



О Российско-вьетнамской программе совместных исследований и разработке комплексных технологий производства полисахаридов из бурых и красных водорослей

Б.Н. Котенев, А.В. Подкорытова – ФГУП «ВНИРО»

Буй Минь Ли – Филиал Института материаловедения Вьетнамской Академии Наук и Технологий (г. Ньячанг, Вьетнам)

Российская Федерация – морская держава. Ее береговая линия составляет около 60 тыс. км. Значительная часть водных биологических ресурсов – это водоросли и морские травы, произрастающие в прибрежной зоне морей. Общее число их видов достигает 1000, из них 51 % – красные, 29 – бурые и 49 % – зеленые. Для многих стран мирового сообщества водоросли и травы имеют огромное народнохозяйственное значение как источник продуктов питания, биологически активных веществ и полисахаридов (агар, альгинат, каррагинан) [Кизеветтер И.В., Суховеева М.В., Шмелькова Л.П. *Морские водоросли и травы дальневосточных морей*/ М.: Пищевая промышленность, 1981. 113 с.].

Традиционно промышленность Дальнего Востока специализируется на переработке красной водоросли анфельции (*A. tobuchiensis*). Бурые водоросли используются, главным образом, для получения пищевых, лечебно-профилактических продуктов и БАД. Промышленность Северного бассейна перерабатывает бурые водоросли порядков *Fucales* и *Laminariales* и красную водоросль анфельцию (*A. plicata*). Производят альгинат, маннит, агар, пищевые, медицинские и кормовые продукты (Бокова Е.М., Титов В.М. *Сырьевые и производственные проблемы Архангельского опытного водорослевого комбината*/ *Материалы 1-й Международной конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки»*. М.: ВНИРО, 2002. С. 110–116).

Красные водоросли *A. tobuchiensis* и *A. plicata* с 1933 – 1934 гг. в России перерабатывают на агар пищевой и микробиологический на предприятиях Дальневосточного и Северного бассейнов [Кизеветтер И.В., Грюнер В.С., Евтушенко В.А. *Переработка морских водорослей и других промысловых растений*. М.: Пищевая промышленность, 1967. 416 с.] (таблица).

В России проводят исследования химического состава и биологической активности отдельных компонентов бурых водорослей порядка *Fucales*, промысловые запасы которых сосредоточены в Черном, Баренцевом, Белом и дальневосточных морях. Наиболее активно добывают фукусы *F. vesiculosus* и *A. nodosum* в Белом и Баренцевом морях.

Фукусы и продукты их переработки используют для приготовления фукоидан- и йодсодержащих БАД, напитков, хлебобулочных и мясных продуктов, а также салатов, закусок, первых блюд (Корзун В.Н., Антонюк И.Ю., Пересичная С.М., Расулов Р.Е., Репина О.И., Коровкина Н.В./ *Разработка и медико-биологическая оценка рецептур пищевых продуктов с использованием *Fucus vesiculosus**/ *Материалы 2-й Международной конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки»*. М.: Изд-во ВНИРО, 2005. С. 294–298). Особое значение имеют фукоидан, обладающий антиопухолевой активностью, и природные йодсодержащие комплексы, применяемые для ликвидации йоддефицита у людей. В Белом

Основные места скопления красных водорослей, их биомасса, запасы; прогнозируемый объем добычи и выпуска гидроколлоидов (с учетом существующих производств)

Основные места скопления красных водорослей в морях России	Биомасса, кг/м ²	Запасы тыс. т	Прогнозируемый объем с учетом существующих производств	
			добычи, тыс. т	выпуска агара/каррагинана, т/год
<i>Ahnfeltia tobuchiensis</i> Сахалино-Курильский регион – о. Кунашир, зал. Измены, о. Сахалин, лаг. Буссе. Агаровый завод (г. Корсаков, о. Сахалин)	0,2-28 0,1-3,0	93-143 12- 15	18	200-260 – агара, в том числе: 100-140 – пищевого; 90-110 – микробиологического и 10 – агарозы
<i>Ahnfeltia tobuchiensis</i> Японское море, зал. Петра Великого. 2 агаровых цеха в Приморском крае.	0,7-16,0	70-80	4,9	60 – пищевого и микробиологического агара
<i>Chondrus armatus</i> Сахалино-Курильский регион – о. Кунашир, зал. Измены, Японское море, зал. Петра Великого	0,1-6,0	100-150	10	700 – пищевого каррагинана
<i>Ahnfeltia plicata</i> Белое море. Архангельский опытный водорослевый комбинат	0,3-1,4	8-10	1,0 (сухой массы), штормовые выбросы	20-25 – пищевого агара, 2-3 – агарозы

море ламинариевые водоросли – *Laminaria saccharina* (L.) Lamour и *Laminaria digitata* (Hunds) – традиционно добывают методами, позволяющими сохранять популяцию: на мелководье – с помощью косы или серпа.

