



МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИКОРМОВ

А. МАКАРИНСКАЯ, канд. тех. наук, **Б. ЕГОРОВ**, д-р тех. наук,
Н. БАТИЕВСКАЯ, **Т. БОРДУН**, канд. тех. наук,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Сегодня в комбикормовой промышленности, наряду с внедрением энергосберегающих прогрессивных технологий, широко применяют нетрадиционные виды сырья и вторичные ресурсы, получаемые при производстве пищевых продуктов. Содержание последних достигает 60–80% по массе комбикорма, а в некоторых случаях — 95%. Переработка вторичных ресурсов на пищевых предприятиях значительно повышает их рентабельность и позволяет снизить затраты на зерно при производстве комбикормов.

Кодним из таких видов сырья относят продукцию марикультуры — морские водоросли, для которых характерны химическая структура, не имеющая аналогов среди соединений, полученных из наземных организмов, и повышенная биологическая активность.

Потребление морских водорослей и их запасы в мире интенсивно растут. Только в Саргассовом море их ежегодные запасы оценивают в 12–15 млн т, у американского побережья Тихого океана — в 30 млн т. Заросли водорослей тянутся вдоль берегов Перу, Чили, Аргентины, Тасмании и Новой Зеландии, по черноморским берегам СНГ и северных морей России. В начале 80-х годов в мире добывалось 3,0–3,2 млн т водорослей в год. Начиная с 90-х годов прослеживается устойчивая динамика их прироста на 0,8 млн т в год. За это время объем добычи пресноводных водорослей и трав увеличился с 4 тыс. т до 50 тыс. т в год.

Более 80% водорослей выращивается искусственно, и их доля с каждым

годом возрастает. В промышленных условиях разводится 20–25 видов, среди которых наиболее распространены спирулина и ламинария, используемые в 70 странах. Наибольший спрос на морские водоросли зафиксирован в Юго-Восточной Азии, США и Германии. Больше всех их добывает и производит Япония — около 700 тыс. т в год, из них 190 тыс. т спирулины, затем идет Китай — 183 т, Индонезия, Филиппины и Мексика — по 170 тыс. т.

Как отмечают ведущие мировые ученые в области использования биоресурсов, промышленное выращивание водорослей весьма прибыльно для применения в легкой, пищевой, кормовой и других отраслях, а с ростом спроса на биотопливо такой бизнес будет еще привлекательнее для инвесторов. Наиболее крупные фермы по выращиванию водорослей находятся в США, Калифорнии, на Гавайях и в Китае. В 2013 г. во Вьетнаме запущен комплексный проект по их разведению для нужд комбикормовой индустрии производительностью до 200 тыс. т в год. В прошлом году аналогичный проект реализован в Австралии. В странах СНГ водоросли, в частности спирулину, производят на Украине, в России и Молдавии. По данным Аналитического центра информационного агентства по рыболовству, в России в 2012 г. значительно увеличились объемы добычи ламинарии: в Дальневосточном бассейне — до 204,8 тыс. т, в Северном бассейне — до 234,8 тыс. т.

Украина занимает 151 место по выращиванию спирулины в мире. При ее географическом расположении

интерес к водорослям как кормовому сырью очевиден, особенно размещение садковых хозяйств в прибрежных акваториях Черного моря. Его подводный мир насчитывает около 100 видов растений, более 277 видов многоклеточных зеленых, бурых, красных донных водорослей. На шельфе северо-западного побережья огромное скопление красных водорослей — филлофор. В 2008 г. в морской экономической зоне Украины создан ботанический заказник «Филлофоровое поле Зернова». Встречаются и другие виды водорослей: zostera, цистозира, ульва. Динамика добычи водорослей на Украине в 2000–2010 гг. показывает, что, достигнув в 2009 г. самых высоких значений — 215 тыс. т, в 2010 г. она снизилась примерно до 148 тыс. т. Сегодня страна в основном импортирует морские и другие водоросли — более 500 тыс. т в год. Они используются почти в 10 отраслях, но больше всего в пищевой — 40%, в медицинской — 35%, в комбикормовой — 10%.

