На правах рукописи

МУХИНА Ирина Николаевна

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАРТОВЫХ КОРМОВ ДЛЯ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК

03.00.10 – ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва
2003

Работа выполнена в Полярном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО)

Научный руководитель:	доктор технических наук Лебская Татьяна Константиновна
Официальные оппоненты:	доктор биологических наук, профессор Пономарев Сергей Владимирович
	кандидат биологических наук Линник Александр Викторович
Ведущая организация:	Краснодарский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (КрасНИИРХ)

Защита диссертации состоится « 09 » декабря 2003 г. в 11 ч на заседании диссертационного совета Д. 307.003.01. при Всероссийском научно-исследовательском институте пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) по адресу: 141821, поселок Рыбное Дмитровского района Московской области, ВНИИПРХ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института пресноводного рыбного хозяйства.

Автореферат диссертации разослан « 03 » ноября 2003 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук Подоскина Т. А.

2003-А
18252

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Повышение эффективности отечественных комбикормов, используемых при искусственном выращивании лососевых рыб, вызвано необходимостью решения вопросов воспроизводства ценных видов рыб и возрастающим вниманием к рыборазведению в условиях истощения промысловых биоресурсов. Комбикорма являются основной статьей расходов при выращивании рыб, следовательно, улучшение их продукционных свойств определяет экономический эффект. В связи с этим, повышение эффективности искусственных кормов, определяемой высокими показателями выживаемости, темпа роста и нормальным физиологическим состоянием рыб, представляет собой один из актуальных вопросов аквакультуры.

В решении проблемы совершенствования рецептур комбикормов для рыб особенную роль могут играть биологически активные вещества (БАВ) морских гидробионтов, технологии выделения которых в последнее время уделяется большое внимание. Утилизация отходов промысла водных биоресурсов представляет интерес с точки зрения рациональной и комплексной переработки сырья, позволяющей использовать их потенциал в максимальной степени.

В настоящее время отечественная комбикормовая промышленность испытывает острый дефицит в качественном кормовом сырье, особенно в белковых компонентах. Усугубило проблему прекращение производства продуктов микробиологического синтеза. Поиск альтернативных источников белка в стартовых кормах рыб в настоящее время не теряет актуальности.

Следует отметить негативный фактор, оказывающий существенное влияние на свойства комбикормов, выпускаемых на отечественных предприятиях. Это низкое и нестабильное качество исходного сырья, прежде всего рыбной муки, характеризующейся избыточным содержанием продуктов окисления липидов, общей токсичностью, низкой пищевой ценностью. Обусловлено это применением режима прессово-сушильной обработки сырья, с одной стороны, и использованием отходов для получения рыбной муки, с другой.

Согласно современным представлениям в области физиологии и биохимии питания рыб, на усвояемость кормов оказывает влияние фракционный состав их белковой компоненты. Это обуславливает эффективность ассимиляции пищи и, в свою очередь, сказывается на скорости роста и выживаемости личинок рыб (Остроумова, Дементьева, 1981; Ильина, 1982; Турецкий, Ильина, 1985; Тимейко, Новиков, 1987; Пономарев, 1995; Кузьмина, 1999; Лебская, Мухина, 2000; Мухин и др., 2001). Существующая в настоящее время технология изготовления рыбной муки на отечественных предприятиях не способствует удовлетворению пищевых потребностей лососевых рыб в раннем онтогенезе. Кроме того, применение новых технологий производства комбикормов -

РОС. НАЦИОНАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА
С.Петербург
09 2005 акт

экструдирования и экспандирования, при которых частично разрушаются некоторые незаменимые элементы питания, вызывает необходимость поиска новых нетрадиционных технологий и компонентов.

Цель и задачи исследований. Цель работы состояла в совершенствовании рецептур комбикормов для ранней молоди атлантического лосося, путем применения компонентов биологически активного действия, изготовленных по новой технологии. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- изучить химический состав и биохимические показатели содержимого желточного мешка атлантического лосося в заключительный период эндогенного питания и использовать этот материал в качестве теоретической основы разработки стартовых комбикормов;

- проанализировать качественный и количественный состав кормового сырья, оценить возможность применения белковых гидролизатов, фосфолипидов с сапонинами, пшеничных зародышевых хлопьев и витазара в кормах для выращивания лососевых рыб на примере *Salmo salar* L. и *Salmo salar m. sebago* (Girard);

- научно обосновать и разработать рецептуры стартовых кормов с использованием новых компонентов, определить оптимальные концентрации компонентов биологически активного действия, оценить эффективность новых способов изготовления кормов, провести сравнительный анализ их химического состава и биохимических свойств с аналогичными показателями импортных комбикормов;

- оценить эффективность применения новых рецептур стартовых кормов в сравнении с импортными аналогами на основании рыбоводно-биологических и биохимических показателей;

- изучить трансформацию энергетического потенциала и питательных веществ исследованных комбикормов в организме ранней молоди атлантического лосося при выращивании на рыборазводных заводах Северо-Западного региона России;

- разработать проекты нормативной документации на новые виды лососевых кормов, содержащих биологически активные добавки (БАД).

Научная новизна работы. Впервые в качестве теоретической основы для создания физиологически полноценных кормов были использованы биохимические показатели содержимого желточного мешка атлантического лосося в период, предшествующий переходу к активному питанию. Установлено сходство качественного и количественного состава желточного мешка и естественной пищи личинок атлантического лосося. На этой основе рекомендовано введение в состав стартовых кормов определенных доз витазара, пшеничных зародышевых хлопьев, белковых гидролизатов с заданными свойствами, получаемых из отходов промысла исландского гребешка, балтийской салаки и перечного окуня.

Доказана целесообразность полной замены рыбной муки на рыбный фарш, белковые гидролизаты и пшеничные зародышевые хлопья.

Определена эффективность применения сушки кормов в виброкипящем слое.

Установлено положительное влияние введения новых компонентов в стартовые корма на совокупность рыбоводно-биологических и биохимических показателей выращенной молоди. Отмечено повышение выживаемости личинок атлантического лосося при использовании в стартовых кормах 5 и 20 % гидролизатов из отходов промысла исландского гребешка (степень гидролиза белков 16,5 %) по сравнению с применением финского корма. Показано, что разработанные корма с использованием в их составе 10 % белковых гидролизатов из салаки или окуня и около 30 % витазара или пшеничных зародышевых хлопьев соответствуют импортным аналогам по показателям выживаемости и темпа роста рыб.

Практическое значение. Разработаны рецептура и проект нормативной документации на новый стартовый корм с БАД для лососевых рыб. Изготовлены опытные партии кормов, которые прошли успешную апробацию на рыбоводных заводах Северо-Западного региона России и в настоящее время выпускаются в промышленном масштабе на предприятии «Гипрорыбфлот-Экос» (г. Ивангород), что позволит в дальнейшем перейти на отечественные комбикорма для выращивания атлантического лосося.

Положения, выносимые на защиту:

- обоснование введения в состав комбикормов белковых гидролизатов, фосфолипидов с сапонинами, пшеничных зародышевых хлопьев и витазара;
- соответствие химического состава и биохимических показателей содержимого желточного мешка свободных эмбрионов, объектов питания личинок атлантического лосося и стартового корма «Respons» фирмы «Rehuraisio» (Финляндия) в сравнении с аналогичными параметрами опытных комбикормов;
- сравнительный анализ выживаемости и темпов роста рыб на разработанных комбикормах и импортном аналоге;
- анализ соответствия биохимических показателей выращенной молоди атлантического лосося содержанию основных и незаменимых компонентов питания в комбикормах;
- новые рецептуры и технологии изготовления стартовых кормов с БАД для лососевых рыб.

