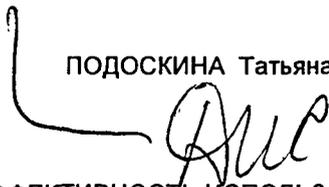


На правах рукописи

ПОДОСКИНА Татьяна Анатольевна



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОВ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ
РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *ONCORHYNCHUS MYKISS*

Специальность 03.00.10 - ихтиология

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата биологических наук

Москва 1996



Работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ)

Научный руководитель: доктор биологических наук,
старший научный сотрудник ГАМЫГИН Е.А.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
старший научный сотрудник КОРНЕЕВ А.Н.
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник КИСЕЛЕВ А.Ю.

Ведущая организация: Московский государственный университет
им.М.В.Ломоносова (МГУ)

Защита диссертации состоится 28. января 1997 года в 11 часов
на заседании диссертационного совета Д 117.04.01 при Всероссийском
научно-исследовательском институте прудового рыбного хозяйства
(ВНИИПРХ) по адресу: 141821, Московская обл., Дмитровский район,
пос. Рыбное

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИИПРХ

Автореферат разослан 15. февраля 1996 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, кандидат биологических наук

Трямкина С.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Товарное выращивание радужной форели *Oncorhynchus mykiss* базируется на использовании комбикормов, основанных на компонентах животного происхождения. Одним из путей снижения затрат на корма является частичная замена животного белка и жира на более дешевое углеводистое сырье растительного происхождения. Впервые принципиальная возможность использования углеводов в качестве источника энергии в кормах для лососевых рыб была показана около полувека назад (Phillips et al., 1948). Впоследствии было убедительно продемонстрировано, что предварительная водно-тепловая обработка крахмала либо крахмалосодержащих компонентов перед введением в комбикорм значительно повышает эффективность их утилизации радужной форелью (Kaushik, Oliveira-Teles, 1985; Vossignone, 1989). В то же время, вопрос, какой именно режим обработки сырья является оптимальным для усвоения рыбой, так и остался открытым. В современном кормопроизводстве с целью повышения доступности углеводов успешно применяется экструзия (Шустин, 1987), однако использование этого технологического приема для обработки всей кормосмеси, во-первых, не позволяет вычлнить ее воздействие именно на углеводную составляющую, а, во-вторых, накладывает определенные ограничения на содержание белковых компонентов из-за негативного влияния подобной обработки на последние (Исаев, 1985). Наконец, применяемые в практическом форелеводстве витаминные премиксы (Кандидьев, Гамыгин, 1976; Гамыгин и др., 1989) были разработаны для комбикормов, содержащих углеводы, главным образом, в виде нативного крахмала, и нет уверенности, что состав этих премиксов окажется оптимальным также и для комбикормов с высоким уровнем легкопереваримых углеводов. Эти нерешенные проблемы и определили основные задачи данного исследования.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы было изучение возможностей наиболее эффективного использования углеводов растительного происхождения в качестве источника метаболической энергии в рационах для радужной форели. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- определить оптимальные для усвоения рыбой режим обработки и уровень крахмала в рационе;
- сравнить разные виды технологической обработки зерна;
- сравнить различные зерновые злаки в качестве основного источника углеводов в составе комбикорма;
- изучить влияние биологически-активных веществ и синтетических аминокислот на продукционные свойства комбикормов с высоким содержанием углеводов.

Научная новизна. Впервые физико-химические характеристики различных модификаций крахмала детально сопоставлены с их переваримостью и эффективностью утилизации радужной форелью. Установлено, что принципиально важным для усвоения рыбой является разрушение крахмального зерна, что достигается водно-тепловой обработкой крахмала при температуре 120-134°C. В широком диапазоне энергопротеинового отношения проведено сравнение энергетических эквивалентов желатинизированного крахмала и жира в составе рационов. Предложен метод оценки эффективности добавок к корму различных веществ с помощью нового показателя "ростовой эффект добавки" и на примере добавок к корму разных источников энергии (крахмала и жира) показана высокая информативность этого показателя при анализе результатов экспериментов. Установлено соотношение питательных веществ в рационе, обеспечивающее наиболее эффективную утилизацию форелью углеводов растительного происхождения. Проведено сравнение ряда методов обработки зерна злаков, как уже применяемых в кормопроизводстве, так и нетрадиционных. Впервые на радужной форели испытан хром-витаминный комплекс и показано его положительное влияние на усвояемость комбикорма с высоким содержанием углеводов. Выявлены новые аспекты негативного влияния сырого крахмала корма на физиологическое состояние рыб.

Практическое значение. Сравнительное исследование различных способов предварительной обработки крахмалистого сырья показало равноценность варки при 120°C, экструзии и микроволнового нагрева с точки зрения эффективности использования корма рыбой на прирост. Это позволяет осуществлять конкретный выбор метода в зависимости от условий и требуемых объемов производства корма. Продемонстрирована возможность широкого использования наиболее доступных видов злаков (пшеницы, кукурузы, ячменя, овса) в практике кормления форели.

На основании проведенных исследований был сформирован производственный комбикорм РГМ-ФЛ следующего состава: рыбная мука - 56,5%, экструдированная зерновая смесь (кукуруза, ячмень и пшеница) - 42%, премикс ПФ-2В - 1% и витаминно-минеральная добавка (комплекс витаминов С, В₃, В₅, В₆ и В₁₂ и Cr₂(SO₄)₃) - 0,5%. Производственные испытания этого корма, проведенные на форелевом хозяйстве "Копанское" р/к "Прогресс" (Ленинградская область), показали его высокую эффективность.

Апробация работы. Материалы диссертации были представлены на Всесоюзном совещании "Современное состояние и перспективы развития прудового рыбоводства" (Рыбное, 1987), на секции рыбных биоресурсов и экологии гидробионтов научной конференции НПО по рыбоводству и ВЗИПП (Рыбное, 1989), на VII Всесоюзной конференции "Экологическая физиология и биохимия рыб" (Ярославль, 1989).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 работ.

Объем и структура работы. Диссертация включает введение, обзор литературы, описание материала и методики, результатов опытов и их обсуждения, выводы, практические рекомендации, список литературы и приложение. Работа изложена на 138 страницах машинописного текста, содержит 20 таблиц и 21 рисунок. Список литературы включает 167 источников, в том числе 51 иностранный.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. Обзор литературы

В естественной пище радужной форели содержание углеводов, представленных, главным образом, гликогеном, обычно не превышает 20% (Ананичев, 1961; Ирискина, 1984; Voag, 1987). В практике промышленного форелеводства в качестве источников углеводов в комбикормах выступают, главным образом, растительные компоненты, основным питательным веществом которых служит крахмал (Канидьев, Гамыгин, 1977). Крахмал не является химически индивидуальным веществом. Он состоит из двух различных полисахаридов - амилозы, представленной линейными или слабо разветвленными молекулами, и амилопектина, характеризующегося сильной разветвленностью молекул и наличием внутримолекулярных связей. Амилопектин химически сходен с основным углеводом естественной пищи форели гликогеном, но отличается от последнего более длинными промежутками между точками ветвления в молекуле. Более рыхлые молекулы амилопектина теснее контактируют между собой и с молекулами амилозы, образуя в нативном крахмале кристаллические крахмальные зерна. Такая структурированность во многом определяет свойства этого вещества, в том числе, и атакуемость амилазами (Вельш, Шторх, 1976; Степаненко, 1978; Кретович, 1986). Форель способна усваивать углеводы как на пищеварительном, так и на метаболическом уровне, но из-за некоторых особенностей гормональной системы и отсутствия глюкокиназы в печени их утилизация по сравнению со всеядными млекопитающими ограничена, что выражается, в частности, в длительности периода гипергликемии и увеличении массы печени после приема легкопереваримых углеводов (Ushiyama, Fujumori, 1965; Bergot, 1979; Walton, Cowey, 1982). Некоторые авторы относят форель к естественным диабетикам (Palmer, Ryan, 1972).