Все водоросли подразделяются на 10 отделов. Три вида из них относят к основным: бурые (Phaeophyta) — ламинария сахаристая; сине-зеленые (Cyanophyta) — спирулина; красные (Rhodophyta) — порфира. Химический состав водорослей зависит от их вида, района, условий произрастания и сезона (табл. 1).

Красные водоросли Rhodophyta широко распространены в дальневосточных морях, однако как кормовой продукт практически не применяются. *Сине-зеленые водоросли Cyanophyta*,

к которым принадлежит спирулина, имеют мягкую клеточную стенку из мукополимера муреина, легко перевариваемого пищеварительными ферментами животных, что делает такую добавку доступной для использования в комбикормах. Исследования показали, что этот продукт не имеет себе равных из-за высокого качества протеина растительного происхождения, наибольшей усвояемости диетических элементов, насыщенности необходимыми витаминами и минеральными веществами. В спирулине содержится 60–70% белка. К тому же в нем присутствуют все аминокислоты для нормальной жизнедеятельности организма животного. В спирулине находятся от 10 до 20% сахаров, которые легко усваиваются с минимальным количеством инсулина. В ее составе до 8% жира, представленного лауриновой, пальмитиновой, стеариновой, олеиновой, линолевой, линоленовой и другими кислотами. Спирулина богата макро- и микроэлементами, обеспечивающими нормальное протекание обменных процессов в организме. И что особенно важно, в ней сконцентрированы в оптимальных соотношениях важнейшие витамины: А, Е, В₁, В₂, В₃, В₆, В₁₂, РР, биотин, фолиевая кислота и витамин С. β-каротин в спирулине в 10 раз больше, чем в моркови. Полезность ее витаминов обусловлена сбалансированностью комплекса. Три пигмента-красителя — каротиноиды, хлорофилл и фикоцианин — помогают организму животного синтезировать многие ферменты, участвующие в регулировании метаболизма. Интерес к спирулине обусловлен ее составом, высокой урожайностью, энергетической эффективностью и малой площадью земли, необходимой для культивирования по сравнению с зерновыми культурами (табл. 2).

Бурые водоросли Phaeophyta, включающие ламинарию, самые распространенные. Особенность их в высоком содержании альгиновой кислоты и ее солей (13–54% сухого остатка), которые у зеленых и красных водорослей отсутствуют. Соли

обладают антацидными свойствами (снижают агрессивную повышенную кислотность желудочного сока), стимулируют заживление язвенных поражений слизистой желудка и ки-

шечника животного. Это обусловлено их выраженным сорбирующим действием. Установлено, что альгинаты подавляют деятельность патогенных бактерий, таких как стафилококк, гри-

Таблица 1. Химический состав водорослей

Показатель	Бурые (Phaeophyta) — ламинария сахаристая	Сине-зеленые (Cyanophyta) — спирулина	Красные (Rhodophyta) — порфира
Калорийность, ккал/кг	3383	3600	3604
<i>Массовая доля, %</i>			
Влага	6,5–18,5	21,0	20,4
Сырой протеин	8,6–11,7	60,0	9,0
Сырой жир	0,3	6,0–8,0	1,0
Сырая клетчатка	4,6–11,3	2,0	5,3
БЭВ	48,2	40,1	42,5
Зола	16,7–49,0	8,0	21,8
<i>Макроэлементы, мг/кг сухого вещества</i>			
Кальций	2000	1200	700
Натрий	5200	300–6000	480
Калий	9700	14 000	3560
Фосфор	550	9000	580
Хлор	105,6	4200	120
Магний	1700	400	20
<i>Микроэлементы, мг/кг сухого вещества</i>			
Йод	250	4,5–9,0	12
Железо	740	1500	18
Цинк	128	30	10
Медь	13,5	12	3,0
Марганец	97	50	10
<i>Витамины, мг/кг сухого вещества</i>			
В ₁ (тиамин)	0,4	31–55	1,0
В ₂ (рибофлавин)	0,6	24–35	4,0
В ₆ (пиридоксин)	0,2	3–8	1,0
РР (никотиновая кислота)	5,0	118	15
С (аскорбиновая кислота)	20,0	180	390
<i>Аминокислоты, % в 100 г продукта</i>			
Лизин	0,37	5,1	0,22
Метионин	0,18	2,6	0,15
Изолейцин	0,27	5,7	0,26
Гистидин	0,30	1,5	0,14
Аргинин	0,64	6,5	0,29
Треонин	0,41	5,4	0,23
Серин	0,35	5,3	0,30
Глутаминовая кислота	1,88	12,7	0,55
Пролин	0,68	4,1	0,25
Цистин	0,20	0,9	0,10
Валин	0,39	7,5	0,40