Промысел ламинарии сопряжен с определенными трудностями. Поэтому на Белом море *Laminaria saccharina* (L.) Lamour и *L. digitata* (Hunds) культивируют на экспериментальных водорослевых плантациях. На Дальнем Востоке, в Приморском крае *L. japonica* культивируют в промышленном масштабе. Культивируют ламинарию в двухгодичном цикле. Растения первого года жизни – оливково-зеленого цвета, тонкие, волнистые, длиной от 2 до 3 м (летом) и 4,0–4,5 м – осенью. Содержание воды в слоевищах – 90–93 %. Сухие вещества водорослей состоят из минеральных (35,1–48,5 %) и органических (51,5–66,9 %) веществ, в том числе, содержание альгиновой кислоты составляет 22,0–27,0 %. При высушивании слоевища однолетней ламинарии становятся тонкими и хрупкими. Выход сухого продукта составляет не более 7–9 %. В связи с этим ламинария первого года жизни не имеет промышленной ценности.

Зрелая, двухлетняя, пластина ламинарии достигает в длину 2,5–4,0 м; в нижней части слоевища ширина его достигает 20–25 см; края слоевища слегка волнистые; срединная утолщенная полоса шириной 10–12 см и толщиной 3–5 мм. Масса слоевищ – 1,5–2,0 кг. Содержание воды – 80–85 %, минеральных веществ – 20–25 %, органических – 75–80 %, в том числе: альгиновой кислоты – 30–38, маннита – 14–18, белка – 10–16 %. Поверхность зрелой пластины блестящая, без обрастаний, цвет темно-оливковый, консистенция упруго-жесткая. После высушивания пластина становится жесткой, грубой, буро-оливкового цвета (Подкорытова А.В. *Морские водоросли-макрофиты и травы. М.: Изд-во ВНИРО, 2005, 174 с.*)

Культивирование ламинарии в условиях морской плантации значительно облегчает труд заготовителей и позволяет получать качественный урожай. Ламинариевые водоросли – крупные растения, которые после высушивания направляют на комплексную переработку. Практически все добываемые водоросли направляют на производство продукции. Главным производителем продукции из водорослей является Архангельский водорослевый комбинат. Производят более 50 наименований продуктов, в том числе: медицинского, пищевого, сельскохозяйственного назначения, а также биологически активные добавки и парфюмерно-косметические препараты.

Предприятия Дальневосточного региона производят агар пищевой, агар микробиологический из анфельдии, биологически активные добавки к пище из бурых водорослей.

При этом промышленность, перерабатывающая красные водоросли на агар, всегда испытывала дефицит сырья, несмотря на достаточные запасы анфельдии в Дальневосточном регионе. Это связано с низким выходом агара из анфельдии (только 8–10 % от массы сухих водорослей), и поэтому производство агара из анфельдии всегда было нерентабельным. Еще в 80-е годы XX века была предпринята попытка со стороны Министерства рыбного хозяйства СССР обеспечить дальневосточные агаровые предприятия грацилярией из Вьетнама. Но далее экспериментальных исследований этот процесс не пошел в связи с распадом СССР.

За последние 15 лет в результате развития аквакультуры во Вьетнаме выращивают огромные объемы красных водорослей – агарофитов и каррагинофитов.

Культивирование и использование красных водорослей во Вьетнаме

Красные водоросли, в основном грацилярию, во Вьетнаме культивируют в северной части страны с 1970 г., а в южной ее



Сбор фукусовых водорослей во время отлива на побережье Белого моря

части – с 1980 г. В настоящее время фермы по выращиванию грацилярии занимают 10 тыс. га. В Северном Вьетнаме получают *G. asiatica* в объеме 4–5 тыс. т в год (в сухом весе). В Южном Вьетнаме получают *G. heteroclada* – около 200–250 т в год (в сухом весе). Водоросли выращивают в солоноватых прудах или лагунах.