Переваримость сырого крахмала форелью не превышает 55%. После предварительной тепловой или водно-тепловой обработки крахмал переваривается значительно лучше, а переваримость глюкозы и сахарозы близка к 100% (Singh, Nose, 1967; Bergot, Breque, 1983). Корма с желатинизирован-

ным крахмалом либо декстрином используются на рост радужной форелью значительно эффективнее, чем корма с нативным (Tiews et al., 1972; Kaushik, Oliva-Teles, 1985; Kim, Kaushik, 1992; Bergot, 1993), а сведения об эффективности включения в рационы сахаров противоречивы (Pieper, Pfeffer, 1980; Hilton, Atkinson, 1982). Сравнительные данные о влиянии различных методов предварительной обработки крахмала на переваримость и эффективность кормления форели отрывочны (Smith, 1971; Hartfiel et al., 1982). При кормлении до насыщения форель способна компенсировать снижение питательной ценности пищи усиленным ее потреблением, в результате чего скорость роста в вариантах с сырым и обработанным крахмалом остается почти одинаковой (Kaushik, Oliva-Teles, 1985; Kim, Kaushik, 1992).

Сведения о сравнительной ценности энергетических эквивалентов жира и легкопереваримых углеводов противоречивы (Plantikow, 1978; Pieper, Pfeffer, 1980). Рекомендации разных авторов относительно допустимого уровня легкопереваримых углеводов растительного происхождения в рационах для радужной форели охватывают весьма широкий диапазон - от 14 до 40%, а при выражении потребления на единицу массы рыбы - от 200 до 700 мг углеводов на 100 г рыбы в сутки (Plantikow, 1978; Bergot, 1979; Pieper, Pfeffer, 1980; Hilton, Atkinson, 1982).

В практике кормления форели в нашей стране обычно основным источником углеводов в комбикормах служит пшеница (Трямкина, 1974; Канидьев, Гамыгин, 1977; Шмаков, 1993). Возможности использования с этой целью других злаков почти совершенно не изучены. Специальные методы обработки высокоуглеводистого сырья оказывают существенное влияние на продуктивное действие комбикормов для рыб. Так, применение экструзии снижает расход корма на прирост рыбы. Этот метод, как правило, используется для обработки всей кормосмеси (Forneris et al., 1982; Vens-Carpell, 1984; Шустин, 1987), реже - лишь для обработки зерна злаков, вводимых затем в кормосмесь (Шмаков, 1988; Voccignone, 1989).

В комбикорма, содержащие высокий уровень сырья растительного происхождения, эффективны добавки лизина и метионина (Канидьев, Скляр, 1977; Маликова, 1978). Данные о достоверном положительном влиянии каких-либо биологически-активных веществ на использование крахмалсодержащего сырья на рост радужной форелью отсутствуют. На теплокровных животных показано положительное влияние на углеводный обмен витаминов С и группы В, а также ионов трехвалентного хрома (Mertz, 1967; Врзула, Ковач, 1986).

Исследования по теме диссертации включают 8 серий опытов, выполненных в период с 1985 по 1995 гг. на Конаковском живорыбном заводе, в лаборатории кормов и кормления рыбы ВНИИПРХ и в НТЦ "Аквакорм" НПО по рыбоводству. Объектами исследования являлись сеголетки, годовики и двухлетки радужной форели. Непосредственному испытанию диет с различными источниками углеводов предшествовали изготовление экспериментальных партий крахмала и зерна злаков и их физико-химический анализ. Результаты опытов оценивали по рыбоводным и морфо-физиологическим показателям (рис. 1).

В заводских условиях рыбу содержали в садках, установленных в прямочные бассейны (температура воды 7-13^oC), в лабораторных условиях - в проточных аквариумах при температуре воды 13-14^oC. Продолжительность выращивания составляла от 22 до 80 дней. Всего испытан 71 вариант диет. Источником углеводов в кормосмесях служили картофельный крахмал или зерно злаков, а основным источником протеина и жира - рыбная мука. Были испытаны различные способы обработки крахмалистого сырья, соответствующие наиболее распространенным технологическим схемам крахмального производства - кислотная модификация, декстринизация, ферментативный гидролиз и водно-тепловая обработка, известная в крахмалопаточной промышленности как "производство набухающих крахмалов". К набухающим относят такие модифицированные крахмалы или крахмалопродукты, которые при контакте с водой поглощают ее значительно больше, чем исходный материал, сильно увеличиваясь при этом в объеме. Получить набухающие крахмалопродукты можно не только с помощью варки, но и используя такие современные технологии как, например, экструзия или микроволновый (СВЧ) нагрев (Каданер, 1969; Гулюк и др., 1985). Все модификации крахмала и зерна в каждой серии опытов были получены из одной и той же партии нативного сырья. Из сырого картофельного крахмала (СК) было изготовлено 6 модификаций, из зерна злаков - 4 модификации.

Крахмал, модифицированный кислотой (КК), был получен обработкой сырого крахмала 1%-ным раствором соляной кислоты при 50^oC; декстрин (Д) - постепенным нагреванием сырого крахмала до 180^oC; ферментолитат пшеницы - в институте ВНИИБиотехника с использованием амилолитических ферментов бактериального и грибного происхождения с предварительной водно-тепловой обработкой при 74^oC. Вареный крахмал в лабораторных условиях получали водно-тепловой обработкой сырого крахмала при 70 (ВК₇₀) и 100^oC (ВК₁₀₀) на водяной бане и при 120 (ВК₁₂₀) и 134^oC (ВК₁₃₄) в автоклаве. Варку зерна проводили при 120^oC в автоклаве, микроволновую