Таблица 2. Сравнение урожайности и энергетической эффективности спирулины с зерновыми культурами

Показатель	Пшеница	Кукуруза	Соя	Спирулина
Урожайность, т/га/год	6,7	4,0	4,0	60–70
Содержание протеина, %	9,0	7,4	35,0	65,0
Количество протеина, т/га/год	0,64	1,04	1,4	39–45
Отношение полученной энергии к затраченной	—	3,0	1,2	4,2

бы рода *Candida* и др. Восстанавливают нарушенную иммунную систему, так как обладают уникальными иммуностимулирующими способностями. В состав ламинарии входят и другие полисахариды — фукоидан и ламинарин. Известно, что первый регулирует процессы метаболизма, являясь иммунокорректором, действие которого основано на активации природных механизмов защиты от патогенных микроорганизмов. Полисахариды фукоидан и ламинарин стимулируют фагоцитоз. Клетки-фагоциты — это основные санитары в организме, они захватывают и переваривают микроорганизмы, продукты их распада.

Количество провитамина А в ламинарии соответствует его содержанию в таких фруктах, как яблоки, сливы, вишни, апельсины. По витамину С некоторые бурые водоросли не уступают апельсинам, ананасам, землянике, крыжовнику, зеленому луку, щавелю. Кроме того, в них найдены витамины D, К, никотиновая, пантотеновая и фолиевая кислоты. Ламинария содержит большое количество йода — до 1250 мг в 100 г. Еще одним ярким представителем бурых водорослей являются фукусы. Их уникальность в том, что химический состав практически идентичен плазме крови и тканям человеческого организма. В 10 г сухой фукусы витамина А столько же, сколько в 100 г моркови, витамина D — как в 10 кг абрикосов, железа — в 1 кг шпината, кальция — в чашке молока, йода — как в 11 кг трески.

В Шотландии и Испании водоросли скармливали животным в свежем виде еще в 18 веке. Начиная с 60-х годов 20 века проводились широкие исследова-