Апробация работы. Материалы диссертации обсуждались на научно-практической конференции «Марикультура Северо-Запада России» (Мурманск, 2000), конференции молодых ученых, посвященной 80-летию ПИНРО (Мурманск, 2001); на международной научно-практической конференции «Проблемы аквакультуры и функционирования водных экосистем» (Киев, 2002), Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 140-летию со дня рождения Н.М. Книповича (Мурманск, 2002) и научной конференции «Проблемы воспроизводства, кормления и борьбы с болезнями рыб при выращивании в искусственных условиях» (Петрозаводск,

2002). Результаты исследований, составляющих основу диссертации, обсуждались на межлабораторных совещаниях и отчетных сессиях ПИНРО (г. Мурманск) в 2000-2002 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 научных работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 175 страницах машинописного текста, включает 14 таблиц и 27 рисунков. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и 6 приложений. Список литературы включает 236 источников, из них 185 - отечественных и 51 - зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели, задачи, научные новизна и положения, выносимые на защиту.

Глава 1. Обзор литературы

Систематизирована научная информация и представлено состояние исследований в области совершенствования рецептур и технологий производства рыбных кормов. Показана эффективность использования в комбикормах традиционных и модифицированных компонентов, что позволило выделить приоритеты в этом направлении исследований.

Обобщены данные отечественных и зарубежных авторов о развитии пищеварительной системы и спектре питания ранней молоди атлантического лосося в природе. Проанализированы сведения о биохимических параметрах объектов питания и физиологических потребностях молоди лососевых рыб в основных и незаменимых питательных веществах. Выделены особенности качественного и количественного состава таких основных компонентов питания ранней молоди рыб, как белки и липиды.

Глава 2. Материал и методы исследований

Объектами исследований служили атлантический лосось *Salmo salar* L. и его пресноводная форма *Salmo salar m. sebago* (Girard). Материалом для исследования являлись ранняя молодь (свободные эмбрионы, желточный мешок, личинки, мальки), стартовые комбикорма и их компоненты. Всего за период исследований было проанализировано 1100 личинок и 1900 мальков атлантического лосося, проведено 365 биохимических анализов.

Исследования проводились согласно схеме (рис. 1).

Экспериментальные работы и производственные испытания комбикормов проводили в период с 2000 по 2003 г. на рыборазводных заводах Мурманской области (г. Кандалакша и с. Княжая Губа) и Карелии (г. Кемь).

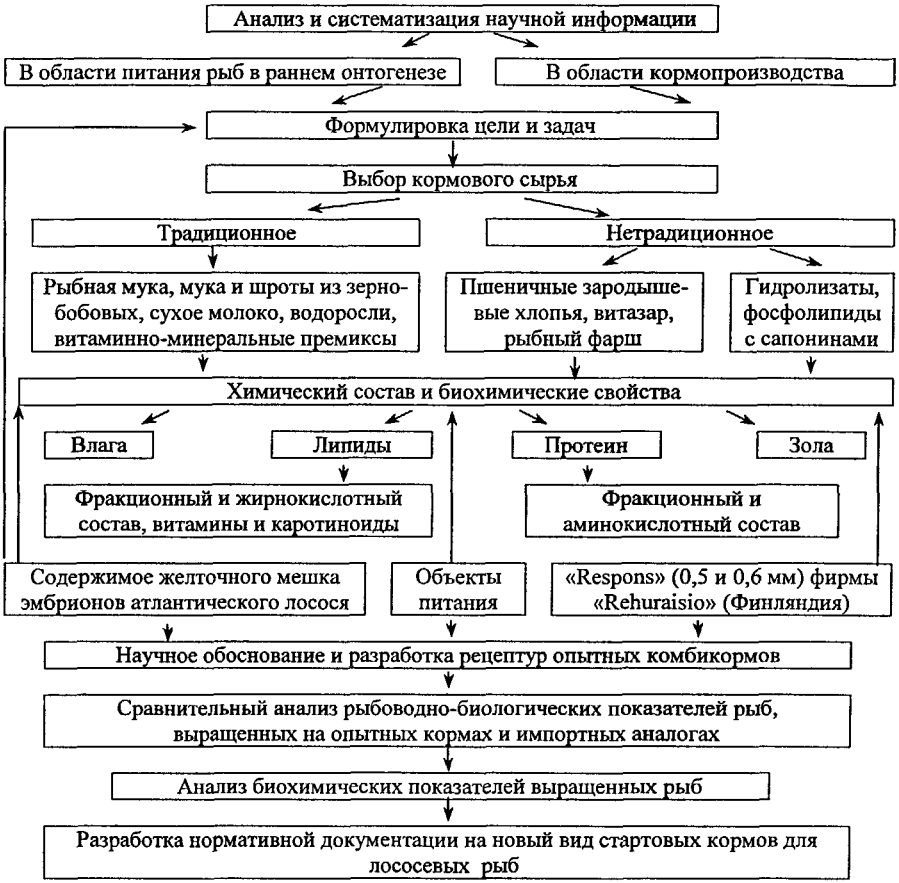


Рис. 1. Схема проведения исследований

Личинок атлантического лосося средней массой от 144 до 151 мг выращивали в прямоточных лотках размерами 2,25 х 0,50 х 0,25 м при различных плотностях посадки (в тыс. экз./м^2): 4,8-6,4 (опыт 2000 г.); 6,1-6,4 и 11,8-12,0 (опыты 2001 г. 1 и 2 серия); 10,9-11,7 (опыт 2002 г.). Для дальнейшего выращивания молодь переводили в бассейны фирмы «ЕМФ ГмбХ» (Германия) площадью 3,8 м^2 и ИЦА-1. Плотность посадки рыб соответствовала рекомендуемым нормативам (Яндовская, Казаков, Лейзерович, 1979). Кормление рыб выполняли вручную с 6 до 24 ч каждый час в соответствии с суточными нормами кормления, рассчитанными по таблицам (Гамыгин и др., 1989).

Продукционные свойства опытных кормов оценивали по выживаемости, темпу роста, химическому составу и биохимическим

показателям экспериментальных рыб (Щербина, 1983). В качестве контрольного использовали отечественный корм рецептуры ЛК-5С и стартовый корм «Respons» фирмы «Rehuraisio» (Финляндия). Определение эффективности стартовых кормов проводили не менее чем в двух повторностях.

Опытные партии стартовых комбикормов изготовляли на экспериментальной базе предприятия «Гипрорыбфлот-Экос» (г. Ивангород). Сушку кормов осуществляли в виброкипящем слое в сушилке «Тайо Геге» (Япония) при температуре 80-95 °С не более 1 мин трехкратно. В лаборатории биохимии гидробионтов ПИНРО (г. Мурманск) корма изготовляли методом влажного прессования.

Сырьем для получения белковых гидролизатов служили отходы (мантия, гонады, жабры) исландского гребешка *Clamys islandicus*, перечного окуня *Sebastes goodei* и балтийской салаки *Clupea harengus membras*. Расщепление белоксодержащих отходов промысла гребешка (ОПГ) осуществляли комплексным препаратом протеиназ, выделенным из гепатопанкреаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Мухин, Новиков, 2001), салаки и окуня – протосубтилином Г3Х (*Bacillus subtilis*) (Технология продуктов из гидробионтов, 2001). Фосфолипиды с сапонинами получали из гонад камбалы-ерша *Hippoglossoides platessa* (Лебская, Шаповалова, 2000).