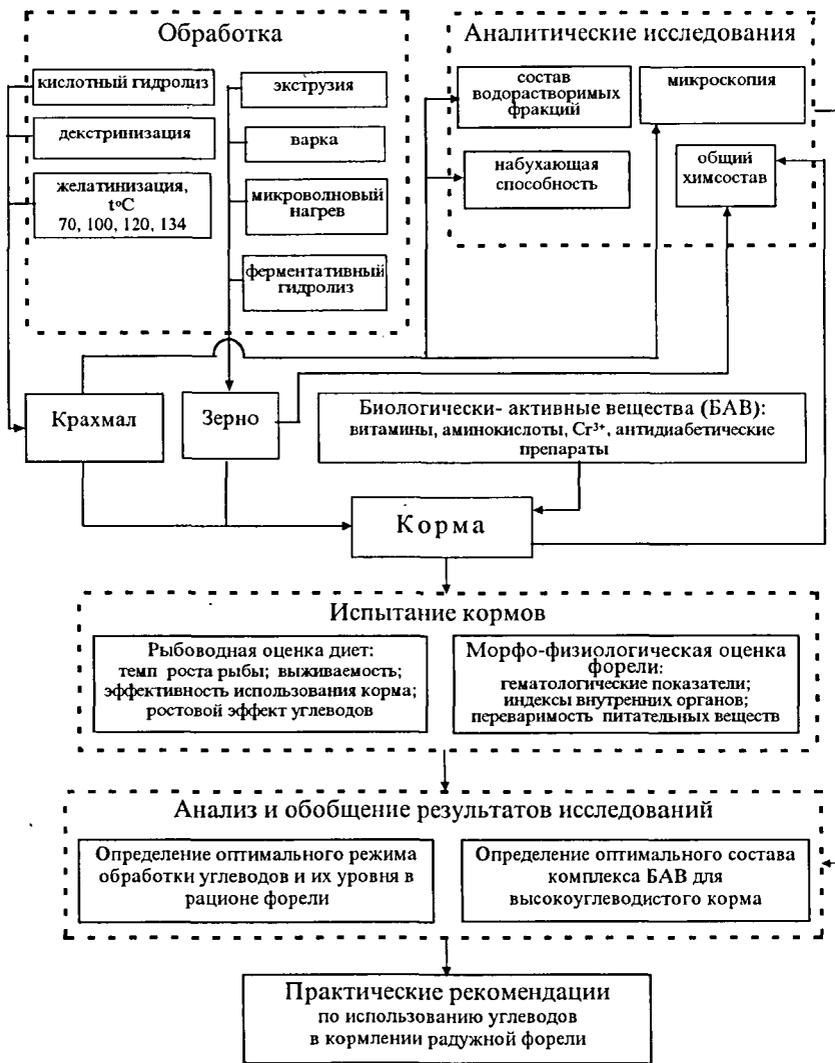


Рис. 1. Общая схема работы по изучению эффективности использования углеводов в комбикормах для радужной форели

обработку - в бытовой печи "Электроника", экструзию - в кормоцехе ВНИИПРХ при 105°C. Все кормосмеси содержали 1% витаминного премикса ПФ-2В (Гамыгин и др., 1989).

Для оценки эффективности использования углеводов в зависимости от обеспеченности протеина энергией были сформированы модельные корма с использованием основной смеси, состоящей из рыбной муки (95%) и желатина (5%), к которой добавляли возрастающие количества жира и крахмала, повышающие обеспеченность протеина корма энергией на величину, кратную 2,75 кДж/г. Кормление рыбы в этой серии опытов осуществлялось таким образом, чтобы она во всех вариантах получала равное количество основной смеси, что дало возможность оценить ростовой эффект добавок, который определяли как разность величины прироста рыбы на корме с добавкой углеводов или жира и прироста на базовом корме без добавки при равном потреблении базового корма, отнесенную к единице общей энергии добавки (рис. 2). Для обеспечения равного потребления основной части корма рыбу в этой серии опытов взвешивали через каждые 5 дней.

Углевод	Добавка на 1 г протеина, кДж				Расчет ростового эффекта добавки (РЭ)
	Жиры				
	0	2,75	5,50	8,25	
0	а) K _{0,0} б) 31,0 в) 8,5	а) K _{0,1} б) 33,7 в) 8,2	а) K _{0,2} б) 26,5 в) 7,9	а) K _{0,3} б) 39,2 в) 7,6	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Базовый корм</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Корм с добавкой</div> </div> $РЭ = \frac{\{ ПР_{i,(j+1)} \text{ или } ПР_{(i+1),j} \} - ПР_{i,j}}{\Delta Д}$ <p>где</p> <p>ПР_{i,(j+1)} или ПР_{(i+1),j} - прирост рыбы на корме с добавкой</p> <p>ПР_{i,j} - прирост за счет базовой части корма с добавкой</p> <p>ΔД - потребление с добавкой общей или усвояемой энергии</p> <p>$ПР'_{i,j} = \frac{ПР_{i,j} \times ПОТ'_{i,j}}{ПОТ_{i,j}}$, где</p> <p>ПР_{i,j} - прирост на базовом корме</p> <p>ПОТ'_{i,j} - потребление базовой части с кормом, содержащим добавку</p> <p>ПОТ_{i,j} - потребление базового корма</p>
2,75	а) K _{1,0} б) 33,7 в) 17,0	а) K _{1,1} б) 26,5 в) 16,4	а) K _{1,2} б) 39,2 в) 15,8		
5,50	а) K _{2,0} б) 26,5 в) 24,1	а) K _{2,1} б) 39,2 в) 23,3	а) K _{2,2} б) 42,0 в) 22,4		
8,25	а) K _{3,0} б) 39,2 в) 30,1				
11,00	а) K _{4,0} б) 42,0 в) 35,1				

Рис. 2. Схема расчета ростового эффекта добавки крахмала и жира в форелевые корма с различной обеспеченностью протеина энергией: а) K_{i,j} - индекс корма, где i - кратность добавки крахмала, j - кратность добавки жира; б) энерготеплотное отношение, кДж/г; в) содержание БЭВ в корме, %

В составе комбикормов с высоким содержанием легкопереваримых углеводов было испытано 20 сочетаний одиннадцати веществ, относящихся к 4 группам: аминокислоты, витамины, минеральные вещества и антидиабетические препараты. При выборе концентраций биологически-активных веществ и синтетических аминокислот, вводимых в кормосмеси, примерным ориентиром служили соответствующие дозы веществ, используемые в рыбоводстве (витамины), испытывавшиеся на рыбах и других животных (аминокислоты, соль хрома) или применяемые в медицинской практике (антидиабетические препараты): лизин - 0,5%, метионин - 0,2%, цикламид - 0,025%, бутамид - 0,05% от массы корма, витамины С и группы В - в количестве, которое обеспечивается введением в кормосмесь 1% витаминного премикса ПФ-2В, сернистый хром - до достижения концентрации ионов Cr^{3+} 5 мг на 1 кг корма. Все комбикорма изготавливали методом влажного гранулирования и сушили при 55°C.

Состояние крахмальных зерен оценивали по водным препаратам крахмала с помощью микроскопа МБР-1. Содержание крахмала в комбикормах определяли энзиматическим методом с помощью глюкоамилазы и глюкозооксидазы (Thivend et al., 1972), глюкозу - глюкозооксидазным методом (Филиппович и др., 1982); редуцирующие вещества - по Шомоди-Нельсону (Somogyi, 1952); мальто-, ахро-, эритро-, амилодекстрины и нерастворимые в спирте водорастворимые углеводы - путем последовательной экстракции пробы соответственно в 80, 70, 55, 25%-ном водном растворе этанола и дистиллированной воде (Mercier, Feillet, 1975) с последующим определением углеводов энзиматическим методом (Thivend et al, 1972); водорастворимые углеводы - как сумму всех вышеназванных экстрактов; коэффициент желатинизации крахмала рассчитывали по массе геля, образующегося из сухого образца в воде при двух температурных режимах (Anderson et al., 1969). Переваримость кормов определяли индикаторным методом с помощью окиси хрома (Щербина, 1964), сырой жир - экстракционным способом в аппаратах Сокслета, сырой протеин - по Кьельдалю (Филлипович и др., 1982), БЭВ - по разности, общую энергию углеводов принимали за 17,2, жира - за 39,6, протеина - за 23,5 кДж/г (Phillips, Brockway, 1959); содержание гемоглобина в крови определяли по Сали (Голодец, 1955), общий белок в сыворотке крови - рефрактометрическим методом (Лиманский и др., 1984).

Опыты проведены в двойной или тройной повторности. Результаты обработаны статистически, достоверность различий определена по критерию Стьюдента (Плохинский, 1980).

Глава III. Эффективность утилизации картофельного крахмала в составе рациона

Крахмал составляет основную часть питательных веществ кормов растительного происхождения. Хотя включение крахмала в очищенном виде в рационы животных экономически нецелесообразно, испытание таких кормосмесей в эксперименте весьма информативно для изучения углеводного питания.