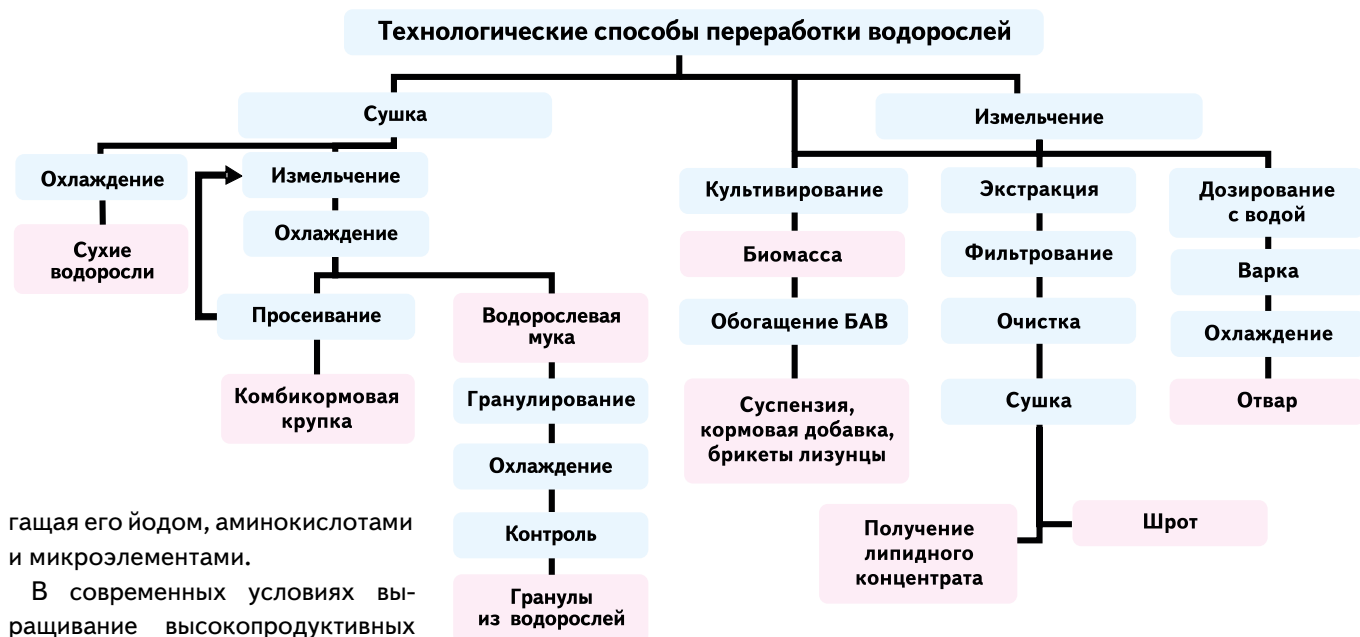
ния по изучению химического состава водорослей и их применению в питании животных и птицы. Среди водорослей и трав есть как съедобные, полезные, так и ядовитые. Интересно, что некоторые съедобные водоросли по содержанию витаминов не уступают апельсинам и ананасам, содержат до 50% белка (для сравнения: в говядине — 20%, в свинине — 18%). 1 га водорослей при метровой глубине может дать 400 т белка в год. Однако из-за низкой его усвояемости, обусловленной прочной оболочкой и большими затратами энергии на получение сухой массы, использование водорослей в составе комбикормов не превышает 5%. Данное ограничение установлено из-за возможного проявления у животных и птицы заболевания, названного йодизм (отравление организма йодом).

Тем не менее морские водоросли сегодня становятся полезным продуктом, уникальной по своему биохимическому составу кормовой добавкой, содержащей микроэлементы, незаменимые аминокислоты и витамины, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма сельскохозяйственных животных и птицы. В связи с этим перспективно использование морских водорослей и продуктов на их основе (водорослевые мука и крупка, шрот, биомасса) при производстве премиксов, БВД/БВК, БВМД/БВМК и комбикормов. Одно из перспективных направлений — применение суспензии хлореллы (живой штамм) в кормлении животных в качестве пробиотической, витаминной и минеральной добавки. Технологические способы переработки водорослей в кормовые продукты представлены на рисунке.

Производство водорослевой муки и крупки основано на измельчении сырой биомассы, ее высушивании и последующем измельчении, контроле продуктов измельчения. Кормовую муку изготавливают в основном из бурых водорослей — ламинарий (сахаристой, кольчатой, пальчаторассеченной, японской), аларий, фукусных (пузырчатых) и красных водорослей — порфирий и родимений. Кормовую муку и крупку из филлофоры (йодку) вырабатывают после извлечения из нее агароида.

Кормовая ценность муки из водорослей высока и зависит от их исходных видов. В большинстве своем она содержит 18 аминокислот, в том числе все незаменимые, большое количество витаминов группы В (В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₁₂, В_с), витамины С, D, Е, К, каротин, ростостимулирующие, антибиотические и лечебные вещества. В муке содержатся такие редкие по своей природе БАВ, как таурин, цитрулин, хондрин и их соединения, играющие важную роль в обмене веществ. Кроме натрия, магния, железа и селена, в продукте высокое содержание йода и кальция (первый в более доступной форме, чем в других кормах), незаменимых жирных кислот, например олеиновой, линоленовой, линолевой или арахидоновой. Химический и минеральный составы кормовых продуктов из морских водорослей приведены в таблице 3.