Определение бактериологических и химико-токсикологических показателей кормов осуществляли по стандартным методикам (Правила бактериологического исследования.., 1976; Картавцева и др., 1987; ГОСТ 134967-92, 1992). Химический состав анализировали стандартными методами (Лазаревский, 1955; ГОСТ 7636-85, 1985) на оборудовании фирмы «Текатор» (Швеция). Углеводы определяли по разности между сухим веществом и суммой протеина, липидов и золы (Щербина, 1983). Определение жирнокислотного состава выполняли в Институте биологии КарНЦ РАН (г. Петрозаводск) и ЦСМ (г. Мурманск) методом газо-жидкостной хроматографии. Разделение и идентификацию метиловых эфиров жирных кислот проводили на хроматографах С-180 фирмы «Yanaco» (Япония) и «Chrom-5» (Чехословакия). Фракционный состав липидов определяли методом одномерной тонкослойной хроматографии (ТСХ). Липиды экстрагировали по методу Блайя-Дайера (Кейтс, 1975) и определяли липидный фосфор (Рехина, Сергеева, 1963). Разделение липидов проводили на пластинках фирмы «Merck» (Германия) в системе растворителей: для общих липидов – гексан-эфир-уксусная кислота (45:10:5 (v/v/v)); для фосфолипидов - хлороформ-метанол-вода (65:25:4(v/v/v)); для сапонинов - бутанол-этанол-вода (25:5:20 (v/v/v)). Идентификацию фракций липидов проводили при длине волны 540 нм на приборе CS-9000 фирмы «Shimadzu» (Япония) с помощью стандартов фирмы «Sigma» (США). Для подтверждения присутствия сапонинов применяли качественную реакцию (Досон и др., 1991; Кирхнер, 1981). Аминокислотный состав исследовали

методом двумерной ТСХ на пластинках фирмы «Merck» (Германия) по методике научно-производственного центра «Ленхром» (Методика разделения смеси..., 1995). Для количественного определения аминокислот использовали прибор CS-9000 фирмы «Shimadzu» (Япония), сканируя пластинки при длине волны 520 нм. Идентификацию фракций аминокислот осуществляли с помощью стандартов фирмы «Sigma» (США). Содержание жирорастворимых витаминов в пробах определяли методом нормальнофазной высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе LCMS-QI 8000 фирмы «Shimadzu» (Япония), с использованием колонки ID Supelcosil TM LC-SI (25x4,6 мм). Определение α-токоферола проводили в УФ спектре при длине волны 292 нм, ретинола – при 324 нм.

Молекулярно-массовое распределение белковых фракций исследовали методом гель-хроматографии на колонках с сефадексом G-100 (1,4x70 см), используя стандартную аппаратуру «LKB-Pharmacia» (Австрия-Швеция). Скорость элюции составляла 20-22 мл/ч (Мухин, Новиков, 2001). Выходящие из колонки фракции белков регистрировали двумя способами: с помощью детектора-рефрактометра РДУ и на спектрофотометре UV-3101PC «Shimadzu» (Япония) в режиме поглощения в ультрафиолетовой области при температуре 20°С. Степень гидролиза белков рассчитывали как отношение аминного азота к общему. Определение аминного азота проводили методом формольного титрования (ГОСТ 7636-85, 1985).

Результаты исследований обработаны статистически, различия установлены при доверительном уровне $P \leq 95$ (Гублер, Генкин, 1969; Ивантер, 1979).

Глава 3. Результаты исследований и их обсуждение

3.1. Качественный и количественный состав содержимого желточного мешка свободных эмбрионов атлантического лосося

Отношение протеина к липидам в желточном мешке определено как 2,4:1 при энерго-протеиновом отношении (ЭПО), равном 30,9 кДж/г белка. Степень гидролиза белковых соединений в желточном мешке составляла 11,6 % при содержании свободных аминокислот (САК) 6,3 % от суммы белков и продуктов их гидролиза.

В общих липидах содержимого желточного мешка доминировали триацилглицерины, количество которых достигало 56 % от общей суммы. Фосфолипидов содержалось в 2 раза меньше, а основным их компонентом являлся фосфатидилхолин, содержание которого в желточном мешке к моменту вылупления эмбриона составляет 70-71 %. Сумма стеринов с их эфирами достигала 21 % от суммы липидов. Известно, что запас связанного холестерина благоприятствует росту и развитию организма (Лизенко и др., 1983). Представленные результаты подтверждаются данными отечественных исследователей о реализации основных фракций липидов и их соотношении в различных морфологических структурах атлантического лосося в процессе

эмбриогенеза лососевых рыб (Нефедова и др., 1983, 1994; Сидоров и др., 1996; Юровицкий и др., 1997). Наибольшая часть (51 %) всех жирных кислот в желточном мешке представлена мононенасыщенными. Поли- и насыщенных жирных кислот содержалось 23 и 26 % соответственно. Среди полиненасыщенных доминировали длинноцепочные жирные кислоты - эйкозапентаеновая (10,3 %) и докозагексаеновая (6,7 %).

3.2. Характеристика кормового сырья для формирования стартовых комбикормов с БАД

Композиция биологически активной добавки - спиртового экстракта фосфолипидов (ФЛ) с сапонинами, смешанного с рыбьим жиром, характеризовалась следующим процентным содержанием компонентов: концентрат фосфолипидов с сапонинами – 2-4; этанол – 1, пищевой рыбий жир - 95-97. При этом доля фосфолипидов с сапонинами в добавке достигала 62 % от суммы липидов, из них сапонины составляли не более 18 %.

Витазар и пшеничные зародышевые хлопья (ПЗХ) содержали до 36 % протеина и от 7 до 12 % липидов в сухом веществе. В рационах лососевых рыб предполагалась возможность частичной замены рыбной муки на пшеничные зародышевые хлопья или витазар, обусловленная низким содержанием в этих продуктах незаменимых аминокислот: фенилаланина и метионина. В общих липидах пшеничных зародышевых хлопьев доминировали полиеновые жирные кислоты (до 70 % от суммы), в которых доля линолевой и линоленовой кислот составляла 61 и 8 % соответственно.

Исследованные белковые гидролизаты из отходов промысла гидробионтов характеризовались высоким уровнем протеина (от 66 до 76 % от сухого вещества), полным набором и высокой концентрацией незаменимых аминокислот (до 44 % от белка), повышенным содержанием свободных аминокислот (до 7,5 % от суммы белковых фракций) и низкомолекулярных полипептидов с ММ менее 2 кДа (до 95 % от суммы водорастворимых белков).

3.3. Научное обоснование рецептур опытных комбикормов

Исследования по совершенствованию рецептуры комбикормов для ранней молоди атлантического лосося, с одной стороны основывались на данных по биохимическому составу содержимого желточного мешка свободных эмбрионов сразу после вылупления и объектов питания личинок атлантического лосося в естественных условиях (Болгова, Шустов, Хренников, 1976; Ильина, Турецкий, 1986; Пономарев, 1995; Остроумова, 2001; Щербина, 2000). При этом учитывались потребности ранней молоди лососевых рыб в субстратах энергии и необходимых компонентах питания (Halver, 1960; Ogino, Kamizono, 1975; Watanabe, 1982; Канидьев, 1984; Полина, Рыжков, 1987; Краснов, 1988; Гамыгин, 1995; Austreng, Storebakken,

1996; Grisdale-Helland, Helland, 1997; Остроумова, 2000). С другой стороны, учитывалась слабая активность пищеварительных ферментов атлантического лосося в период смешанного питания (Тимейко, Новиков, 1987). Низкая способность личинок рыб к перевариванию пищи, главным образом ее белковой компоненты, компенсируется в этом случае возможностью внутриклеточного пищеварения, участием в пищеварительных процессах ферментов, содержащихся в объектах питания, а также присутствием в них значительных количеств легкоусвояемых свободных аминокислот и низкомолекулярных пептидов (Остроумова, Дементьева, 1981; Watanabe, 1982; Ильина, 1982, 1983; Lauff, Hofer, 1984; Ильина, 1985; Турецкий, Ильина, 1985).

В условиях искусственного выращивания рыб, эффективность переваривания белков личинками возможно повысить путем дополнительного обогащения комбикормов ферментативными белковыми гидролизатами, в составе которых значительная доля всех азотсодержащих веществ представлена фракциями низкомолекулярных пептидов (Остроумова и др., 1980; Канидьев и др., 1986; Ильина, Турецкий, 1988; Пономарев, 1995; Berge, Storebakken, 1996; Скляров, 1999).

В желточном мешке и естественной пище атлантического лосося в среднем содержится одинаковое количество протеина (56 и 31-71 %, соответственно) и липидов (23 и 9-36 %, соответственно). Более половины (40-73 %) всех азотсодержащих веществ содержимого желточного мешка и объектов питания личинок атлантического лосося представлено водорастворимыми белковыми фракциями, в которых доля низкомолекулярных пептидов составляла от 40 до 86 %, а свободных аминокислот – от 2 до 6 % (Остроумова, 2000; Щербина, 2001). В липидах указанных объектов полиненасыщенных жирных кислот содержалось от 29 до 63 % с доминированием длинноцепочных ω-3 кислот (2-27 %) и линолевой кислоты (3-21 %). Известно, что оптимальный уровень энерго-протеинового отношения в искусственных кормах для атлантического лосося составляет не менее 29 кДж/г белка (Краснов, 1988; Гамыгин, 2001; Остроумова, 2001). Эти данные послужили основанием для разработки опытных комбикормов.

