

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**ФГБОУ ВО «КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФГБОУ ВО «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Н.И. ВАВИЛОВА»**

**V Национальная
научно-практическая конференция**

**СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

УДК 639.3:639.5
ББК 47.2
С23

Редакционная коллегия:
Васильев А.А., Кузнецов М.Ю., Руднева О.Н., Сивохина Л.А.

Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации: материалы V национальной научно-практической конференции, Калининград – 22-23 октября 2020 г. / под ред. А.А. Васильева; Саратовский ГАУ. – Саратов: Амирит, 2020. – 252 с.

ISBN 978-5-9758-1707-5

В сборнике материалов V национальной научно-практической конференции приводятся результаты исследования по актуальным проблемам аквакультуры, в рамках решения вопросов продовольственной безопасности, ресурсосберегающих технологий производства рыбной продукции и импортозамещения. Для научных и практических работников, аспирантов и обучающихся по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 35.00.00 сельское, лесное и рыбное хозяйство.

Статьи даны в авторской редакции в соответствии с представленным оригинал-макетом.

**Сборник подготовлен и издан при финансовой поддержке
ООО «Научно-производственное объединение «Собский рыбоводный завод»»
Генеральный директор Д. Н. Колесников**

ISBN 978-5-9758-1707-5

© ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2020

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИКОРМОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЛИПИДОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Ю.А. БАСКАКОВА, С.В. БИНДЮКОВ, В.В. ГЕРШУНСКАЯ, Р.В.
АРТЕМОВ, М.В. АРНАУТОВ, Ю.А. НОВОСЕЛОВА

Yu. A. Baskakova, S.V. Bindukov, V.V. Gershunskaya, R.V. Artemov, M.A.
Arnautov, Yu. A. Novoselova

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и
океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»)*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography

Аннотация. На основании данных о жирнокислотном составе липидных компонентов разработаны базовые рецепты продукционных комбикормов для молоди радужной форели *Parasalmo mykiss*. Самый высокий среднесуточный прирост при более низких затратах комбикорма и высокое содержание длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот выявлены у рыб, выращиваемых на комбикормах с использованием масложировой смеси состоящей из рыбного жира, рапсового и соевого масла в соотношении 4:6:5.

Ключевые слова: радужная форель, комбикорма, растительные масла, жирнокислотный состав, рыбоводно-биологические показатели

Abstract. Basic recipes for compound feeds for rainbow trout *Parasalmo mykiss* juveniles have been developed based on the data on the fatty acid composition of lipid components. The best growth performance with the lowest feed conversion rate and high content of long-chain polyunsaturated fatty acids were found in fish reared on compound feeds with a fat-and-oil mixture consisting of fish oil, rapeseed and soy oil in a ratio of 4:6:5.

Keywords: rainbow trout, compound feed, vegetable oils, fatty-acid composition, fish growth indicators

Активное развитие выращивания лососевых рыб в условиях аквакультуры привело к дефициту основной липидной составляющей кормов – рыбного жира – и экономически обоснованной необходимости его замены на растительные масла [1, 5, 6]. В настоящее время активно изучается влияние различных компонентов комбикормов на состав тканей и темпы роста рыб, и одним из наиболее дискуссионных остается вопрос о жирнокислотном составе корма [1, 2]. Известно, что замена рыбного жира растительными маслами приводит к изменению жирнокислотного состава мышц рыб, что в свою очередь влияет на органолептические характеристики конечного продукта и уменьшает содержание полезных для здоровья человека длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот [8].

Липиды комбикормов помимо энергетической, выполняют в организме рыб ряд других жизненно важных функций: структурообразующую, регуляторную и прочие, к тому же они служат источниками незаменимых жирных кислот, витаминов, предшественниками многих биологически активных веществ, в том числе гормонов [3]. Введение в состав комбикорма нехарактерных для натурального питания радужной форели компонентов может оказать значительное воздействие на метаболизм рыб и, как следствие, привести к изменению их физиологического состояния и ростовых процессов [5].

Целью настоящей работы являлась оценка эффективности полной или частичной замены рыбного жира рапсовым и соевым маслом в различных соотношениях в комбикормах для молоди радужной форели.

Материалы и методы.

Схема проведения опыта представлена в таблице 1. Опытные группы рыб получали комбикорма, изготовленные по рецептуре ВНИРО, содержащие в качестве основного липидного компонента масложировую смесь из рыбного жира, рапсового и соевого масла в указанных соотношениях. В качестве контроля использовали экструдированный корм для форели ООО «ЛимКорм» (сырой протеин 45 %, сырой жир 23 %).

