обладает следующими видами активностей: противовирусная, имуннорегулирующая антибактериальная, противовоспалительная, антивирусная. Этот полисахарид способен сбалансировать синтез мужских и женских половых гормонов, уменьшает риск рака груди. Он поддерживает нормальную работу щитовидной железы, активизирует аминокислотных обмен веществ, биосинтез витаминов, минеральных веществ, способствует активизации метаболизма ненасыщенных жирных кислот [12, 13]. Фукоидан участвует в поддержании тонуса сердечной мышцы, повышая эластичность кровеносных аретрий и вен. Полисахарид из водоросли Фукус связывающий и вывает и выводит соли тяжелых металлов из организма человека, нормализует холестериновый обмен и углеводный индекс. Способен блокировать рост и развитие сети мелких сосудов, питающих новообразования. Положительно сказывается на кровоснабжении сердца и головного мозга, а благодаря ламинарину в составе, укрепляет сосудистую стенку. Фукус применяется и при приготовлении пищи. Это касается не только блюд, но и напитков. Например, смузи с фукусом и ламинарией в гелевой форме может включать в себя добавление фруктов и овощей для дополнительного снабжения организма витаминами и минералами [4].

В технологиях получения пищевых продуктов используют сухие формы полисахаридов [20]. Полисахариды водорослей применяются в качестве загустителей и студнеобразователей в пищевой промышленности при изготовлении структурированных мясных, рыбных продуктов, молочных и кондитерских продуктов эмульсионного и гелеобразного типа, а также в медицине, биотехнологии и др. отраслях народного хозяйства [17]. Полисахариды бурых водорослей используются главным образом как загустители и стабилизаторы суспензий, эмульсий [24, 25, 28].

На основании вышеизложенного целью наших исследований была разработка технологии получения полисахарида фукоидан и гелей на его основе из морских водорослей Фукус (Fucus) с применением фитобиотиков – продуктов растительного происхождения с антибиотическими свойствами.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования служили полисахаридные гидрогели, полученные из бурой водоросли Фукус (Fucus); пищевые системы гелеобразного и эмульсионного типа на основе гидрогелей или их смесей с фитобиотиками: соки клюквы и брусники, полученные прямым отжимом.

В процессе производства функциональных полисахаридных биогелей использовали следующее сырье:

– питьевая вода – ГОСТ Р 51232-98;

– клюква свежая – ГОСТ 33309-2015;

– брусника свежая – ГОСТ 20450-2019;

- экстракты клюквы, брусники.

Пищевые гелеобразные системы гидрогелей и их композиты разрабатывали с помощью модифицированной методической схемы [20]. Отбор, подготовку проб к анализу, физико-химические свойства полисахаридов проводили по ГОСТу 26185-84. Макро- и микроэлементный состав определяли методом атомноадсорбционной спектрофотометрии на пламенно-эмиссионном спектрофотометреICAP 5030, общее содержание азотистых веществ — на приборе «Kjeltec» (Tecator).

Состав экстрактов и молекулярную массу фукоидана изучали методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе «Милихром-6» (Россия) на колонке с обращенной фазой.

Прочность гелей устанавливали на приборе Валента при комнатной температуре, через два часа после получения гелей [10, 11]. Стойкость эмульсионных систем, или процент неразрушенной эмульсии, оценивали по ГОСТу 30004.2-93. Водоудерживающую способность (ВУС) готовых гидрогелей определяли методом прессования (Мельникова, 1977) [20].

Определение массовой доли влаги в сырье и готовых продуктах прводили по ГОСТ 3626-73, ГОСТ Р 51438-99; массовой доли белка – по ГОСТ 25179-2014, ГОСТ Р 51438-99; массовой доли золы – по ГОСТ Р 51432-99, ГОСТ Р 51463-99; массовой доли жира в сырье и готовых продуктах – в аппарате Сокслета по ГОСТ 5867-90, ГОСТ 8756.21-89; содержания макроэлементов – по ГОСТ Р 51429-99, ГОСТ Р 51430-99, а также согласно рекомендациям (Петухова Е.А., 1989); показателей кислотности (pH) – потенциометрическим методом; активности воды – согласно рекомендациям (Антипова Л.В. и др., 2001); содержания органических кислот – методом ВЭЖХ согласно МУ, прилагаемым к оборудованию; перекисного и кислотного числа – по ГОСТ Р 51487-99 и согласно рекомендациям (Антипова Л.В. и др., 2001); тиобарбитурового числа – фотоэлектроколориметричеким методом в соответствии с рекомендациями (Журавская Н.К. и др., 1985).