В премиксах 0,04–0,05% муки из морских водорослей могут заменить долю сернокислых или углекислых солей микроэлементов. При производстве полнорационных комбикормов вводится 3–5% водорослевой муки или крупки, в рационы КРС — от 3 до 10% от массы корма. Разработаны способы выработки комбикорма для рыбы и птицы с использованием отвара водорослей и биомассы из культивированных водорослей, которые содержат комплекс биологически ценных веществ высокой концентрации. Суспензию биомассы добавляют в количестве 8–12% по массе комбикорма, обо-



гащая его йодом, аминокислотами и микроэлементами.

В современных условиях выращивание высокопродуктивных пород животных и кроссов птицы невозможно без применения сбалансированных полнорационных комбикормов. Интенсивное развитие промышленности требует внедрения новых нетрадиционных видов сырья, способствующих повышению качества и переваримости корма. Использование морских водорослей в комбикормовой промышленности не только в виде муки, но и в виде суспензии и влажной биомассы может значительно снизить затраты на подготовку данного сырья, а также его стоимость в результате устранения энергоемкого процесса сушки. Применение суспензии и влажной биомассы требует детальной разработки технологических способов ее подготовки, обоснованных технологических режимов производства и внедрения их на действующих комбикормовых заводах.

Современные технологии выращивания водорослей позволяют существенно снизить себестоимость производства. Если всего несколько лет назад она составляла 2,26 евро/кг, то в 2014 г. — 1,37 евро/кг. В средиземноморских странах себестоимость разведения водорослей фактически может быть снижена до 0,75 евро/кг, вызвав бум в этой сфере уже к 2025 г. Прогнозируется, что с началом про-

Таблица 3. Химический и минеральный составы кормовых продуктов из морских водорослей

Показатель	Водорослевая мука	Шрот из филлофоры	Крупка из фукуса (ГОСТ 22455-77)	Биомасса хлореллы, на а.с.в.
<i>Массовое содержание, %</i>				
Влага	11,0–12,0	10,0–11,6	12,0	99,98
Сырой протеин	3,4–15,0	28,8–39,4	6,7	38,0–55,5
Сырой жир	0,3–8,0	0,2–0,3	1,56	5–10
Сырая клетчатка	5–12	17,8–18,0	н/д	0,1
БЭВ	45–47	23,1–28,3	22,0	35
Зола	17–21	21,0	35,0	23,4–45,7
<i>Макроэлементы, %</i>				
Кальций	0,7–2,2	3,4	2,5–6,0	8,57–11,43
Натрий	1,4–2,9	0,8	2,7–3,6	2,5–3,1
Калий	2,3–8,2	0,2–2,5	1,1–4,5	1,5–5,1
Фосфор	0,1–0,6	0,1	0,1–0,15	0,37–0,43
Хлор	1,9–2,5	0,5–3,4	2,41–4,70	1,2–3,0
<i>Микроэлементы, мг / кг сухого вещества</i>				
Йод	250–500	4980	0,07–0,09	0,1–5,3
Железо	437–4400	788	0,03–0,08	17,3–79,0
Цинк	59–200	450	0,01–0,024	4,5–7,0
Медь	4,6–48	50	0,04	8,4–15,0
Марганец	20–1100	487	1,059	1,8–5,4

мышленного выращивания водорослей в Европе и Юго-Восточной Азии их доля в комбикормах может вырасти до 25%. Сегодня использование

морских водорослей в комбикормовой промышленности вопрос весьма актуальный, требующий комплексных научно-практических решений. ■

Список литературы, использованной при подготовке статьи, можно запросить у авторов (alla.makarinskaya@yandex.ua) или в редакции (red-kombikorma@yandex.ru)