Базовой рецептурой опытных комбикормов для ранней молоди атлантического лосося служил корм ЛК-5С, разработанный сотрудниками СеврыбНИИпроекта (г. Петрозаводск) под руководством Л.П. Рыжкова (Полина и др., 1986). В опыте 2000 г. этот корм являлся дополнительным контролем (№ 1 в табл. 1). Состав опытных кормов отличался от контрольного тем, что часть (5-20 %) рыбной муки была заменена белковым гидролизатом из отходов промысла гребешка или часть (2 %) рыбьего жира была заменена БАД «Фосфолипиды с сапонинами» (№ 2-4 в табл. 1). Дальнейшее совершенствование рецептур лососевых комбикормов основывалось на использовании минимального набора компонентов и частичной или полной замены рыбной муки на компоненты биологически

активного действия: витазара (№ 5 в табл. 1), пшеничных зародышевых хлопьев (№ 10 в табл. 1), гидролизатов из салаки или окуня (№ 6-9 в табл. 1). Создание малокомпонентых, физиологически полноценных комбикормов путем замены многих традиционных компонентов новыми обусловлено перспективностью этих направлений в области кормопроизводства с точки зрения простоты изготовления и осуществления контроля за качеством комбикормов, а также получения более высокого экономического эффекта (Шмаков и др., 1997). Завершились исследования разработкой рецептуры корма на основе рыбного фарша с использованием белкового гидролизата из окуня, пшеничных зародышевых хлопьев, рыбьего жира, витаминно-минерального премикса и водорослевой муки (№ 10 в табл. 1).

Таблица 1

Состав сухих комбикормов, %

Компонент	Корм									
	Опыт 2000 г.				Опыт 2001 г.		Опыт 2002 г.			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
	Контроль ЛК-5С	с 5 % БГ	с 20 % БГ	с 2 % ФЛ	с вита-заром	с 10 % БГ	с 5 % БГ	с 10 % БГ	с 15 % БГ	с ПЗХ
Мука рыбная	55,0	50,0	35,0	55,0	60,0	-	-	-	-	-
Мука из гороха «Syrtex» (Голландия)	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	-	-
Дрожжи гидролизные	10,0	10,0	10,0	10,0	-	-	-	-	-	-
Сухой обрат	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	-	-
ФЛ с сапонинами	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-
Холин-хлорид	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-
Витамин С	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-
Связующее	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
Антиоксидант	0,02	0,02	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-
Гидролизат*	-	5,0[1]	20,0[1]	-	-	10,0[2]	5,0[3]	10,0[3]	15,0[3]	10,0[3]
Премикс **	2,2[4]	2,2[4]	2,2[4]	2,2[4]	2,0[5]	1,0[5]	1,0[5]	1,0[5]	1,0[5]	1,0[5]
Жир рыбий	12,0	12,0	12,0	10,0	7,0	-	8,0	8,0	8,0	8,0
Мука соевая	10,0	10,0	10,0	10,0	-	-	30,0	30,0	30,0	-
Фарш рыбный	-	-	-	-	-	30,0	55,0	50,0	45,0	50,0
ПЗХ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0
Витазар	-	-	-	-	31,0	-	-	-	-	-
Мука водорослевая	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0
Шрот подсолнечный	-	-	-	-	-	59,0	-	-	-	-

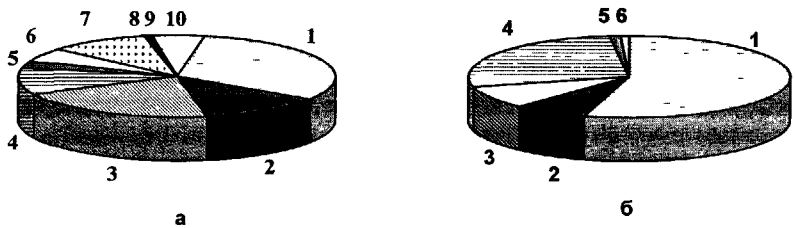
*Использовали различные белковые гидролизаты:
1) - из отходов промысла гребешка *Clamys islandicus*
2) - из балтийской салаки *Clupea harengus membras*
3) – из перечного окуня *Sebastes goodei*

**Использовали различные премиксы:
4) ПМ-1
5) ПФ-2В

В процессе формирования рецептур малокомпонентных опытных кормов на основе рыбного фарша (опыты 2002-2002 гг.) были выбраны кормовые компоненты, вариации в соотношении которых позволили разработать физиологически полноценные корма. Высокий уровень полноценного белка и повышенное содержание низкомолекулярных пептидов определили необходимость использования в стартовых кормах для атлантического лосося белковых гидролизатов. При добавлении пшеничных

зародышевых хлопьев и витазара в кормах достигается оптимальный уровень функциональных ингредиентов, благодаря достаточно высокому содержанию в продуктах из зародышей пшеницы нейтральных липидов, фосфолипидов, полиеновых жирных кислот, жирорастворимых витаминов и каротиноидов. Опытные корма дополнительно обогащали рыбьим жиром и витаминно-минеральными премиксами.

Таким образом, совершенствование рецептур стартовых комбикормов осуществлялось по нескольким направлениям: с использованием большого количества кормовых компонентов (рис. 2а) или минимального их набора (рис. 2б); с использованием рыбной муки (рис. 2а) или рыбного фарша (рис. 2б).



1 – рыбная мука (а) или рыбный фарш (б); **2** – рыбий жир; **3** – белковый гидролизат; **4** – соевая мука (а) или пшеничные зародышевые хлопья (б); **5** – премикс; **6** – гороховая мука (а) или водорослевая (б); **7** – дрожжи гидролизные; **8** – связующее; **9** – антиоксидант; **10** – сухой обрат

Рис. 2. Рецептуры опытных кормов на основе рыбной муки (а) и рыбного фарша (б)

3.4. Сравнительный анализ состава и свойств стартовых кормов, их импортных аналогов и желточного мешка атлантического лосося

Сформированные нами рецептуры опытных кормов различались количественным и качественным составом кормовых компонентов, что обусловило различие их энергетической ценности (рис. 3).

Практически все исследованные корма, в том числе и импортный, характеризовались высоким содержанием протеина – 52-63 % от сухого вещества. Аналогичный показатель в желточном мешке составлял 56 %. Исключением являлся корм с 10 % гидролизата из салаки, в котором уровень протеина был снижен до 47 %. Высокими энергетическими показателями (в МДж/кг) характеризовались финские и опытные корма на основе рыбной муки с включением белковых гидролизатов из отходов промысла гребешка или фосфолипидов с сапонинами) - 21-23 (калорийность) и 16-18 (обменная энергия), при этом соответствовали таковым желточного мешка - 23 (калорийность) и 17 (обменная энергия) (рис. 3). В опытных кормах, изготовленных на основе рыбного фарша с использованием различного количества гидролизатов из окуня и пшеничных зародышевых хлопьев, эти

значения составляли 18-19 (калорийность) и 13-14 (обменная энергия). Самые низкие энергетические показатели определены в корме с добавлением 10 % гидролизата из салаки: 16 – калорийность и 12 - обменная энергия. Низким уровнем энерго-протеинового отношения (менее 29 кДж/г белка) характеризовались финский корм «Respons» 0,6 мм, опытные корма с витазаром и на основе рыбного фарша с добавками (белковые гидролизаты и пшеничные зародышевые хлопья). В остальных исследованных кормах показатели энерго-протеинового отношения были оптимальными (Краснов, 1988) и соответствовали таковым желточного мешка.