Исследования проводили в трехкратной повторности по методу наименьших квадратов с использованием пакета программ «Microsoft Office».

Определение показателей качества готового функционального гидрогеля осуществляли в соответствии с ГОСТ 34096-2017«Добавки пищевые. Агенты влагоудерживающие пищевой продукции».

Результаты исследований

Многие пищевые гидрогели, применяемые в спортивном питаниий и в питании ряда групп потребителей отличаются комплексом недостатков [9]. Эти

гели имеют низкую механическую прочность, недостаточную осмотическую устойчивость, то есть проявляют существеное увеличение объема при сдвигах кислотности (pH внешней среды), при длительном хранении плохо удерживают жидкость, (она оттедяется при хранени), имеют диффузионные затруднения при сорбции и десорбции веществ даже достаточно малой молекулярной массы и ряд других [7, 26].

Нами была применена технологии получения полисахаридных гидрогелей из бурых морских водорослей Фукус на основе полисахарида фукоидана, состоящая из двух этапов.

Первый этап состоит в выделении фукоидана из слоевища бурой водоросли, второй этап позволил получить диффузионное равновесие полисахаридной системы.

Последовательную обработку сухой бурой водоросли проводили последовательно 50%-ным водным этанолом, ацетоном и хлороформом, куда экстрагируются соли, частично полифенолы, низкомолекулярные вещества. В растворители выделяется из водорослево массы в среднем 45% фукоидана, в пересчете на сухого веса таллома [3].

В дальнейшем проводили поэтапную экстракцию фукоидана из остатков таллома Фукуса 0,1 - нормальным раствором HCl с добавлением 30%-ного раствора формальдегида при температуре 25°С и водой при температуре 75°С.

Такое поэтапной выделение с повышением температуры позволило уже на этапе экстракции разделить полисахариды Фукуса по молекулярной массе, а фукоиданы - по составу мономеров.

На основании проведенных исследований установили, что длительность первого этапа экстракции составляет 20-25 мин при температуре 84-88ºС и 45 мин — при температуре 65ºС. Температура была определяющим фактором на 1-м этапе экстрагирования. Длительность второго этапа экстрагирования определялась установлением через 65 минут равновестной диффузии. Эта фаза была зафиксирована спустя 65 минут при температуре 84-88 ºС с и через 180 мин — при температуре 65 ºС (рис. 1).