Все изученные виды обработки вызвали качественные изменения нативного крахмала (табл.). Это относится как к частичному расщеплению молекул, о чем свидетельствует образование водорастворимых фракций, так и к состоянию крахмальных зерен.

Таблица

Некоторые характеристики модификаций картофельного крахмала, к сухому веществу

Показатели	Модификации крахмала ¹						
	СК	КК	ВК ₇₀	ВК ₁₀₀	ВК ₁₂₀	ВК ₁₃₄	Д
Глюкоза (%)	следы	0,1	следы	следы	следы	следы	0,2
Редуцирующие вещества (%)	следы	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4
Мальтодекстрины (%)	-	2,5	0,3	0,5	0,6	0,6	2,5
Ахродекстрины (%)	-	5,5	0,4	0,5	0,5	0,6	3,2
Эритродекстрины (%)	-	8,3	0,3	0,4	0,8	0,9	9,8
Амилодекстрины (%)	-	3,8	0,8	1,9	2,2	2,5	19,0
Водорастворимые углеводы, нерастворимые в спирте (%)	следы	1,1	0,6	0,9	1,1	1,5	26,7
Сумма водорастворимых углеводов (%)	следы	21,1	2,6	4,4	5,2	6,1	61,3
Коэффициент желатинизации при 30°C на сухую массу							
пробы	1,9 ²	1,6 ²	4,2	4,9	4,5	4,6	2,7
осадка	1,9	1,9	4,3	5,1	4,8	4,9	6,9
при 70°C на сухую массу							
пробы	17,9	0,3	10,8	9,0	8,7	8,0	0,4
осадка	19,8	12,9	11,9	10,5	11,7	11,8	12,4

¹ СК - сырой крахмал; КК - крахмал, модифицированный кислотой; ВК - вареный крахмал, нижний индекс - температура обработки, °С; Д - декстрин.

² Гель не образовывался.

Наиболее глубокая деградация молекул произошла в ходе кислотного гидролиза и термической декстринизации. Содержание моно- и дисахаридов было очень низким во всех модификациях. Разрушению большей части зерен декстрина (данные микроскопии) соответствовали его максимальная гелеобразующая способность в холодной воде (в расчете на сухую массу осадка) и монотонное нарастание содержания отдельных водорастворимых фракций с увеличением их молекулярной массы. У крахмала, модифицированного кислотой, зерна остались интактными. Это подтверждается и его неспособностью образовывать гель в холодной воде, подобно сырому крахмалу, и нарастанием содержания водорастворимых фракций только вплоть до эритродекстринов. По всей видимости, оболочки крахмальных зерен препятствовали выходу наружу высокомолекулярных амилодекстринов и нерастворимых в этаноле углеводов. Гидротермическая обработка вызвала разрушение крахмальных зерен, причем у крахмалов ВК₁₂₀ и ВК₁₃₄ этот процесс происходил во время самой обработки, а у крахмалов ВК₇₀ и ВК₁₀₀ - только при последующей сушке. Это хорошо согласуется с литературными данными о том, что при нагревании в воде картофельного крахмала его зерна начинают разрываться при температуре 104°C (Керр, 1956; Столяр, 1963). Как следствие, все 4 желатинизированных крахмала образовывали гель в холодной воде.

Все виды обработки повысили переваримость крахмала форелью (рис 3а). Сопоставление физико-химических характеристик различных модификаций крахмала с их переваримостью позволило установить, какой из двух факторов (доля водорастворимых углеводов или состояние крахмального зерна) более важен для доступности этого вещества пищеварительным ферментам рыбы. Сильная деградация молекул при сохранении целостности зерна в КК способствовала некоторому улучшению переваримости. Однако, если предположить, что переваримость крахмала определяется уровнем его водорастворимой части, то следует признать, что имеется предел усвоения рыбой таких углеводов, и, судя по данным химического анализа (см. табл.), этот предел весьма низок (5% от массы крахмала). Маловероятно, чтобы, сам по себе, переход в растворимое состояние 1/20 части крахмала, желатинизированного при 120 и 134°C, мог стать причиной двукратного увеличения его переваримости, в то время, как дальнейший рост водорастворимой части до 60% (в декстрине) не давал бы никакого дополнительного преимущества. Разрушение крахмальных зерен при слабой деградации молекул в ВК₇₀ также дало некоторый выигрыш в переваримости по сравнению с нативным крахмалом. Дальнейшее повышение температуры водно-тепловой обработки до 120° привело к последующему росту переваримости. Это хорошо согласуется с характером действия амилазы на модифицированные крахмалы. Известно, что амилолитические ферменты гидро-

лизуют механически поврежденные крахмальные зерна гораздо быстрее, чем нативные, но даже в этом случае действие амилазы является весьма слабым по сравнению с их действием на оклейстеренный крахмал (Кретович, 1986). Поэтому логично предположить, что простое механическое разрушение оклейстеренных зерен крахмалов ВК₇₀ и ВК₁₀₀ во время их сушки не могло так же сильно повлиять на их атакуемость амилазами, что и дальнейшая деструкция зерен в ходе водно-тепловой обработки при 120 или 134°C. Представляется более вероятным, что именно состояние крахмального зерна, а не доля водорастворимых углеводов принципиально важно для доступности крахмала пищеварительным ферментам, и высокая переваримость декстрина в этом случае объясняется разрушением большинства зерен, а не высоким уровнем водорастворимых углеводов.

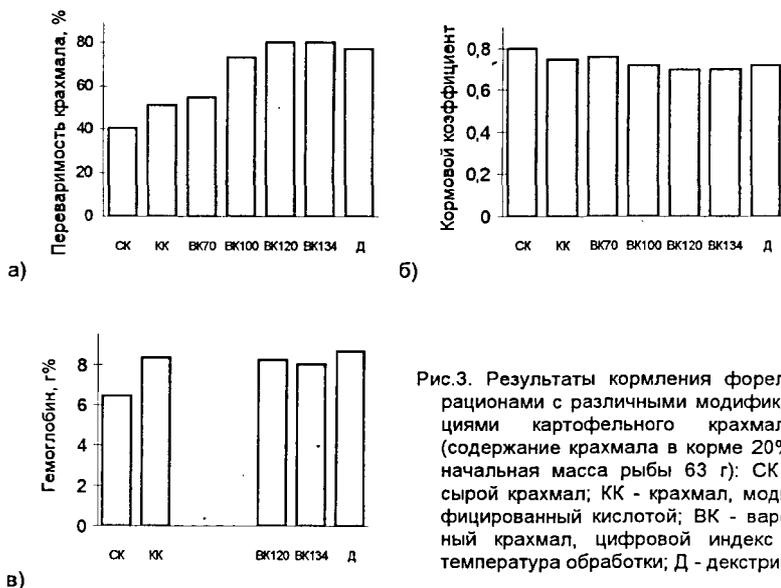


Рис.3. Результаты кормления форели рационами с различными модификациями картофельного крахмала (содержание крахмала в корме 20%, начальная масса рыбы 63 г): СК - сырой крахмал; КК - крахмал, модифицированный кислотой; ВК - вареный крахмал, цифровой индекс - температура обработки; Д - декстрин

Варка крахмала при температуре, превышающей 100°C, обеспечивала и минимальный кормовой коэффициент (рис. 3б). Эффективность утилизации корма полностью определялась его переваримостью, которая, в свою очередь, была тесно связана с переваримостью крахмала. Так, кормовой коэффициент отрицательно коррелировал с переваримостью сухого вещества корма ($r = - 0,91$; $P < 0,01$), которая, в свою очередь, положительно коррелировала с переваримостью крахмала ($r = 0,94$; $P < 0,005$).