Выращиваемую грацилярию перерабатывают на агар, но в основном экспортируют. Заводы по производству агара расположены, главным образом, в Хайфоне (Северный Вьетнам). Производят агар с 1974 г. Работают два больших завода (НАСАФОСКО и HAILONG Co Ltd. мощностью 60–100 т и 50 т агара в год соответственно) и около 30 маленьких сезонных предприятий производительностью 10–20 кг агара в день. Их общая мощность – около 200 т в год. Ежегодно агара производится 300–350 т (данные Министерства по рыболовству Вьетнама, 2001). Агар используется на внутреннем рынке для производства пищевых продуктов. Из-за низкого качества агар экспортируют мало.



Первогодняя *Laminaria saccharina* (L.) Lamour

Только агар, производимый фирмой НАСАФОСКО, экспортируют в Россию, Италию, КНР, Республику Корея. Агар производили и в Ньячанге, но из-за низкого качества конечной продукции завод закрыли 10 лет назад. Выпускаемый во Вьетнаме агар используют только в пищевой отрасли, но в последнее время он постепенно вытесняется каррагинаном.

Культивирование водорослей рода *Kappaphycus* и *Eucheuma*

В 1993 г. с Филиппин во Вьетнам интродуцировали *Kappaphycus alvarezii*. Водоросли *Kappaphycus* и *Eucheuma* – это высокопродуктивные, быстрорастущие красные водоросли.

Наиболее широко используемыми являются 5 видов: *Kappaphycus alvarezii*, *Kappaphycus payaka* (Br), *Kappaphycus striatum*, *Eucheuma denticulatum* (Gr), *Eucheuma denticulatum* (Br). Их применяют для получения пяти разных типов каррагинана. *Kappaphycus alvarezii* во всем мире является основным сырьем для производства каппа-каррагинана.

В настоящее время эти водоросли культивируют двумя способами.

Первый способ – выращивание в лагунах, заполненных пресной водой. Концентрацию солей 30 ‰ поддерживают внесением питательной среды из промышленно выпускаемого комплекса, состоящего из 95 различных солей, содержащих калий, кальций, магний, фосфор, азот и другие элементы, необходимые для роста растений. Урожай собирают каждые 3 мес. Оптимальная температура для роста растений – от 28 до 34° С. В период дождей (май – август) концентрацию солей измеряют и доводят до 30 ‰.

Второй способ – это выращивание водорослей в естественных условиях. В закрытых, хорошо прогреваемых бухтах располагают плантации, которые состоят из якорей, оттяжек, прикрепленных к буям. Буи соединены тонкими канатами, к которым привязывают капроновыми веревками фрагменты *Кapparhycus* или *Euclidean*, по 70–100 г каждый. В течение 2,5 мес. каждый фрагмент набирает массу 1 кг и более.

При выращивании в море отбирают растущие фрагменты растений, привязывают их на берегу к веревкам. Веревки с фрагментами растений прикрепляют к горизонтальным канатам. Специалисты ведут наблюдения за состоянием плантаций, скоростью роста растений, производят взвешивания. Общая площадь морских плантаций составляет 1000 га. Урожай собирают через 2,5 мес. Водоросли содержат 16–17 % сухих веществ. Выход каррагинана достигает 50–55 % от массы сухой водоросли. Собирают водоросли 5–6 раз в год по 5 тыс. т (в сухом весе). Ежегодный урожай *Кapparhycus* доходит до 30 тыс. т. Все сырье экспортируется.

Не без основания считается, что выращивание *Кapparhycus* в море является более эффективным, нежели в лагунах, так как первый способ более затратный: концентрация солей в воде поддерживается внесением комплекса минеральных элементов и азотистых соединений, обеспечивающих питание и рост водорослей. Вода в лагунах мутная, процесс фотосинтеза замедлен, процесс выращивания качественного сырья длится на 0,5 мес. дольше. Кроме того, сырье, выращиваемое в лагунах, требует более тщательного ухода в связи с его заилением. В зависимости от условий выращивания растения имеют зеленый или бурый цвет, из которых получают каррагинаны разного типа.

Грацилярию, предназначенную для производства высококачественного агара, также предпочитают выращивать в море. В Северном Вьетнаме ее выращивают в солоноватых прудах (лагунах), однако это сырье невысокого качества: выход агара составляет 10–12 % (в расчете на сухой вес). При выращивании грацилярии в море выход агара составляет около 27 % (сухого вещества).