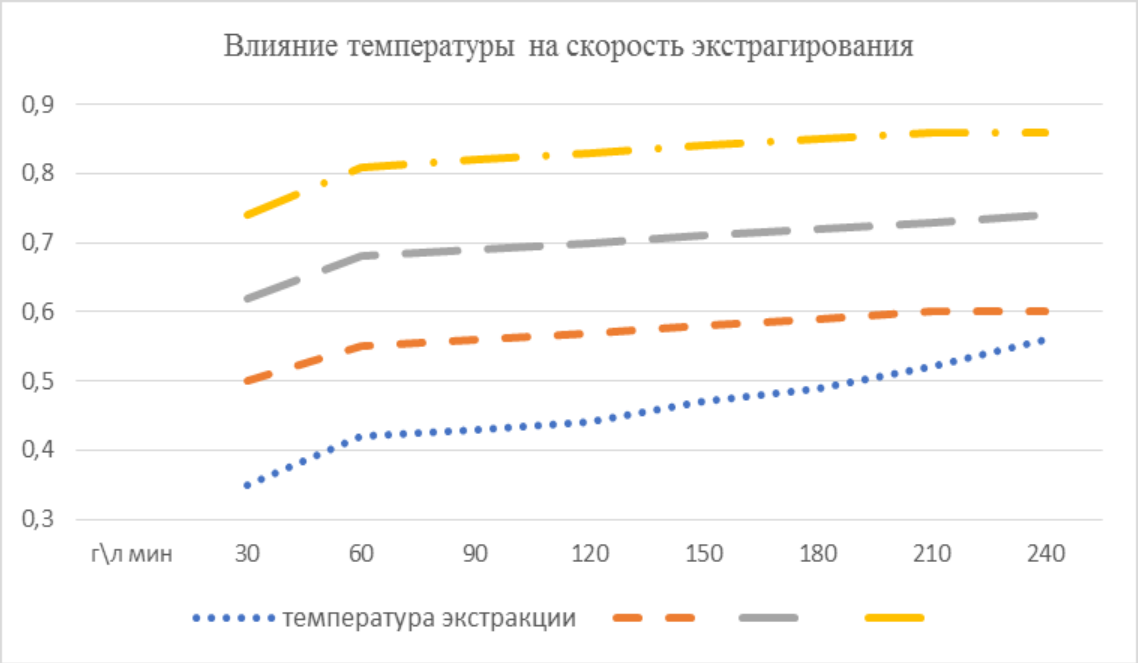


Рис. 1 - Зависимость скорости экстрагирования и выход фукоидана от температуры

На втором этапе наблюдали значительное снижение скорости экстрагирования. Химическая структура обусловила, с одной стороны, внутренний массоперенос полисахарида, с другой - уменьшение движущей силы процесса - разности концентраций полисахарида в водоросли и растворе. Выход фукоидана составил 27,6% при температуре экстракции 60ºС, 36,0 % — 80ºС и 38,8% — при 90 ºС.

Выделенные фукоиданы подвергали высокоэффективной жидкостной хроматографии на колонке с обращенной фазой с гидрофобным носителем (политетрафторэтилен). Ламинаран адсорбировался гидрофобным носителем. Высокосульфатированные фукоиданы элюировали водой. Эллюирование проводили смесью спирта с водой: фукоидан - 5%-ный раствор этанола, ламинаран – последовательно 10- и 15%-ный раствор этанола.

Анализ полученных хроматограмм показал, что фукоидан является стабильным неразрушающимся полисахаридов в диапазоне температур до значения 60-80ºС.

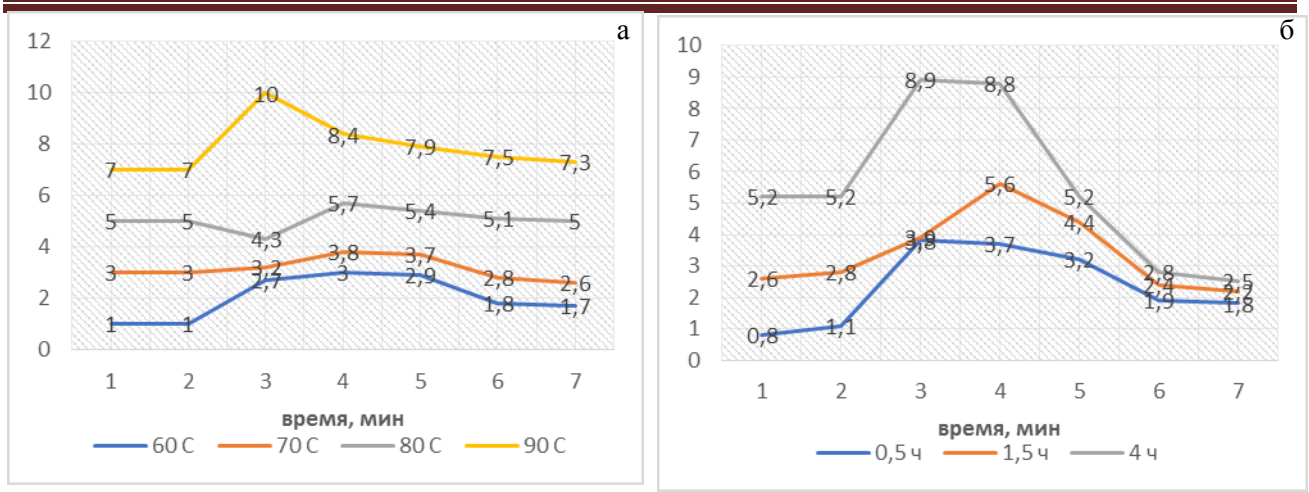


Рис. 2 - Показатели экстрагирования полисахаридов с содержанием фукоиданов при температурах экстрагирования - 60, 70, 80 и 90 °С (а) и временем экстрагирования- 0,5, 1,5 и 4 ч (б)