У рыб, потреблявших корм с сырым крахмалом, содержание гемоглобина в крови было значимо ниже, чем в вариантах с обработанным крахмалом (рис. 3в), а также проявлялась тенденция к снижению содержания общего белка в плазме крови.

Таким образом, оптимальный рыбоводный эффект дает включение в состав кормосмеси желатинизированного крахмала, полученного путем водно-тепловой обработки при 120-134°C.

Результаты серии опытов по оценке эффективности использования углеводов форелью при различной обеспеченности протеина корма энергией показали, что энергия кормов, содержащих в качестве небелковой составляющей смесь растительного масла и желатинизированного крахмала, наиболее эффективно использовалась на рост в интервале значений энергопротеинового отношения от 36 до 42 кДж/г, в случае же использования в качестве небелковой составляющей чистого желатинизированного крахмала соответствующий интервал составлял 36 - 39 кДж/г, а превышение рубежа 39 кДж/г приводило к резкому возрастанию затрат энергии. При содержании БЭВ до 30%, а их среднесуточном потреблении до 400 мг на 100 г тела (уровень протеина около 50%) углеводы хорошо усваивались рыбой, обеспечивали эффективное использование протеина и энергии на рост, причем при содержании БЭВ в корме до 24% энергетические эквиваленты крахмала и жира использовались на рост с одинаковой эффективностью. При повышении уровня углеводов свыше 30% их ростовой эффект приближался к нулю (рис. 4а). Характерно, что установленный в эксперименте предельный уровень углеводов в рационе, обеспечивающий их высокую эффективность (24%), весьма близок к усредненному верхнему пределу содержания гликогена в беспозвоночных - объектах питания радужной форели (20%).

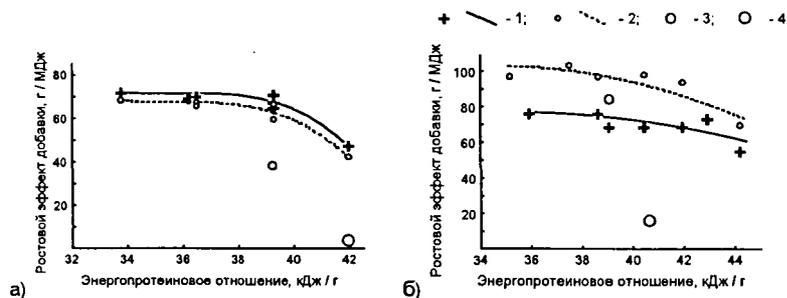


Рис.4. Зависимость ростового эффекта углеводов и жира от обеспеченности протеина корма энергией: а) рассчитано по валовой энергии и сырому протеину; б) рассчитано по переваримой энергии и переваримому протеину; 1 - растительное масло; 2 - крахмал (содержание БЭВ до 24%); 3 - крахмал (содержание БЭВ - 30%); 4 - крахмал (содержание БЭВ - 35%)

При содержании БЭВ, представленных, главным образом, желатинизированным крахмалом, вплоть до 30% переваримая энергия из добавки крахмала давала больший ростовой эффект, чем энергия, усвоенная из добавки жира (рис. 4б). Очевидно, в интервале концентраций углеводов от 24 до 30% снижение эффективности их использования происходило за счет снижения переваримости. При дальнейшем увеличении содержания легкоусвояемых БЭВ с 30 до 35% их ростовой эффект (как на единицу валовой, так и переваримой энергии) резко снижался, то есть, в данном случае на пониженную переваримость углеводов накладывались нарушения в обмене веществ, ответственные за низкую толерантность форели к углеводам.

Применение нового показателя позволяет широко использовать для сравнительного анализа данные, полученные различными авторами, так как способ вычисления "ростового эффекта" в значительной мере уменьшает влияние состава базовой части корма на результат. При обеспеченности протеина энергией БЭВ до 8 кДж/г наблюдается хорошее совпадение данных из различных источников. При этом величины ростового эффекта жира и легкопереваримых углеводов (не только желатинизированного крахмала, но и сахаров) близки между собой и составляют около 70 г/МДж общей энергии (рис. 5).

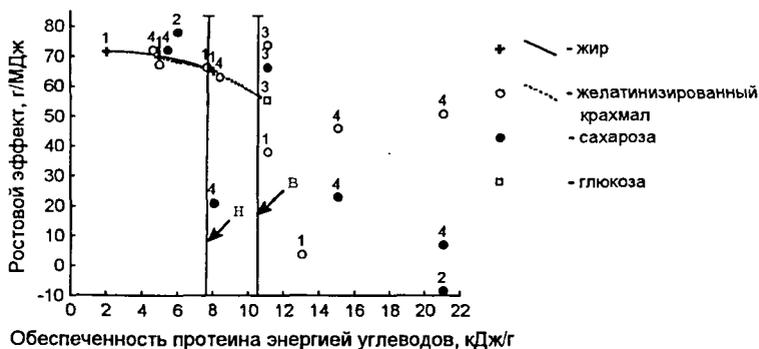


Рис. 5. Влияние обеспеченности сырого протеина корма валовой энергией углеводов (при обеспеченности протеина энергией жира 6-9 кДж/г) на ростовой эффект жира и углеводов по данным различных источников: Н - нижняя граница зоны риска превышения предела толерантности форели к углеводам для низкомолекулярных углеводов; В - то же для высокомолекулярных углеводов в легкоусвояемой форме; 1 - собственные данные; 2 - Luquet et al., 1975; 3 - Pieper, Pfeffer, 1980a; 4 - Pieper, Pfeffer, 1980b

Начиная с уровня обеспеченности протеина энергией БЭВ 8 кДж/г, что соответствует содержанию углеводов в корме около 20%, наблюдаются рез-

кие расхождения в значениях ростового эффекта сахаров между различными источниками, а начиная с 11 кДж/г (содержание углеводов в корме около 30%) значительное несовпадение результатов отмечается и для желатинизированного крахмала. Наблюдающийся разброс по величине ростового эффекта углеводов при высоком их содержании в корме, вероятно, может быть объяснен тем, что с превышением некоторого предела их содержания в корме (который можно трактовать как предел толерантности форели к углеводам), происходит резкое падение эффективности их использования. Известно, что при воздействии на организм какого-либо неблагоприятного фактора (а высокое содержание легкопереваримых углеводов в рационе может выступать в роли такого фактора) те или иные условия окружающей среды, а также физиологическое состояние самого животного могут выступать в роли дополнительной функциональной нагрузки, благодаря которой проявляются скрытые до этого патологические сдвиги в организме (Лукияненко, 1983). Поэтому следует ожидать, что предел толерантности форели к углеводам в разных опытах будет различным в зависимости от множества факторов, например, физиологического состояния рыбы, состава корма, условий выращивания и так далее, и в результате при одном и том же содержании углеводов в одних случаях этот предел может быть превышен, а в других - нет, и, соответственно, эффективность использования углеводов может резко различаться. Диапазон содержания углеводов в корме, при котором наряду с нормальной может наблюдаться и аномально низкая эффективность использования углеводов, можно назвать "зоной риска превышения предела толерантности форели к углеводам".