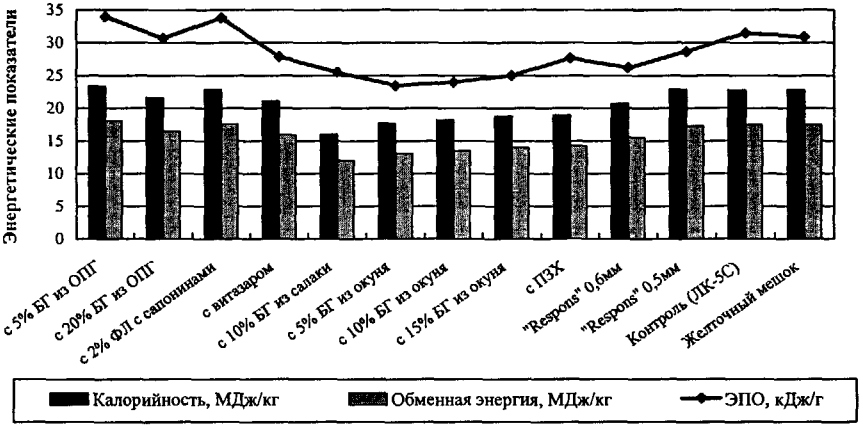


Рис. 3. Энергетические показатели стартовых кормов и желточного мешка атлантического лосося

Распределение энергетических эквивалентов белков в корме с 20 % гидролизата из отходов промысла гребешка и содержимом желточного мешка свободных эмбрионов атлантического лосося было схожим: 53 и 55 %, соответственно, всей обменной энергии образовывалось за счет белка. Максимальное количество энергии за счет белка отмечено в кормах с включением 5-15 % гидролизата из окуня (71-79 %), минимальное - в кормах с 5 % гидролизата из отходов промысла гребешка и с 2 % фосфолипидов с сапонинами (по 49 %). Известно, что комбикорма, содержащие 55-65 % калорий за счет белка, являются наиболее эффективными (Гамыгин и др., 2001; Остроумова, 2001).

В липидах стартовых кормов количество насыщенных жирных кислот (в % от суммы) изменялось в диапазоне от 18 до 31, полиненасыщенных – от 17 до 32 (в корме с 10 % гидролизата из салаки – 59); мононенасыщенных – от 46 до 59 (в корме с 10 % гидролизата из салаки – 23) (рис. 4а). Отличие качественного состава липидов корма с 10 % гидролизата из салаки от остальных вариантов кормов, выраженное в различном соотношении моно- и

полиненасыщенных жирных кислот, обусловлено доминированием растительного компонента (59 % подсолнечного шрота), в котором отмечен высокий уровень линолевой кислоты (до 52 % от суммы). Среди представленных вариантов опытный корм с включением 2 % фосфолипидов с сапонинами характеризовался самым высоким содержанием полиеновых жирных кислот (32 % от суммы). В этом корме их уровень был в 1,4 раза выше, чем в желточном мешке, и в 1,6 раз выше, чем в финском корме (рис. 4а).

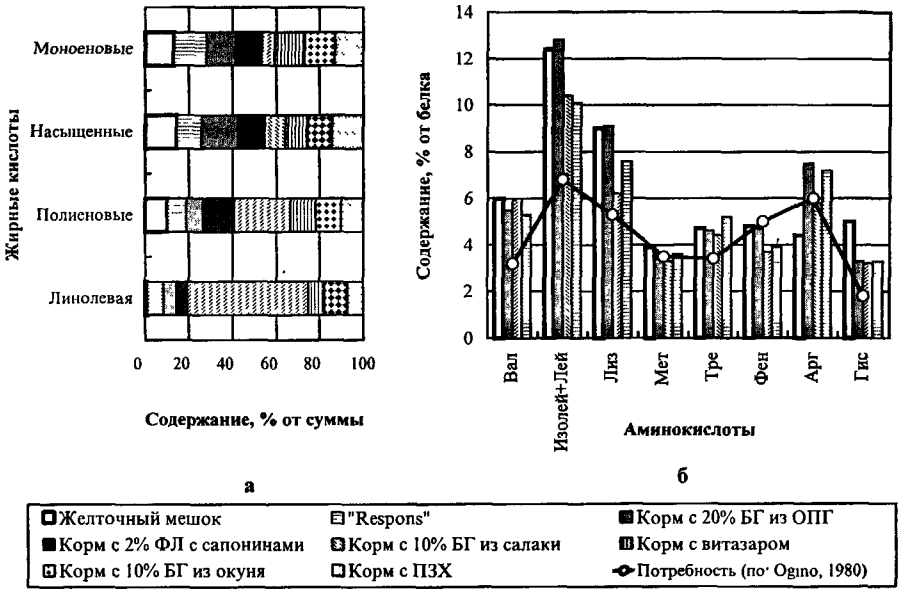


Рис. 4. Жирнокислотный (**а**) и аминокислотный (**б**) состав исследованных комбикормов и содержимого желточного мешка атлантического лосося

Наибольшим количеством линоленовой кислоты отличались липиды опытных кормов, что обусловлено высокой концентрацией этой кислоты в использованных растительных компонентах, получаемых из зародышей пшеницы, сои и подсолнечника, а также их количеством в комбикормах (30-59 %). Так, в корме с пшеничными зародышевыми хлопьями количество линоленовой кислоты было в 2 раза выше, чем в финском корме и в 4 раза выше, чем в желточном мешке. В остальных вариантах опытных кормов ее количество изменялось в пределах 0,2-0,3 %, а в кормах с 10 % гидролизата из салаки и с витазаром эта кислота присутствовала в следовых количествах. Сумма других длинноцепочных ω-3 жирных кислот в опытных кормах

изменялась от 3 до 8 %, а в корме с 2 % фосфолипидов с сапонинами достигала 25 %.

Доминирующей фракцией в общих липидах комбикормов являлись триацилглицерины, содержание которых изменялось от 38 до 57 % от суммы липидов. Максимальным количеством этих соединений отличились липиды корма с витазаром. В этом корме уровень триацилглицеринов был на 6-8 % выше по сравнению с финским кормом. Фосфолипиды в исследованных кормах изменялись в пределах от 19 до 35 % от суммы липидов. Основную массу всех фосфолипидов составляли фосфатидилхолин (ФХ) и фосфатидилэтаноламин (ФЭА), уровень которых изменялся в широком диапазоне - от 7 до 24 и от 3 до 9 % соответственно. Наибольшим количеством фосфолипидов отличался корм с 2 % фосфолипидов с сапонинами, в котором их уровень в 1,5 раза был выше, чем в финском корме.

Таким образом, липиды стартовых комбикормов характеризовались высоким содержанием триацилглицеринов и стеринов в сумме с их эфирами, являющихся запасными липидами, а также фосфолипидов, играющих значительную роль в утилизации белков наряду с остальными не менее важными функциями. Качественный и количественный состав липидов кормов позволял обеспечить быстрый рост молоди атлантического лосося (Абросимова и др., 1987) и соответствовал составу липидов мелкого зоопланктона (Руденко, 1973; Остроумова, 2000). Белок исследованных кормов был полноценен и сбалансирован по составу аминокислот (Ogino, 1980) (см. рис. 4б). Содержание водорастворимых белковых соединений в кормах с использованием 5 и 20 % гидролизата из отходов промысла гребешка по сравнению с контролем без БАД повысилось на 8 и 38 % соответственно (рис. 5, табл. 2). Добавление в опытные корма 5 и 20 % белковых гидролизатов позволило обеспечить в них более высокое содержание низкомолекулярных пептидов (ММ менее 2 кДа) по сравнению с контролем - на 5 и 26 % соответственно.

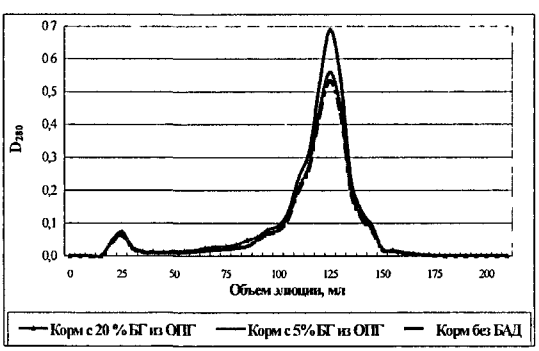


Рис. 5. Профиль элюции водорастворимых белковых компонентов стартовых кормов

Таблица 2

Соотношение водорастворимых веществ белковой природы в кормах, % к контролю

Корм	Фракция				Всего водорастворимых белковых веществ
	< 2 кДа	2- 4 кДа	4-150 кДа	>150 кДа	
Контроль (ЛК-5С)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Корм с 5 % БГ из ОПГ	105,34	106,52	120,00	101,16	108,16
Корм с 20 % БГ из ОПГ	126, 56	139,45	121,03	127,91	138,10

Установлено сходное количество свободных аминокислот в корме с 20 % гидролизата и желточном мешке (3,3 и 3,4 % от сухого вещества соответственно). В контрольном корме их было в три раза меньше.