Выделение фукоиданов при температуре 90 °С станвится невозможным, так как при этой температуре происходит термическое разрушение полисахарида [5, 14]. Следовательно, будет возрастать его полидисперсность. Об этом свидетельствует наличие двух небольших дополнительных пиков на хроматограмме на рис. 2, а. Термическая деструкция фукоидана в незначительных количествах происходит уже в первые 30 мин экстрагирования и наблюдалась на протяжении всего процесса экстрагирования (рис. 2, б).

Для осаждения фукоидана из полученной смеси применяли 75%-ный раствор этилового спирта. Выделенные таким образом фракции фукоидана подвергали высушиванию в термостате при температуре 35 °С.

На следующем этапе было изучено влияние различных концентраций $CaCl_2$ на выход и физико-химические показатели гелей на основе фукоидана.

Было сделано предположение, что при помощи различных концентраций ионов Ca^{2+} можно регулировать количество осаждаемого фукоидана в полисахаридном гидрогеле. Для проверки гипотезы использовали смесь, состоящую из 10 %-ного раствора HCl и $CaCl_2$. В ходе анализа полученных результатов установили значение содержания Ca^{2+} в полисахаридном гидрогеле растет в пределах от 0,36 до 1,68 % при повышение концентрации $CaCl_2$ в осадительной смеси от 0 до 8,5 % (табл. 1).

Возрастание содержания $CaCl_2$ выше 1,68 % изменяло однородную структуру биогеля, фукоиданы разделялись на отдельные фракции, гель расслаивался. В дальнейшем такой гель будет снижать свои вязкостные свойства.

Таблица 1 – Концентрация ионов кальция и натрия в фукоидановом гидрогеле при различных концентрациях хлорида кальция в осадительной смеси

Концентрация хлорида кальция	**Концентрация ионов** кальция и натрия (°/о на сух. в-во)		Соотношение Ca/Na	Вязкость, Па•с, 10^{-3}
	Ca	Na		
0	0,36±0,012	7,25±0,012	0,050	6,8±0,14
2,1	0,48±0,018	7,11±0,012	0,068	7,8±0,12
3,0	0,51±0,011	6,28±0,018	0,081	8,7±0,11
4,8	0,67±0,030	6,02±0,027	0,111	11,8±0,17
6,8	0,84±0,014	5,47±0,040	0,153	24,3±0,18
7,2	1,08±0,016	5,32±0,019	0,203	18,2±0,11
8,5	1,68±0,031	4,95±0,023	0,339	7,2±0,13

На основании этих данных сделали заключение, что рациональными условиями для получения растворимого фукоиданового гидрогеля с содержанием кальция 0,84 % являются осаждение смесью, содержащей 10 % соляной кислоты и 7 % хлорида кальция.

На основании проведенных исследований разработан лабораторный способ получения фукоидансодержащего гидрогеля, физико-химическая характеристика которого представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав и реологические свойства фукоиданового биогеля

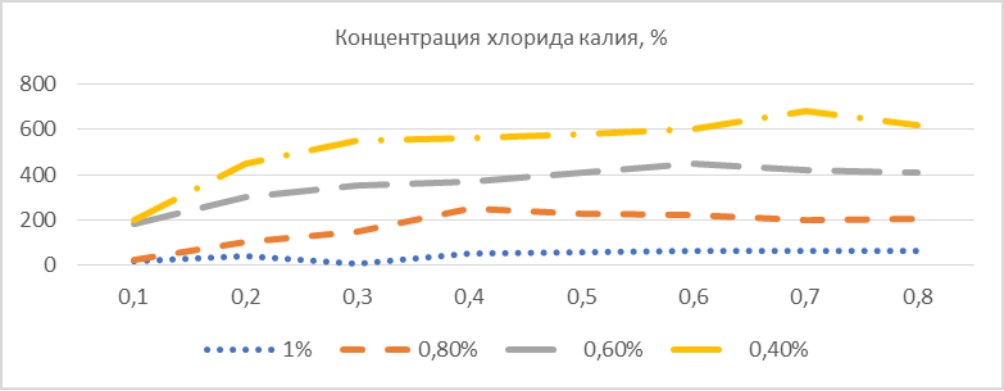
Биогель с фукоиданом	Сухое вещество, %	Содержание, % к сухому веществу				Вязкость биогеля, Пас, 10^{-3}	Прочность биогеля, г/см^2
		Углеводы	Зольные вещества	Протеины	Клетчатка		
	3,6±0,08	78,2±0,32	9,8±0,1	1,4±0,2	0,7±0,1	3,47±0,12	62-68