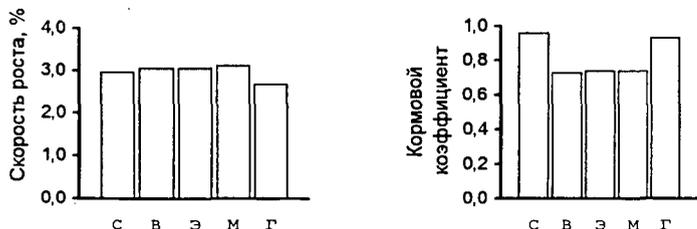
Таким образом, для кормов, содержащих около 50% протеина, допустимый предел содержания БЭВ в форме полисахаридов, переведенных в легкоусвояемую форму, составляет 30% (или 400 мг на 100 г рыбы в день).

Глава IV. Сравнительная оценка отдельных видов зерновых злаков при различной технологии их обработки

В отечественных искусственных комбикормах для радужной форели основным источником углеводов обычно служит пшеница (Тряпкина, 1974; Канидьеv, Гамыгин, 1977; Шмаков, 1993). В то же время, возможности использования для этих целей других злаковых культур почти совершенно не изучены. Для сравнительной оценки наряду с пшеницей были выбраны наиболее доступные виды злаков - кукуруза, ячмень и овес. На основании положительного эффекта гидротермической обработки крахмала в предыдущих сериях опытов в качестве предварительной обработки зерновых злаков, кроме варки при 120°C, были испытаны и другие методы водно-тепловой обработки - как уже применяемая в кормопроизводстве экструзия, так и нетрадиционные методы: микроволновый нагрев и ферментативный гидролиз (последний сочетает водно-тепловую обработку с энзимати-

ческой). Учитывая предыдущие результаты относительно верхней допустимой границы содержания углеводов в рационе (24-30%) и средний уровень усвояемых углеводов в зерне злаков 75% (Плешков, 1975), в комбикорма вводили 37-43% зерна, что обеспечивало уровень содержания усвояемых углеводов в корме 27-32%.

Предварительная обработка зерна оказывала значительное влияние на продукционные свойства комбикормов. Все исследованные виды обработки пшеницы, кроме гидролиза, приводили к значительному сокращению затрат корма на прирост (в среднем на 30%) и значимо не влияли на скорость роста рыб. При этом результаты почти не зависели от вида обработки (рис. 6). Видимо, это объясняется тем, что во всех трех случаях крахмал находился в стадии разрыва зерен, и именно одинаковым физико-химическим состоянием этого полисахарида обусловлены близкие рыбоводные результаты. Полученные данные хорошо согласуются с предыдущими результатами, свидетельствующими о том, что наблюдающаяся в ходе водно-тепловой обработки до 120°C включительно монотонная зависимость эффективности крахмалсодержащего корма от температуры при дальнейшем ее повышении нарушается (см. рис. 3).



а)

б)

Рис. 6. Результаты кормления форели комбикормами с пшеницей, обработанной различными способами (начальная масса рыбы 17 г): С - без обработки; В - варка; Э - экструзия; М - микроволновый нагрев; Г - ферментативный гидролиз

Ферментативный гидролиз пшеницы привел к снижению потребления корма на 12%, скорости роста на 9% и почти не повлиял на кормовой коэффициент (см. рис 6). Ожидание положительного эффекта от гидролиза пшеницы было связано, главным образом, с повышением содержания сахаров (уровень редуцирующих веществ в ферментализате пшеницы составлял 17% от сухой массы), переваримость которых радужной форелью, как известно, очень высока (Singh, Nose, 1967; Smith, 1971). Однако предварительная ферментативная обработка оказалась неэффективной. По-

видимому, главной причиной такого результата было сохранение целостности крахмального зерна, о чем говорят данные микроскопии. Это было закономерным результатом условий изготовления гидролизата - температура предварительной обработки (74°C) лишь немного превышала температуру клейстеризации, а готовый продукт перед введением в кормосмесь не сушили. Что касается эффекта, который мог дать собственно ферментативный гидролиз, то надо иметь в виду, что в результате осахаривания амилолитическими ферментами бактериального и грибного происхождения расщеплялись наиболее доступные связи в молекуле крахмала, то есть те связи, которые вероятнее всего были бы разрушены и пищеварительными ферментами рыбы, так как, несмотря на различные свойства α -амилаз, выделенных из разных источников, принципиальный механизм их действия одинаков у всех организмов от микробов (Manners, 1965) до человека (Bernfeld, 1955). Негидролизованной же оставалась наименее доступная часть молекулы, которая в пищеварительном тракте рыбы, видимо, почти не переваривается. Высокие же уровни свободных сахаров, несмотря на хорошую переваримость, видимо, малоэффективно используются на рост радужной форелью, что согласуется с отмеченным в литературе торможением роста этого вида рыб на диетах, содержавших 14-20% глюкозы (Hilton, Atkinson, 1982).

Сравнение комбикормов, содержавших 37 или 43% одного из четырех зерновых злаков в сыром либо в вареном виде, было проведено на основании результатов двух серий опытов, поэтому рыбоводные показатели выражены в относительных единицах (рис. 7).

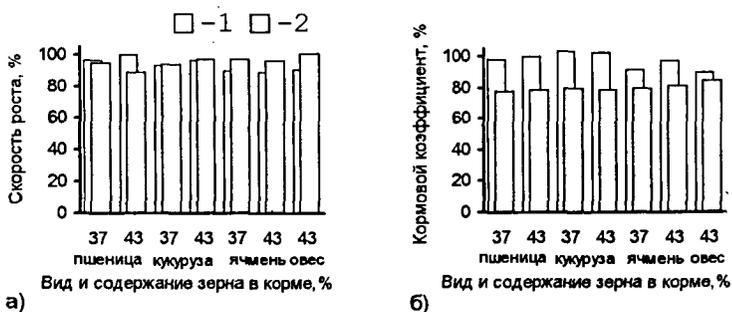


Рис. 7. Продукционные свойства кормов с различными зерновыми злаками (за 100% принят вариант с 43% сырой пшеницы; начальная масса рыбы 86-90 г): 1 - сырое зерно; 2 - вареное зерно

Из всех комбикормов с сырым зерном наиболее эффективно на рост использовался комбикорм с овсом. В основе этого явления, по всей видимости, лежит хорошая усвояемость белков сырого овса и высокая восприимчивость овсяного крахмала к полному диастазному гидролизу *in vitro*, что объясняется, в частности, меньшими размерами крахмальных зерен этого злака по сравнению с другими культурами (Сичкарь, Лишкевич, 1958). Затраты корма с вареным зерном на рост были ниже, чем в соответствующих вариантах с сырым зерном по пшенице, кукурузе, ячменю и овсу соответственно на 22, 23, 15 и 6%. Различия между вариантами с обработанным зерном, как правило, оказывались менее существенными, чем с сырым. Относительное однообразие свойств кормов с разными злаками в вареном виде можно объяснить стиранием различий между крупными и мелкими крахмальными зёрнами при их набухании в процессе варки (Кретович, 1986). Все же при использовании вареного зерна комбикорм с овсом показал наихудшие результаты. Так, его затраты на прирост оказались на 11% выше, чем аналогичного комбикорма с вареной пшеницей. Это может быть связано с большей долей амилозы в овсяном крахмале (Сичкарь, Лишкевич, 1958). Известно, что с ростом доли амилозы в крахмалистом сырье эффективность тепловой обработки падает, поскольку амилоза включается в новую структуру - "амилозо-липидный комплекс", в то время как амилопектин деструктурируется (Mercier, Feillet, 1975; Mercier et al., 1980). Таким образом, объясняется и небольшой эффект тепловой обработки овса. В вариантах с пшеницей (при ее уровне 37%) и кукурузой (при уровне 37 либо 43%) скорость роста почти не зависела от обработки зерна, а в вариантах с ячменем и овсом варка способствовала повышению скорости роста рыбы соответственно на 9 и 11% (см. рис. 7). Повышение уровня потребления корма, обеспечивающее близкую скорость роста, при замене в рационе вареной пшеницы и кукурузы на нативное зерно согласуется с тезисом о действии компенсаторного механизма (Bromley, Adkins, 1984). Можно предположить, что горькие вещества (тестиновая кислота в пленках ячменя и глюкозид стероидной структуры овса), присутствующие в нативном зерне и распадающиеся при повышенной температуре (Сичкарь, Иванов, 1958; Сичкарь, Лишкевич, 1958), препятствовали проявлению этого механизма в других вариантах.