В прибрежной морской зоне и в пресноводных лагунах проводят постоянный контроль микробиологического состояния среды и содержания тяжелых металлов. Выращенная продукция подвергается анализу, подтверждающему ее безопасность. Целесообразность развития аквакультуры этих водорослей определяется получением больших объемов сырья, необходимого для производства полисахаридов, и его высокой технологической ценностью. Содержание агара, каррагинана, их качество и технологический выход из грацилярии, зухеумы и других видов культивируемых и произрастающих в естественных условиях красных водорослей, физико-химические свойства полисахаридов зависят от многих факторов, главными из которых являются условия среды обитания.

В прибрежных водах Южного Вьетнама условия для выращивания красных водорослей – агарофитов и каррагинофитов – чрезвычайно благоприятные: среднегодовая температура воды – 28–34° С, освещенность – 50 люкс, очень высокая прозрачность



Выращивание красных водорослей в прудах и лагунах

воды, что обеспечивает быстрый рост, оптимальные условия биосинтеза углеводов в водорослях.

Несмотря на очень хорошую ситуацию по выращиванию красных водорослей, в настоящее время во Вьетнаме нет технологии получения высококачественного агара и полностью отсутствуют технологии производства каррагинана, а также переработки бурых водорослей естественных популяций рода саргассум.

В сложившейся ситуации разработка и внедрение технологических процессов переработки водорослей, произрастающих и культивируемых в прибрежной зоне Вьетнама, при использовании только внутренних возможностей страны и в связи со специфичностью развития науки и структуры экономики затруднены, что в совокупности затрудняет и переход к современным экономическим отношениям.

В связи с этим и располагая информацией о том, что в России имеются специалисты высокой квалификации, а также патенты Российской Федерации на способы получения агара, агарозы, каррагинана и других биологически активных веществ из морских водорослей, Вьетнамская сторона в лице директора Института материаловедения при поддержке Вьетнамской Академии Наук и Технологий обратились к директору ВНИРО с предложением о создании «Российско-вьетнамской программы совместных исследований водорослей Вьетнама» и разработке комплексных технологий производства полисахаридов (гелеобразующие сульфатированные галактаны – агар, каррагинан; фукоидан, альгинат кальция)».

При этом была определена цель программы: разработать эффективные комплексные технологии переработки морских водорослей Вьетнама и создать биофармацевтический комплекс по производству гелеобразующих полисахаридов (агар, агароза, каррагинан) из красных водорослей; фукоидана и альгината кальция – из бурых водорослей.

Основные задачи Программы:

- разработать новые технологические процессы получения высокоочищенного, высокомолекулярного агара из грацилярии;
- разработать новые технологические процессы получения kappa- и iota-каррагинанов из водорослей-каррагинофитов;

разработать технологические процессы получения фукоидана и альгината кальция из фукусовых водорослей.

На все разработанные технологии подготовить материалы и получить совместные патенты.

Основными факторами, определяющими необходимость и перспективность решения проблем научно-исследовательского и технологического характера, а также развития Биофармацевтического комплекса методами Российско-вьетнамской программы, являются следующие:

наличие в России специалистов и разработанных технологий гидроколлоидов и БАВ из водорослей, защищенных патентами РФ; отсутствие в Филиале Института материаловедения Вьетнамской Академии Наук и Технологий разработанных технологий производства агара, каррагинана, фукоидана, альгината кальция; наличие возобновляемых методами аквакультуры ресурсов водорослей на побережье и в акваториях, прилегающих к побережью Вьетнама;

близость и практически неограниченная емкость рынков сбыта гидроколлоидов и биологически активных веществ как в самом Вьетнаме, так и в соседних странах Азиатско-Тихоокеанского региона, а также в России.

Совокупность этих факторов определяет обоснованность исследований водорослей (культивируемых и естественных популяций), пригодных для производства гелеобразующих полисахаридов (агар, каррагинан) и фукоидана, а также для разработки новых технологических процессов получения качественных:

агара микробиологического и агарозы – из грацилярии; каппа- и иота-каррагинанов – из вьетнамских водорослей-карагинофитов;

фукоидана и альгината кальция (из фукусовых водорослей *Sargassum sp.*) и биологически активных добавок (БАД), разработанных на их основе.