Для получения стабильных биогелей желательно повысит содержание $CaCl_2$ в осадительной смеси до 0,84 %. При этом значительно возрастаю прочностные свойства фукоидановых биогелей – до 660 г/см^2 (рис. 3, а). Но при этом ухудшаются потребительские характеристики биогеля. При органо-лептичеких исследлваниях было установлено, что такие гели приобретают горький привкус. Влияние цитрата калия на прочность гелей проявляется в меньшей степени. Анализ зависимости прочности гелей от концентраций фукоидана, $CaCl_2$ и цитрата калия (рис. 3) показал, что цитрат калия снижает снижает прочностные свойства биогелей в среднем в 1,8 раз. Применение $CaCl_2$ в тех же концен рациях не дает такого эффекта снижения прочности. При введении в биогель соков клюквы и брусники в качестве фитобиотических компонентов также не снижал прочностные характеристики. Слеовательно полисахариды вне зависимости от их содержания в биогелях не приволят к снижению прочности геля.

Повышение содержания солей лимонной кислоты при повышенных температурах (например до температуры кипени воды - при 95 ± 5 ºС - приводит к полной деструкции фукоиданового биогеля.

Однако полное устрание солей лимонной кислоты невозможно, так как цитрат калия в системе биогеля «фукоидан — углеводы соков клюквы и брусники — цитрат калия» (рекомендуемое содержание солей лимонной кислоты - 0,5 % от общего количества компонентов системы) стабилизирует гелевую структуру за счет остановки кислолтной деполимеризации.

А)



Б)

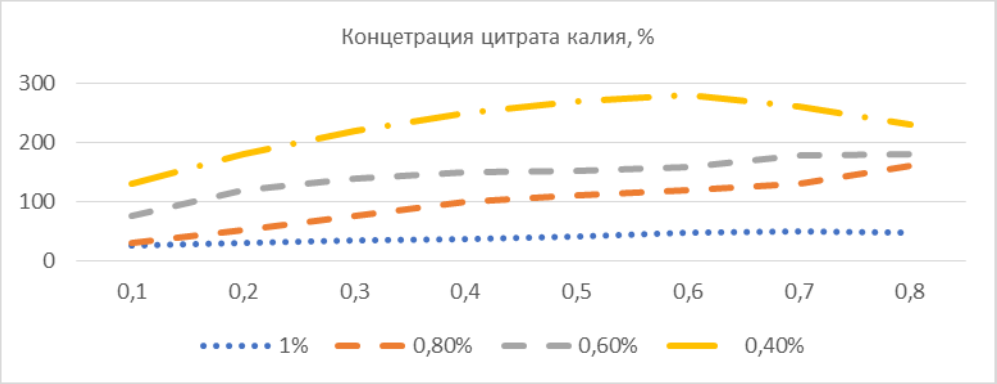


Рис. 3 - Зависимость прочности гелей от концентраций фукоидана, хлорида калия (а) и цитрата калия (б)

При разработке технологии получения гидрогеля для спортсменов решали задачу создания продукта, обладающего устойчивой структурой.

Внесение соков клюквы и брусники оосновано необходимостью придания продукту антибиотических и функциональных свойств. Однако углеводсодержащие соки могут изменить реологические свойства и стойкость фукоиданового биогеля. Было показано, что увеличение вносимых соков по отдельности и объединенных соков в соотношении 1:1, в концентрации от 5 до 48 % приводило к увеличению вязкости фукоиданового биогеля (0,38-0,43 до 1,20-1,31 Па-с). Вносимые соки также способствовали повышению прочности и стабильности биогеля до 95-98 % (рис. 4). Ожидалось, что чем выше содержание вносимых фитобиотиков, тем выше прочностные свойства и стабильность биогеля. Однако, как показали исследования, повышение концентрации соков более 54 % приводило к расслоению биогеля.