Испытание комбикормов с высоким (43%) уровнем вареной пшеницы дало неоднозначные результаты. В одном случае такой рацион обеспечивал хорошие рыбоводные результаты (см. рис. 6), в другом - отчетливо прослеживалось снижение темпа роста в ходе выращивания (см. рис. 7). В обоих случаях наблюдалось резкое увеличение массы печени (до 4,5%) по сравнению с другими вариантами. Видимо, диапазон содержания в форелевых кормах вареной пшеницы от 37 до 43% находится в "зоне риска" превышения предела толерантности к легкодоступным углеводам.

Таким образом, полученные результаты позволяют рекомендовать экструзию зерна к широкому применению в производстве комбикормов для рыб, а варку при температуре выше 100°C или микроволновый нагрев в печи СВЧ - для изготовления малых партий экспериментальных кормосмесей в лабораторных условиях; проводить предварительный ферментативный гидролиз зерна нецелесообразно. В производственные комбикорма для радужной форели в качестве основного источника углеводов можно включать не более 37% пшеницы, либо до 43% кукурузы, ячменя или овса после их предварительной водно-тепловой обработки.

Глава V. Биологически-активные вещества и синтетические аминокислоты в составе комбикормов с высоким содержанием углеводов

Несмотря на хорошие результаты, полученные в предыдущих сериях опытов, не было полной уверенности в том, что потенциальная возможность использования высокоуглеводистых компонентов комбикормов на рост рыб была реализована полностью. Хорошо известно, что для рыб в зерне злаков лимитирующими аминокислотами в подавляющем большинстве является лизин, реже метионин (Щербина, 1969, 1970; Канидьеv, Гамыгин, 1977), и их нехватка может негативно сказываться на росте радужной форели (Маликова и др., 1978). На теплокровных животных показано, что повышенное содержание углеводов в рационе увеличивает потребность в витаминах С и группы В (Врзгула, Ковач, 1986), а также ионах трехвалентного хрома (Mertz, 1967). Предположения о диабетическом характере метаболизма лососевых (Phillips et al., 1948; Palmer, Ryman, 1972) позволяли ожидать положительный эффект от применения антидиабетических лекарственных средств.

Формирование рационов с добавками БАВ было подчинено задаче выявить влияние не только отдельных веществ, но, по-возможности, и их сочетаний. С этой целью был составлен ряд диет с последовательным увеличением количества испытываемых веществ от одного до пяти. При этом первыми вводили вещества, от которых, судя по литературным данным, вероятнее всего можно было ожидать положительного результата (аминокислоты), а в последнюю очередь к комплексу добавляли те вещества, ожидание эффекта от которых было более проблематичным (антидиабетические препараты). В качестве базовой была выбрана кормосмесь на основе рыбной муки с уровнем вареного овса 43%, содержащая 1% витаминного премикса ПФ-2В.

Высокая эффективность комбикормов с большим содержанием обработанного зерна злаков, продемонстрированная в предыдущих сериях опытов на сеголетках и годовиках радужной форели (см. рис. 6,7), нашла свое подтверждение и на более ранних возрастных группах рыб (рис. 8). Кон-

трольный комбикорм без добавок обеспечивал высокую скорость роста (4,36%) и низкий кормовой коэффициент (0,70). Включение в кормосмесь дополнительно синтетических аминокислот и биологически-активных веществ в целом незначительно сказалось на эффективности кормления. При этом влияние различных сочетаний веществ оказалось разнонаправленным. Так, введение лизина способствовало некоторой экономии корма, а введение метионина не оказало статистически значимого влияния на результаты. Одновременное включение в состав рациона витаминов и хрома на фоне введения аминокислот увеличило скорость роста рыбы на 4% и снизило затраты корма на 3%. Введение цикламида привело к ухудшению продукционных свойств кормов, особенно резко при испытании его совместно с хромом. По сравнению с контролем затраты корма выросли на 6%.

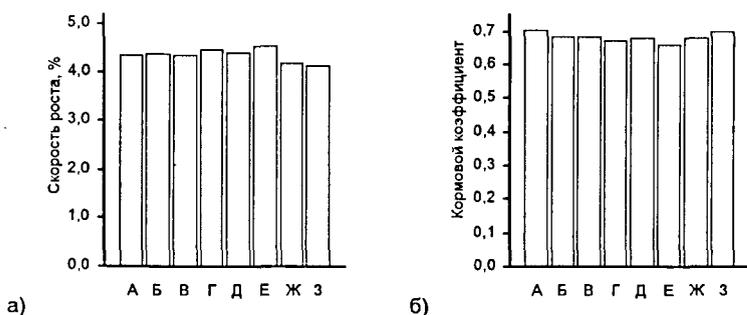


Рис. 8. Результаты добавления в высокоуглеводистый комбикорм для форели некоторых биологически-активных веществ (начальная масса рыбы 1,4 г): А - корм без добавок; Б - лизин; В - лизин + метионин; Г - лизин + метионин + витамины (С, В₁, В₃, В₅, В₆, В₁₂); Д- лизин + метионин + хром; Е - лизин + метионин + витамины + хром; Ж - лизин + метионин + витамины + цикламид; З - лизин + метионин + витамины + хром + цикламид

Поочередное изъятие из хром-витаминного комплекса отдельных витаминов в составе корма той же рецептуры показало, что лишь исключение тиамина (витамина В₁) не оказывает достоверного влияния на рыбоводные результаты, а наиболее сильное негативное действие на скорость роста и кормовой коэффициент оказало исключение пантотеновой (витамин В₃) и никотиновой (витамин В₅) кислот.

Положительное влияние хром-витаминного комплекса, вероятно, в значительной степени объясняется совместным действием ионов трехвалентного хрома и никотиновой кислоты - компонентов фактора толерантности к глюкозе, выделенного из дрожжей *Torula* и положительно влияющего, в

частности, на скорость роста и восприимчивость крыс к глюкозной нагрузке (Mertz, 1967; Хенниг, 1972).

При введении бутамида в рацион, содержащий 48% гидролизованной пшеницы, наблюдались тенденция к ухудшению рыбоводных показателей и единственный отход рыбы.

Ожидание положительного эффекта от введения антидиабетических препаратов в высокоуглеводистый комбикорм было основано на предположении, что обмен веществ радужной форели носит диабетический характер. Однако результаты опытов свидетельствуют об отрицательном влиянии цикламида и бутамида на рыбоводно-биологические показатели. Известно, что лечебный эффект сульфаниламидных препаратов заключается в сенсибилизации β -клеток поджелудочной железы к глюкозе (Дж.Теппермен, Х.Теппермен, 1989). У форели же роль глюкозы как сигнала для секреции инсулина менее значительна, чем у всеядных млекопитающих (Coweу et al., 1977; Hilton, Atkinson, 1982), поэтому, видимо, бессмысленно применять эти препараты для "лечения диабета" форели. Более того, вероятно, на приросте и выживаемости рыбы отрицательно сказывалась и некоторая их токсичность (Клячко, 1983).