Для решения основной цели Программы – разработки эффективных комплексных технологий переработки бурых и красных водорослей Вьетнама и создания биофармацевтического комплекса по производству гелеобразующих полисахаридов и биологически активных веществ – Российская сторона достаточно хорошо подготовлена, имеет специалистов высокой квалификации. В области получения высокоочищенного агара и агарозы, а также каррагинана имеются патенты Российской Федерации (*Патент РФ № 2113131. Способ переработки красных водорослей. 1998/ Подкорытова А.В. и др. Оpubл. 20.06.1998. ИБ № 17; Патент РФ № 2109461. Способ получения студнеобразователей из смеси морских красных водорослей. 1998/ Подкорытова А.В. и др. Оpubл. 27.04.1998. ИБ № 12; Патент РФ № 2189990. Способ получения высокоочищенного агара и агарозы из красной водоросли анфельции тобучинской. 2002/ Подкорытова А.В. и др. Оpubл. 27.09.2002. ИБ № 27*). Результаты исследований были опубликованы в научных журналах в России и за рубежом, представлены на международных конференциях. Апробация технологических процессов показала их воспроизводимость и возможность получения из грацилярии, добываемой во Вьетнаме, агара высокого качества.

Российскими учеными был также изучен химический состав бурых водорослей порядка *Fucales* и *Laminariales*, установлены свойства и структура полисахаридов (альгинатов и фукоиданов). Разработан способ комплексной переработки бурых водорослей (*Патент РФ № 2233104. Способ комплексной переработки бурых водорослей с получением йодсодержащих и полисахаридных продуктов. 2004/ Подкорытова А.В., Аминина Н.М. и др. Оpubл. 27.07.2004. ИБ № 21*).

Так как Россия – северная страна и организация крупномасштабного выращивания красных водорослей для производства

Практически все добываемые водоросли направляют на производство продукции:

Архангельский водорослевый комбинат производит более 50-ти наименований продуктов:

- МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ
- ПИЩЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ, В Т.Ч. ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ И БАД
- ПАРФЮМЕРНО-КОСМЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Предприятия дальневосточного региона производят:

- агар пищевой;
- агар микробиологический;
- биологически активные добавки (БАД) из бурых водорослей.

ПРОДУКЦИЯ ПИЩЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ, В Т.Ч. ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ И БАД

ПРОДУКЦИЯ ПАРФЮМЕРНО-КОСМЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

агара и каррагинана для нее практически невозможна, существует перспектива организации на территории Вьетнама предприятия по переработке красных водорослей и получению гидроколлоидов, необходимых для российской микробиологической, пищевой отраслей и медицины. Поэтому решение проблемы сырья в России и технологической проблемы Вьетнама методами Российско-вьетнамской программы будет взаимовыгодным как для Вьетнамской, так и для Российской стороны.

В связи с изложенным выше, была разработана и подписана Ответственными исполнителями (со стороны России – директором ФГУП «ВНИРО», г. Москва; со стороны Социалистической Республики Вьетнам – директором Филиала Института материаловедения Вьетнамской Академии Наук и Технологий, г. Ньячанге) «Программа совместных исследований водорослей России и Вьетнама и разработки комплексных технологий производства полисахаридов (гелеобразующие сульфатированные галактаны – агар, каррагинан; фукоидан, альгинат кальция)». Данная программа включена в «Отраслевую программу комплексных исследований биологических ресурсов Мирового океана на период до 2009 г.».

Заключение

В результате реализации Программы будут разработаны: технологии производства гидроколлоидов – агара, агарозы, каррагинана, фукоидана, альгината кальция – из водорослей Вьетнама и недоиспользуемых водорослевых ресурсов Черного и Белого морей России;

технологии производства лечебных препаратов, пищевых добавок и продукции лечебно-профилактического назначения из бурых и красных водорослей.

На побережье Вьетнама будет создан совместный с Россией Биофармацевтический комплекс по производству продуктов из водорослей, где будут организованы производства:

пищевого, микробиологического агара и агарозы с ежегодным выпуском до 50 т;

биологически активных веществ и БАД из бурых водорослей с выпуском до 1600 тыс. упаковок в год;

пищевого и косметического каррагинана с ежегодным выпуском до 150 т.

Тем самым будут решены задачи по производству новой, конкурентоспособной продукции из водорослей с использованием сырья, выращиваемого во Вьетнаме, размещением производств на территории СРВ и обеспечением продукцией населения, а также пищевых и фармацевтических производств в России и во Вьетнаме.