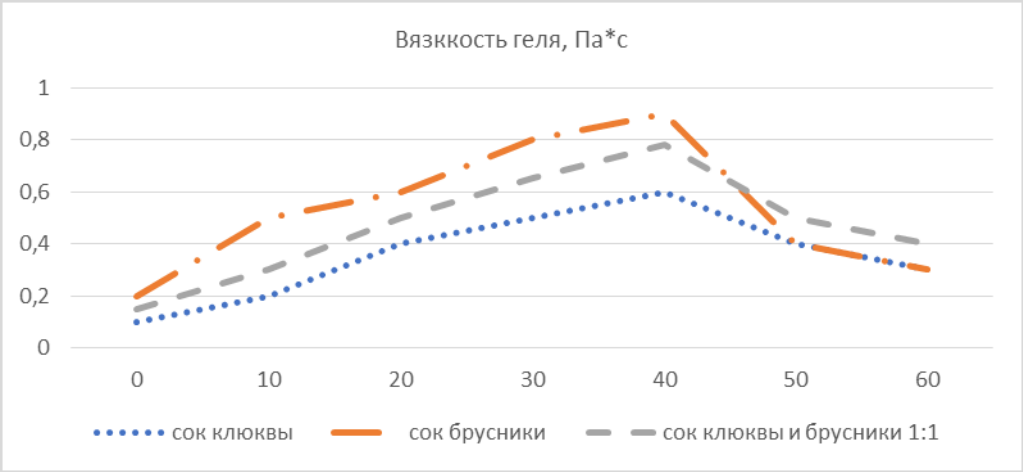


Рис. 4 - Зависимость вязкости эмульсии от содержания ягодного сока.

Установлено, что введение в систему соков в количестве 15% позволяет получить стабильный гидрогель, реологические характеристики которого соответствуют пищевым параметрам гидрогелей (табл. 3). Объединенный композит соков клюквы и брусники в соотношении 1:1 улучшает сенсорные показатели фукоиданового биогеля. Продукт приобретает приятный кисло-сладкий ягодной привкус. Оптимальное содержание ягодных соков - 10%, что способствует наибольшей стабильности структуры биогеля. При снижении содержания соков фитобиотиков стабильность биогеля снижается до 51%. Для увеличения стойкости и улучшения органолептических показателей биогеля рекомендуется поддерживать pH гелевой системы в пределах 4,0-4,5 [18].

Проведенные исследования позволили разработать рецептуру функционального гидрогеля для спортсменов на основе бурой водоросли Фукус с внесением соков ягод клюквы и брусники.

Представленные результаты исследований позволят в дальнейшем моделировать стабильность биогелей при помощи изменения концентрации углеводов, катионов K^{+} или Ca^{2+}, что позволит разнообразить ассортимент биогелей и предложить новые продукты для различных групп потребителей.

Таблица 3 – Сенсорные показатели и реологические свойства фукоиданового гидрогеля с применением ягодных соков клюквы и брусники (15 %)

Состав эмульсионной системы, % сухого вещества		Характеристика эмульсий		
Сок клюквы	Сок брусники	Вязкость, Па •с	Стойкость, %	Вкус
3,0	0	1,02±0,021	42,4±0,84	Кисловато-сладкий, терпкий
1,5	1,5	1,68±0,057	71,2±0,27	Сбалансрованный по кислоте и нежности, свойственный фруктовому пюре
0	3,0	1,48±0,056	48,1±0,54	Очень кислый, с характерной для брусники горечью

Выводы. В ходе проведенных исследований нами была предложена модификация технология производства пищевых углеводных биогелей, полученных на основе полисахарида фукоидана, выделенного из бурых водорослей Фукус. Показана перспектива их использования в расширении линейки гелевых пищевых продуктов с введением в рецептуру соков клюквы и брусники, обладающих фитобиотическими свойствами.

Нами были предложены режимы экстракции фукоиданов методов высокоэффективной жидкостной хроматографии. Предложено установит оптимальную температуру экстрагирования - 80°С, время экстрагирования – 1 час. Такой режим экстрагирования позволяет максимально извлекать фукоидан – до 95% от сухой массы талллом Фукуса. Гидромодуль такой системы составит 1:40. Молекулярная масса выделяемых углеводов – 2000 кДа.