Таким образом, в комбикорма на основе рыбной муки с высоким уровнем обработанного зерна в качестве дополнения к витаминному премиксу ПФ-2В для повышения эффективности кормления желателен включать лизин и хром-витаминный комплекс, состоящий из водорастворимой соли трехвалентного хрома и витаминов С, В₃, В₅, В₆ и В₁₂.

ВЫВОДЫ

1. На эффективность использования углеводов растительного происхождения в комбикормах для радужной форели наиболее сильное влияние оказывают способ предварительной обработки и уровень углеводистого сырья в рационе. Также определенное значение имеют выбор конкретного вида злака в качестве основного источника углеводов и обогащение кормосмеси биологически-активными веществами и незаменимыми аминокислотами.

2. Усвоение рыбой крахмала зависит от его физико-химического состояния, обусловленного степенью превращения крахмального зерна. Максимальная переваримость и эффективность кормления достигается путем предварительной водно-тепловой обработки крахмала при температуре выше 100°C, что соответствует стадии разрыва крахмального зерна.

3. Три вида предварительной водно-тепловой обработки зерна (варка, экструзия и микроволновый нагрев) обеспечивают значительное и сходное по величине повышение эффективности кормления форели. Затраты корма

на прирост снижаются на 6-30% в зависимости от вида злаков. Предварительный ферментативный гидролиз зерна злаков оказывает слабое негативное влияние на эффективность кормления.

4. Для кормов, содержащих около 50% протеина, допустимый предел содержания БЗВ в форме полисахаридов, переведенных в легкоусвояемую форму, составляет 30% (или 400 мг на 100 г рыбы в день).

5. Резкое падение эффективности использования на рост желатинизированного крахмала при превышении допустимого уровня его содержания в корме обусловлено, главным образом, ухудшением утилизации переваренного вещества и лишь в незначительной степени снижением переваримости углеводов.

6. Диапазоны высокой и низкой эффективности утилизации легкопереваримых углеводов разделяет зона риска превышения предела толерантности форели к углеводам, в которой эффективность усвоения этих веществ может колебаться в значительных пределах в зависимости от условий проведения опыта. Нижняя граница зоны риска для полисахаридов, переведенных в легкоусвояемую форму, составляет 11 кДж общей энергии углеводов на 1 г протеина, а для простых сахаров - 8 кДж/г.

7. Установлены пределы включения в производственные комбикорма для радужной форели обработанного зерна злаковых в качестве основного источника углеводов: пшеницы - 37%, кукурузы, ячменя или овса - 43%.

8. Лизин, а также комплекс соли трехвалентного хрома с водорастворимыми витаминами (аскорбиновой, пантотеновой, никотиновой кислотами, пиридоксином и цианкобаламином) оказывают некоторый положительный эффект на производственные свойства комбикормов на основе рыбной муки с высоким уровнем вареного зерна, содержащих 1% премикса ПФ-2В; ожидаемого эффекта от применения метионина и антидиабетических препаратов цикламида и бутамида не выявлено.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Углеводы растительного происхождения можно рекомендовать для широкого использования в производственных комбикормах для радужной форели в качестве источника небелковой энергии.

2. Крахмал и зерновые злаки перед введением в кормосмесь целесообразно подвергать гидротермической обработке. В частности, для производственных условий можно рекомендовать экструзию, а для изготовления малых партий экспериментальных кормосмесей - варку при температуре 105-120°C или микроволновый нагрев в печи СВЧ. Проводить предварительный кислотный или ферментативный гидролиз крахмалистого сырья не рекомендуется.

3. Для эффективного использования энергии корм должен содержать не менее 36 кДж общей энергии на 1г протеина независимо от ее источника; если корм на основе рыбной муки дополнительно обогащается энергией за счет жиров и углеводов (в легкоусвояемой форме) совместно, допустимо ее увеличение до 42 кДж на 1г протеина, а, в случае использования с этой целью только углеводов, соответствующий предел составляет 39 кДж/г.

4. В продукционные комбикорма для радужной форели в качестве основного источника углеводов можно включать не более 37% пшеницы или кукурузы, либо до 43% ячменя или овса после их предварительной гидротермической обработки.

5. В комбикорма на основе рыбной муки с высоким уровнем обработанного зерна в качестве дополнения к витаминному премиксу ПФ-2В для повышения эффективности кормления желательно включать 0,5% лизина и хром-витаминный комплекс, состоящий из водорастворимой соли трехвалентного хрома (например, $Cr_2(SO_4)_3$) и витаминов С, В₃, В₅, В₆ и В₁₂. Содержание хрома должно составлять 5 мг на 1 кг кормосмеси, а концентрации витаминов соответствовать тем, которые обеспечивает включение в кормосмесь 1% премикса ПФ-2В.

6. Показатель "ростовой эффект" можно рекомендовать к использованию при изучении эффективности введения каких-либо добавок в корм наряду с общепринятыми показателями для представления результатов в более наглядном виде, а также при сопоставлении данных из разных источников.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Кудрявцева Т.А. Эффективность введения гидролизованной пшеничной муки в рацион радужной форели // Сб. научн. тр. Аквакультура лососевых рыб. - М: ВНИИПРХ, 1984. - Вып. 43. - С. 43-49.

2. Кудрявцева Т.А., Подоскин А.Г. Влияние старения рыбной муки на усвоение углеводов корма радужной форелью // Тез. докл. Всесоюзного совещания "Современное состояние и перспективы развития прудового рыбоводства". - М., 1987. - С. 117-119.

3. Подоскина Т.А., Подоскин А.Г. Влияние вида обработки пшеницы на рост и утилизацию корма радужной форелью // Тез. докл. на секции рыбных биоресурсов и экологии гидробионтов научной конференции НПО по рыбоводству и ВЗИПП. - М., 1989. - С. 52-53.

4. Подоскин А.Г., Подоскина Т.А. Влияние режима тепловой обработки крахмала на эффективность использования корма форелью // Там же. - С. 53-55.

5. Подоскина Т.А. Влияние легкоусвояемых углеводов в составе корма на некоторые физиологические и биохимические показатели радужной фо-

рели // Тез. докл. VII Всесоюзной конференции "Экологическая физиология и биохимия рыб". - Ярославль. - 1989. - С. 89-90.

6. Подоскин А.Г., Подоскина Т.А. Влияние качества рыбной муки на эффективность использования углеводов радужной форелью // Сб. научн. тр. Вопросы разработки и качества комбикормов. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - Вып. 57: - С. 13-18.

7. Подоскина Т.А., Подоскин А.Г. Зерно некоторых злаков в качестве основного источника углеводов в комбикорме для радужной форели // Сб. научн. тр. Водные ресурсы и экология гидробионтов. - М.: ВНИИПРХ, 1990. - Вып. 59. - С. 89-95.

8. Подоскина Т.А., Подоскин А.Г. Влияние некоторых биологически-активных веществ на утилизацию форелью корма с повышенным содержанием углеводов // Сб. научн. тр. Корма и кормление лососевых рыб в аквакультуре. - М.: ВНИИПРХ, 1991. - С. 64-68.