Таким образом, изменение качественного и количественного состава белков опытных кормов обусловлено использованием гидролизатов. Введение в корм 20 % белкового гидролизата позволило, с одной стороны, повысить содержание свободных аминокислот до их уровня в желточном мешке свободных эмбрионов атлантического лосося, с другой - увеличить общее содержание водорастворимых белков и легкоусвояемых низкомолекулярных пептидов.

Глава 4. Эффективность введения в комбикорма компонентов *биологически активного действия при выращивании ранней молоди* атлантического лосося

4.1. Анализ рыбоводных показателей рыб, выращенных на опытных кормах по сравнению с импортными аналогами

Смертность личинок рыб в период перехода к активному питанию обусловлена становлением морфологической и функциональной организации пищеварительной системы, истощением запасов питательных веществ желточного мешка и низкой переваривающей способностью желудочно-кишечного тракта на этом этапе развития рыб. Определяющими факторами высокой смертности личинок рыб на рыбоводных заводах, при условии соблюдения биотехники выращивания, являются резкий перепад или понижение температуры воды ниже оптимума и использование неэффективных комбикормов.

Некоторые рыбоводные показатели выращивания молоди атлантического лосося представлены в таблице 3. Установлено повышение выживаемости личинок и мальков при выращивании их на кормах с белковыми гидролизатами, по сравнению с рыбой на финском корме (опыт 2000 г.). При этом выживаемость рыб, питавшихся опытными кормами, по сравнению с рыбой, получавшей финский корм, возрастала на 10 и 23 % с увеличением дозы гидролизата в корме с 5 до 20 % соответственно. Различий в выживаемости (при $p \leq 0,05$) между группами рыб, выращенных

на других вариантах опытных кормов, в сравнении с финским «Respons», не обнаружено (опыты 2001- 2002 гг.).

Таблица 3

Рост и выживаемость молоди атлантического лосося при выращивании на различных комбикормах

Вариант корма	Показатель						
	Масса, мг (M±tm)		**Прирост массы**			**Выживаемость**	
	начальная	конечная	%	среднесуточный, %	% к контролю	%	% к контролю
Опыт 2000 г. (с 03.06 по 20.07).							
Корм с 5 % БГ	144±6	277±14	92	1,3	117	14,1	83
Корм с 20 % БГ	144±6	214±21	49	0,8	90	26,7	158
Корм с 2 % ФЛ	144±6	272±27	89	1,3	115	2,2	13
Контроль (ЛК-5С)	144±6	237±17	65	1,0	100	16,9	100
"Respons" 0,6 мм	144±6	313±29	117	1,6	132	4,1	24
Опыт 2001 г. (с 16.06 по 24.09)							
Корм с витазаром	255±10	1027±134	303	2,2	102	91,7	102
"Respons" 0,6 мм	255±10	1004±145	294	2,2	100	90,2	100
Опыт 2001 г. (с 01.06 по 22.06)							
Корм с 10 % БГ из салаки	149±67	252±116	69	2,5	95	97,3	102
"Respons" 0,6 мм	149±67	264±131	77	2,7	100	95,1	100
Опыт 2000 г. (10.06 по 02.07)							
Корм с 5 % БГ	151±4	240±20	59	2,0	73	97,8	100
Корм с 10 % БГ	151±4	305±13	102	3,1	93	98,5	100
Корм с 15 % БГ	151±4	301±14	99	3,0	91	98,5	100
Корм с ПЗХ	151±4	300±11	99	3,0	91	98,8	101
"Respons" 0,5 мм	151±4	329±27	118	3,4	100	98,2	100

Отмечено увеличение выживаемости личинок атлантического лосося с введением в корм 20 % гидролизата из отходов промысла гребешка (на 58 % по отношению к контрольной группе рыб на корме ЛК-5С). Различия в выживаемости между контрольной и опытной молодью, питавшейся кормом с 5 % этого же гидролизата, были несущественны. Наименьшей выживаемостью личинок среди исследованных рыб характеризовалась молодь, выращенная на корме с 2 % фосфолипидов с сапонинами. Это, по-видимому, обусловлено высокой концентрацией сапонинов в корме (35 мг/кг).

Анализ рыбоводных показателей показал, что темп роста рыб, выращенных на финском корме, был на 5-32 % выше, чем у опытных рыб на кормах с БАД. В период перевода молоди атлантического лосося на активное питание при низкой температуре воды (7-9 °С) среднесуточный прирост массы рыб на отечественных и импортных кормах характеризовался относительно низкими значениями и варьировал в пределах 0,8-1,6 % (опыт 2000 г.). К концу опытного кормления (через 47 сут) наименьшей средней массой характеризовались мальки, выращенные на корме с 20 % гидролизата

из отходов промысла гребешка и контроле (ЛК-5С). Относительный прирост массы рыб на указанных кормах в сравнении с финским кормом был ниже на 52 и 68 % соответственно (см. табл. 3).

В период выращивания молоди атлантического лосося при оптимальной температуре воды (12 °С и выше) среднесуточный прирост массы рыб на опытных кормах увеличился до 2,2-3,1 % и незначительно отличался от такового у молоди, выращенной на финском корме (опыты 2001-2002 гг.). Относительный прирост массы рыб, питавшихся финским кормом, на 8 % превосходил аналогичный показатель опытных рыб на корме с 10 % гидролизата из салаки и в то же время был на 9 % ниже, чем на корме с витазаром (см. табл. 3).

Таким образом, результаты исследования свидетельствовали о положительном эффекте использования в комбикормах белковых гидролизатов из салаки или окуня и продуктов из зародышей пшеницы при выращивании ранней молоди атлантического лосося на рыборазводных заводах Мурманской области и Карелии. Это подтверждено данными отечественных и зарубежных исследователей, которые отмечали повышение результативности выращивания ранней молоди различных видов рыб при использовании в комбикормах гидролизованных продуктов, витазара и пшеничных зародышевых хлопьев (Остроумова и др., 1980; Канидьев и др., 1986; Ильина, Турецкий, 1988; Пономарев, 1995; Berge, Storebakken, 1996; Шмаков и др., 1997; Пономарев, Зубкова, 1999; Абросимова, Саенко, 2001).

Введение в опытные комбикорма белковых гидролизатов, содержащих большое количество легкоусвояемых низкомолекулярных пептидов, способствовало увеличению выживаемости личинок атлантического лосося. Меньшая продуктивность корма с 20 % гидролизата, по сравнению с финским аналогом, компенсировалась более высокой выживаемостью личинок (в 6,5 раза). По нашему мнению, более низкие продукционные свойства опытных кормов, по сравнению с импортными аналогами, могут быть обусловлены, во-первых, различиями качественного состава используемых гидролизатов (степень гидролиза и фракционный состав белков), во-вторых, количеством гидролизатов в корме.

4.2. Сравнительный анализ биохимических показателей рыб, выращенных на исследованных комбикормах

Эффективность кормов определяется не только такими показателями, как выживаемость и прирост массы, но и трансформацией питательных веществ в теле рыб. Так, жирность выращиваемых рыб за период опытного кормления изменялась в широком диапазоне - от 6 до 24 % от сухого вещества. Уровень протеина в теле рыб варьировал от 59 до 74 % от сухого вещества, при этом как максимальное, так и минимальное его содержание отмечено в теле рыб, выращенных на финском корме (табл. 4).