Предложено модифицировать прочностные и реологические свойства биогелей за счет введения в систему биогеля и изменение концентрации катоионов Ca^{2+}. При осаждении фукоидана рекмендовано применять кислую среду за счет использования HCl 10%-ной концентрации и $CaCl_2$ 0,7%-ной концентрации. Такой состав экстрагирующей смеси позволяет повышать вязкость фукоиданового биогеля до 3,47 Па-с.

Показано, что введение в рецептуру фукоиданового биогеля соков ягод клюквы и брусники оказывает стабилизирующее действие на вязкость стойкость эмульсии. Биогели, содержащие 10% соков обладают наибольшей вязкостью и стойкостью.

Наши исследования согласуются с результатами исследования ряда ученых. В частности, данные наших исследований, как и работы Толмачева В.О. [19, 27] показали, что обеспечение высокой работоспособности, ускорения восстановительных процес-

сов, снижения утомляемости, дегидратации, повышение иммунитета и усиление адаптации к физическим нагрузкам спортсменов невозможны без включения в рацион специализированных продуктов, в том числе БАД к пище, содержащих аминокислоты, макро- и микроэлементы, биологически активные вещества с антиоксидантной направленностью [2, 15, 16]. Результат на длинных дистанциях зависит от целого ряда факторов, и питание во время забега – один из них, в связи с чем мы предлагаем расширить линейку гидрогелей за счет применения фукоидана из бурой водоросли Фукус и внести в рецептуру природные антиоксиданты – соки клюквы и брусники.

Спортивное питание – это отрасль, в которой особое внимание уделяется продуктам с заданными потребительскими свойствами, предназначенными, как для спортсменов, так и для других групп населения. Развитие данного направления в мире обусловлено развитием физической культуры и спорта, а также пропагандой здорового образа жизни. Поэтому продукты питания, первоначально предназначавшиеся для спортсменов, в дальнейшем, находят свое применение для укрепления здоровья и повышения качества жизни широких слоев населения**.**

Обосновано совместное использование фукоиданового гидрогеля и фитобиотиов для получения функциональных гидрогелей.

На основании результатов исследований показана перспектива получения пищевых биогелей из бурой водоросли Фукус и возможность введения в гели природных антиоксидантов на осное соков клюквы и брусники. Предложено расширить ассортимент биогелей за счет модификации вносимых фитобиотических компонентов.

Литература

1. ***Аминина Н.М., Подкорытова А.В., Корзун В.Н.*** Влияние альгиновойкислоты и ее солей на динамику накопления Sr и Cs в организме крыс // Радиационная биология. Радиоэкология. 2019. - вып. 4-5. - С. 703-712.
2. ***Баранов В.С.*** О пищевых студнях полисахаридов // Дис. на соискание ученой степени доктора технических наук. 2013. - 346 с.
3. ***Басамаков Д.*** Исследования каррагинана // Консервная и овощесушильная промышленность. 2016. - № 5. - С. 39-40.
4. ***Бобренева И.В.*** Рекомендации по внесению биологически активных добавок в рецептуры функциональных продуктов питания // Мясная индустрия. 2013. - № 5. - С. 27-29.
5. ***Врищ Э.А., Калугина В.М., Шмелькова Л.П.*** Технология получения чистого препарата альгината кальция из ламинариевых // Исследования по технологии рыб, беспозвоночных и водорослей дальневосточных морей. -Владивосток: ТИНРО, 2022. С. 95-106.
6. ***ГОСТ 26185-84*** Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. М.: Изд-во «Стандарт», 2014. - 53 с.
7. ***Гусев И.В.*** Разработка высокоструктурированных гидрогелевых депо-материалов для направленной доставки лекарственных препаратов// Дисс. На соискание уч. ст. кандидата хим. наук. Москва, 2015. – 182 с.
8. ***Добродеева Л.К., Белозеров В.П., Кондакова Н.И., Цимбаленко Н.В., Жилина Л.П., Добродеев К.Г.*** Пищевые добавки водорослевого происхождения для профилактики и лечения иммунодефицитных состояний. -Архангельск, 2016. 12 с.
9. ***Ермак И.М., Хотимченко Ю.С.*** Физико-химические свойства, применение и биологическая активность каррагинана - полисахарида красных водорослей // Биология моря. - 2017. - Т. 23. - № 3. - С. 129-142.
10. ***Заявка (Россия) № 5067045/13 08-364/75.*** Способ комплексной переработки бурых водорослей А.В. Подкорытова, Н.М. Аминина, Л.С. Зимина и др. Заявл. 05.10.92.
11. ***Кизеветтер И.В. Грюнер В.С. Евтушенко В.А.*** Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений. М.: Пищ. пром-сть, 2017. - 416 с.
12. ***Кизеветтер И.В., Суховеева М.В., Шмелькова А.П.*** Промысловые морские водоросли и травы дальневосточных морей. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 2021. - 113 с.
13. ***Комиссарова Н.Ю.*** Современное отечественное и зарубежное производство продукции из водорослей. // Обзорная информация Серия: Обработка рыбы и морепродуктов. М., 2019. - № 4. - 45 с.
14. ***Лисицын А.Б., Литвинова Е.В., Коченкова И.И., Осипова Г.А.*** Реологические характеристики мясного фарша с альгинатами // Мясная индустрия. 2002. - № 7. - С. 50-52.
15. ***Литвинова Е.В.*** Кальцинированный наполнитель для паштета // Мясная индустрия. 2004. -№7. - С. 30-31.
16. ***Подкорытова А.В., Аминина Н.М., Соколова В.М.*** Лечебно-профилактические и структурообразующие продукты из бурых водорослей // Рыбное хоз-во. 2016. - № 4. - С. 63-64.
17. ***Подкорытова А.В., Талабаева С.В., Мирошниченко В.А.*** Полифункциональные свойства полисахаридов бурых водорослей // Мат-лы Межд. конф. «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки».- Москва: ВНИРО, 2022. С.211-218.
18. ***Семенова М.Г., Антипова А.С., Белякова Л.Е.*** Роль взаимодействий между биополимерами в образовании и стабилизации пищевых коллоидов II Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. - № 6. - С. 55-56.
19. ***Толмачев В.О.*** Разработка напитков для спортивного питания, обогащенных функциональными ингредиентами. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Москва, 2021. – 19 с.
20. ***Талабаева С.В.*** Обоснование и разработка технологии полисахаридных гидрогелей из морских водорослей и пищевых продуктов на их основе // Автореф. на соиск. уч. ст. канд… Владивосток, 2006. 24с.

21. ***Токаев Э.С., Казюлин Г.П., Цымбал М.С.*** Разработка нового вида каррагинана// Мясная индустрия. 2021. - №7. - С. 37-39.
22. ***Усов А.И. Чижов А О.*** Полисахариды водорослей. Углеводный состав бурой водоросли Chordafilum II Биоорганическая химия. 2019. -Т. 15, №2. -С. 158-162.
23. https://elibrary.ru/item.asp?id=8970589
24. Моргачева А.А. Гидрогели на основе модифицированного поливинилового спирта и модифицированного 2- гидроксиэтилкрахмала. Автореф. Дисс. На соск. Уч. ст. кандидата хим. наук. Москва, 2019. – 18 с.
25. https://vak.minobrnauki.gov.ru/advert/100036736
26. https://kosygin-rgu.ru/aspirantura/files/defence/GusevIV/Гусев И.В. Диссертация.pdf
27. https://vak.minobrnauki.gov.ru/advert/100058861
28. https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-issledovaniy-morskih-vodorosley-i-trav-dalnevostochnogo-region

---

Поступила в редакцию: 21.02.2024 г.
Принята к публикации: 26.08.2024 г.

Ковалева О.А., д.б.н., профессор, профессор кафедры Продукты питания животного происхождения ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, **Шалимов Г.Э.,** бакалавр 3 курса очной формы обучения направления подготовки 19.03.03 – Продукты питания животного происхождения**, Родина Н.Д.,** к.б.н., доцент, доцент кафедры Продукты питания животного происхождения ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, **Сергеева Е.Ю.,** к.т.н., доцент кафедры Продукты питания животного происхождения ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.