Таблица 4

Изменение химического состава молоди атлантического лосося за период опытного кормления

Опыт		Рыбоводный материал	Химический состав, %			
			Влага	В сухом веществе		
				Липиды	Протеин	Зола
Опыт 2000 г.		Личинки до опытного кормления	79,8	14,4	67,8	6,9
		Молодь в конце опытного кормления на различных кормах:				
		Корм с 5 % БГ из ОПГ	81,7	17,5	68,3	8,7
		Корм с 20 % БГ из ОПГ	82,3	11,3	68,4	9,6
		Корм с 2 % ФЛ с сапонинами	79,5	16,6	71,2	10,2
		Контроль (ЛК-5С)	80,4	16,8	67,3	9,7
		Финский корм "Respons" 0,6 мм	79,0	16,7	66,2	9,0
Опыты 2001 г.	1 серия	Личинки до опытного кормления	82,2	11,8	70,8	6,7
		Молодь в конце опытного кормления на различных кормах:				
		Корм с 10 % БГ из салаки	82,4	6,3	72,7	9,1
		Финский корм "Respons" 0,6 мм	84,4	7,7	74,0	8,3
	2 серия	Личинки до опытного кормления	87,0	10,0	73,1	10,0
		Молодь в конце опытного кормления на различных кормах:				
		Корм с витазаром	77,9	16,7	64,7	9,0
		Финский корм "Respons" 0,6 мм	76,2	21,0	59,2	8,4
Опыт 2002 г.		Личинки до опытного кормления	80,8	17,7	74,0	6,3
		Молодь в конце опытного кормления на различных кормах:				
		Корм с 5 % БГ из окуня	79,3	18,2	70,6	10,7
		Корм с 10 % БГ из окуня	79,7	17,7	72,9	9,4
		Корм с 15 % БГ из окуня	79,6	17,5	73,5	9,0
		Корм с 30 % ПЗХ	79,2	15,4	74,5	9,6
		Финский корм "Respons" 0,5 мм	80,1	23,7	67,7	9,1

Сравнительный анализ не показал четкого влияния уровня содержания основных питательных веществ в корме на аналогичные показатели в теле рыб (рис. 6). Высокое содержание протеина отмечено у рыб, выращенных на кормах, изготовленных без использования рыбной муки: с 5-15 % гидролизата из окуня или салаки. Высоким уровнем липидов характеризовалась в основном молодь, выращенная на финском корме. Низкое содержание липидов отмечено в теле рыб на кормах с 10 % гидролизата из салаки и с 20 % гидролизата из отходов промысла гребешка. Другие варианты кормов различались содержанием протеина и липидов, что не оказывало существенного влияния на изменение их количества в теле рыб. На основании этих данных можно констатировать, что ассимиляция основных питательных веществ в теле рыб определяется совокупностью параметров, среди которых ведущую роль играют качественный состав в кормах протеина и липидов, их концентрация и соотношение. Энергетическая ценность стартовых кормов не является основным фактором, влияющим на трансформацию питательных веществ в теле рыб.

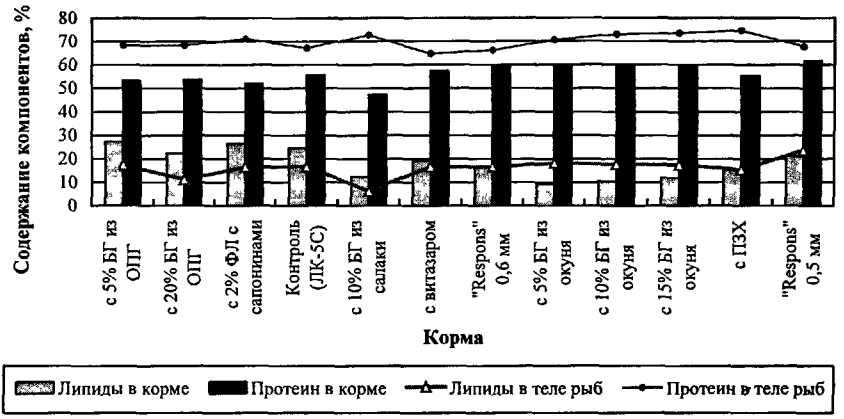


Рис. 6. Содержание протеина и липидов в стартовых кормах и в теле рыб

Важное значение в ассимиляции незаменимых компонентов питания в организме рыб имеет совокупность следующих параметров: отношения протеина к липидам и концентрации в кормах биологически активных веществ - фосфолипидов, витаминов, полиненасыщенных жирных кислот семейства ω-3, каротиноидов и др. Так, за период опытного выращивания личинок и мальков атлантического лосося на финском корме «Respons» содержание насыщенных жирных кислот в теле рыб увеличилось на 7 %. Совершенно иная тенденция отмечена в отношении мононенасыщенных жирных кислот: за период опытного кормления их количество уменьшилось на 5 % в липидах рыб, выращенных на финском корме, и на 8 % – на корме с 10 % гидролизата из салаки. Существенное увеличение (с 27 до 37 %) полиеновых жирных кислот определено в теле молоди, выращенной на корме с 10 % гидролизата из салаки, в основном за счет линолевой кислоты (10 % от суммы) при содержании в мышцах дикой молоди лосося полиеновых и линолевой жирных кислот - 38 и 4 % соответственно (Болгова и др., 1976). Наибольшее количество линолевой кислоты установлено в липидах рыб на корме с витазаром (12 %) при уровне полиеновых - 25 % от суммы жирных кислот. Изменение жирнокислотного состава в общих липидах опытной молоди, выраженное в снижении уровня моно- и полиненасыщенных ω-3 жирных кислот, а также в увеличении количества насыщенных и полиненасыщенных ω-6 жирных кислот, в частности линолевой, обусловлено составом липидов стартовых комбикормов. Наибольшее отличие от всех вариантов выращивания по содержанию основных фракций жирных кислот отмечено в теле рыб, питавшихся кормом с 10 % гидролизата из салаки. Отношение полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным в липидах исследованных рыб в основном составляло

1,1-1,4 и соответствовало их распределению в мышцах речной молоди атлантического лосося (Болгова и др., 1976).

Доминирующими фракциями общих липидов исследованных рыб являлись фосфолипиды и триацилглицерины. Количество фосфолипидов в теле личинок атлантического лосося изменялось в пределах от 21 до 56 % от суммы липидов. К концу выращивания рыб на финском корме и опытном корме с витазаром уровень указанных соединений понизился на 62 и 60 % соответственно. Существенное повышение (в 1,9-4,4 раза) количества триацилглицеринов отмечено в липидах рыб, выращенных на финском корме. Это обусловлено высоким содержанием этих соединений в указанном корме (до 52 % от суммы липидов). Установлено увеличение количества триацилглицеринов в теле рыб, питавшихся кормом с витазаром, при относительно низком уровне этих соединений в корме (19 % от общей суммы). Наши результаты согласуются с данными отечественных исследователей, что в липидах молоди, выращенной в искусственных условиях, отмечается более высокий уровень стеринов и их эфиров по сравнению с речной рыбой (Крохин и др., 1983). Существенные различия в содержании некоторых жирных кислот, входящих в состав общих липидов связаны с характером пищи. Так, анализ полученных данных по изменению содержания жирорастворимых витаминов и каротиноидов свидетельствует об изменении качественного состава липидов рыб в процессе выращивания, что обусловлено главным образом составом искусственных кормов. Результаты выращивания рыб других видов на искусственных кормах свидетельствуют о влиянии качественного и количественного их состава на биохимические показатели рыб (Болгова и др., 1977; Takeuchi, Wananabe, 1979; Сидоров, 1983; Нефедова, 1984; Steffens, 1989; Маслобойщиков, 1997; Storebakken, 1995; Яржомбек, 1998; Сергеева, Нефедова, Ломако, 1999).

ВЫВОДЫ

1. Изучение состава содержимого желточного мешка эмбрионов атлантического лосося показало, что содержание протеина и липидов в сухом веществе составляет 56,5 и 23,9 % соответственно. Это обеспечивает показатели валовой и обменной энергии 22,8 и 17,4 МДж/кг соответственно при энерго-протеиновом отношении – 30,9 кДж/г белка. На долю аминного азота в желточном мешке приходится 0,5 % при средней степени гидролиза белков - 11,6 %. В общих липидах желточного мешка преобладают мононенасыщенные жирные кислоты (до 51 % от общей суммы), триацилглицерины (до 55 % от суммы липидов) и фосфолипиды (до 26 %). Эти данные были взяты за основу при разработке рецептур комбикормов для ранней молоди атлантического лосося.

2. Белковые гидролизаты из морских гидробионтов содержат от 6 до 19 % липидов и от 66 до 76 % протеина с полноценным набором аминокислот. Белки исследованных гидролизатов характеризуются высоким

содержанием низкомолекулярных пептидов с ММ менее 2 кДа (до 95 %). Пшеничные зародышевые хлопья и витазар содержат до 36 % полноценного протеина и от 7 до 12 % липидов с благоприятным соотношением полиеновых жирных кислот, количество которых достигает 70 % от суммы, из них линоленовая кислота составляет 8 %. Отмеченные нами биохимические показатели обусловили целесообразность использования в комбикормах новых компонентов биологически активного действия.

3. Для ранней молоди атлантического лосося оптимальный уровень введения в комбикорма белковых гидролизатов (со степенью расщепления белков 16-17 %) составляет 10 % от массы корма и 30 % - для витазара и пшеничных зародышевых хлопьев. Высокая концентрация (35 мг/кг) сапонинов в корме с 2 % фосфолипидов отрицательно влияет на выживаемость личинок атлантического лосося.

4. Рыбная мука в комбикормах для ранней молоди атлантического лосося может быть полностью заменена рыбным фаршем и новыми компонентами биологически активного действия, полученных с применением технологии сушки в виброкипящем слое. Новая технология изготовления корма позволяет повысить биологическую ценность кормового сырья за счет сохранения жизненно важных аминокислот, полиеновых жирных кислот, витаминов, каротиноидов и других БАВ.

5. Энергетическая ценность комбикормов на основе рыбной муки с добавками соответствует показателям желточного мешка эмбрионов атлантического лосося и финского корма «Respons» (21-23 МДж/кг). Энерго-протеиновое отношение в этих кормах изменяется от 29 до 31 кДж/г белка и в основном превосходит эти показатели финского корма. Калорийность кормов на основе рыбного фарша с добавками составляет 18-19 МДж/кг и обуславливает понижение энерго-протеинового отношения ниже оптимального 24-29 кДж/г белка. Уровень фосфолипидов в кормах изменяется от 19 до 35 % от суммы липидов, полиеновых жирных кислот - от 17 до 59 % при содержании ω-3 жирных кислот - от 6 до 27 % от суммы. Белок всех вариантов стартовых кормов сбалансирован по аминокислотному составу и соответствует их уровню в желточном мешке свободных эмбрионов атлантического лосося.

6. Более низкий прирост массы рыб, выращенных на опытных кормах с различными добавками по сравнению с финским кормом компенсируется более высоким уровнем выживаемости личинок атлантического лосося в период смешанного питания. Максимальный эффект при кормлении молоди атлантического лосося новыми кормами, обогащенными гидролизатами, наблюдается при низкой температуре выращивания (7-9 °С).

Выживаемость ранней молоди атлантического лосося возрастает в 3,5 и 6,5 раза при использовании в стартовых кормах соответственно 5 и 20 % гидролизата из отходов исландского гребешка в сравнении с аналогичными показателями рыб, выращенных на импортном корме.

Использование в комбикормах 5 % гидролизата из отходов исландского гребешка увеличивает прирост массы рыб на 17 % по сравнению с отечественным лососевым кормом ЛК-5С, не проявляя сходного влияния на выживаемость рыб. Увеличение до 20 % концентрации гидролизата в комбикорме обуславливает повышение (на 58 %) выживаемости рыб в сравнении с кормом ЛК-5С, не оказывая положительного влияния на темп роста выращиваемой молоди.

7. Лучшие рыбоводно-биологические и биохимические показатели атлантического лосося при переводе рыб на активное питание получены на малокомпонентном корме, в рецептуру которого входят 10 % белковых гидролизатов из окуня или салаки и около 30 % витазара или пшеничных зародышевых хлопьев. Результаты исследования позволяют рекомендовать этот корм для промышленного выращивания молоди лососевых рыб на рыбоводных заводах Северо-Западного региона России, так как по эффективности он не отличается от финского корма.

Практические рекомендации

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать использование новых видов сырья: ферментативные белковые гидролизаты (с глубиной гидролиза 16-17 %), полученные из отходов гидробионтов, и витазар или пшеничные зародышевые хлопья в комбикормах, предназначенных для выращивания ранней молоди атлантического лосося.

Стартовые корма для лососевых рыб следует дополнительно обогащать рыбьим жиром, витаминами и минералами. Технологическая схема промышленного производства стартовых комбикормов с использованием новых видов сырья должна включать следующие основные операции: очистка сырья, дозирование, измельчение, ферментативный гидролиз белков сырья из отходов гидробионтов, гранулирование (экструдирование), сушка в виброкипящем слое, обогащение жиром, сепарация крупок по размерам, упаковка готовой продукции.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Мухин В. А., Мухина И. Н., Лебская Т. К. Оценка автолиза белка в гепатопанкреасе камчатского краба *Paralithodes camtschatica* методом гельфильтрации //Изв. ТИНРО.- Владивосток, 1999.- Т. 125.- С. 249-253.

2. Лебская Т.К., Мухина И. Н. Эффективность биологически активных добавок в стартовых кормах для атлантического лосося //Марикультура Северо-Запада России: Тез. докл. науч.-практ. конф.: Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2000.- С. 30-31.

3. Мухин В. А., Новиков В. Ю., Лебская Т. К., Мухина И. Н. Влияние введения низкомолекулярных белковых компонентов в стартовые корма на выживаемость молоди атлантического лосося *Salmo salar* //Корма и

кормление рыб: Информ. пакет/ ВНИЭРХ. – М., 2001.- Вып. 3.- С. 1-12.

4. Мухина И. Н., Лебская Т. К., Мухортова А. М., Шаповалова Л. А. Совершенствование рецептур стартовых кормов для атлантического лосося *Salmo Salar* //Материалы конф. молодых ученых, посвященных 80-летию ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – С. 88-99.

5. Мухина И. Н. Сравнительный анализ эффективности финского и отечественного стартовых кормов для молоди лососевых //Проблемы аквакультуры и функционирования водных экосистем: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. молодых учен.– Киев, 2002.- С. 44-46.

6. Мухина И. Н. Оценка эффективности стартовых кормов различной энергетической ценности //Тез. докл. Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 140-летию со дня рожд. Н. М. Книповича - Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002.- С. 143-145.

7. Мухина И. Н., Двинин М. Ю. Сравнительная характеристика импортного и малокомпонентного отечественного экструдированного стартовых кормов для семги //Тез. докл. Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 140-летию со дня рожд. Н. М. Книповича - Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002.- С. 145-146.

8. Мухина И. Н. Сравнение состава и эффективности финского стартового корма Respons и отечественных аналогов, содержащих белковые гидролизаты //Проблемы воспроизводства, кормления и борьбы с болезнями рыб при выращивании в искусствен. условиях: Материалы науч. конф.- Петрозаводск: Изд-во ПГУ, 2002.- С. 184-188.

9. Мухин В. А., Мухина И. Н., Новиков В. Ю. Влияние температуры воды на смертность молоди семги *Salmo salar* в раннем онтогенезе //Тез. докл. Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 140-летию со дня рожд. Н. М. Книповича - Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002.- С. 147-148.

10. Мухин В. А., Новиков В. Ю., Лебская Т. К., Мухина И. Н. Динамика выживаемости молоди атлантического лосося *Salmo salar* при введении в стартовые корма ферментативных белковых гидролизатов //Биоресурсы и аквакультура в прибрежных районах Баренцева и Белого морей: Сб. науч. тр./ПИНРО.- Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002.- С. 186-196.

11. Мухин В. А., Новиков В. Ю., Мухина И. Н. Влияние температуры воды на смертность молоди атлантического лосося Salmo salar в условиях искусственного разведения //Вопросы ихтиологии, 2003.- Т. 43, № 1.- С. 136-138.

Подписано в печать 30.10.03.
Уч.-изд. л. 1,7. Усл. печ. л. 1,5
Заказ № 19

Формат 60x84/16
Тираж 140 экз.

2003-A
18252

18252