Таблица 1 - Схема проведения рыбоводно-биологических испытаний
продукционных комбикормов на форели

Группа рыб	Количество рыб в группе, шт	Шифр комбикормов	Компонентный состав комбикормов	Содержание, %		
				Рыбный жир	Рапсовое масло	Соевое масло
Опыт	1	110	КПФР 8/4/3	8	4	3
	2	110	КПФР 4/6/5	4	6	5
	3	110	КПФР 0/7/8	0	7	8
Контроль	110	Лимкорм	Рыбная мука, мясная мука, пшеница, соевый шрот, концентрат соевый, глютен пшеничный, премикс, астаксантин	Рыбий жир, растительное масло, соотношение неизвестно		

Экспериментальные образцы кормов были изготовлены в цехе по производству рыбных комбикормов филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ "ВНИРО" ("ВНИИПРХ") на оборудовании фирмы Kahl (Германия) с размером фракции 4,5 мм. Комбикорма изготавливали по следующей технологической схеме: измельчение кормовых компонентов, смешивание, увлажнение кормосмеси, экструдирование, сушка, ожиривание, охлаждение.

Химический состав образцов определяли стандартными методами. Для определения жирнокислотного состава общих липидов в образцах предварительно экстрагировали жир хлороформом, после чего подвергали его прямому метилированию с использованием раствора гидроокиси калия в

метаноле в соответствии с ГОСТ 31665-2012. Полученные метиловые эфиры жирных кислот анализировали на хроматографе «Кристалл 5000.2» («Хроматэк») на капиллярной колонке CR-FAME 100 мх0,25 ммх0,2 мкм («Хроматэк»). Идентификацию проводили сравнением со стандартной смесью (Supelco 37 component FAME MIX, каталожный номер CRM47885). При обработке результатов измерений использовали метод внутренней нормализации.

Рыбоводно-биологические испытания экспериментальных комбикормов проведены в группе инкубации и выращивания рыбы филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») на радужной форели *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792). Форель выращивали в прямоугольных бассейнах объемом 1,3 м³. Расход воды составлял 17,1 л/мин. при полном водообмене 76 минут. Плотности посадки составляла 110 шт./бассейн. Средняя начальная масса рыб – 200 г. Продолжительность эксперимента - 58 дней. Кормление велось вручную, комбикорм раздавали 5 раз в сутки.

Для оценки влияния экспериментальных комбикормов на молодь рыб определяли следующие рыбоводно-биологические показатели: выживаемость, абсолютный, среднесуточный прирост, кормовые затраты [4].

Результаты исследований.

В таблице 2 представлены данные по жирнокислотному составу рыбного жира и растительных масел, использованных для ожиривания экспериментальных комбикормов.

Таблица 2 - Жирнокислотный состав липидов

Наименование кислоты	Шифр кислоты	Содержание, в % от суммы жирных кислот		
		Жир рыбный	Масло соевое	Масло рапсовое
Миристиновая	14:0	5,99	0,10	0,05
Пальмитиновая	16:0	17,56	11,31	3,89
Пальмитолеиновая	16:1 омега-7	6,84	0,07	0,19
Стеариновая	18:0	4,40	1,09	0,29
Олеиновая	18:1 омега-9	16,95	19,76	60,28
Линолевая	18:2 омега-6	2,31	55,11	19,99
Альфаиноленовая	18:3 омега-3	1,42	10,96	11,83
Гондоиновая	20:1 омега-9	1,93	0,20	1,46
Гомогамалиноле-вая	20:3 омега-6	0,24	н/о	0,01
Арахидоновая	20:4 омега-6	0,76	н/о	н/о
Эйкозапентаеновая	20:5 омега-3	11,52	н/о	н/о
Докозагексаеновая	22:6 омега-3	24,70	0,01	0,01
Прочие		5,44	1,33	2,08
Сумма НЖК		30,6	13,7	5,5
Сумма МНЖК		27,9	20,1	62,5
Сумма ПНЖК		41,5	66,2	32,1
Сумма ЭПК и ДГК		36,2	0,01	0,01

В наших исследованиях установлено, что среди выбранных компонентов наибольшим суммарным содержанием насыщенных жирных кислот (НЖК)

характеризуется рыбный жир. Рапсовое масло отличалось значительным количеством мононенасыщенной олеиновой кислоты (60,3%), в то время как в рапсовом масле преобладающей являлась диненасыщенная линолевая кислота (55,1 %). Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) рыбного жира представлены в основном эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) кислотами, в то же время в растительных маслах также в достаточном количестве присутствовала альфа-линоленовая кислота (11,0-11,8%). Такой состав определяет возможность удовлетворения физиологической потребности рыб в незаменимых омега-3 и омега-6 жирных кислотах при балансировании комбикормов для рыб, путем моделирования липидных композиций из масел и жиров.

По химическому составу и обеспеченности энергией экспериментальные комбикорма были близки к контрольному и содержали в среднем 46 % белка и 17 % жира.

Результаты анализа жирных кислот общих липидах комбикормов, показали их одинаковый качественный состав, однако количественное содержание жирных кислот в кормах различалось (рисунок 1).

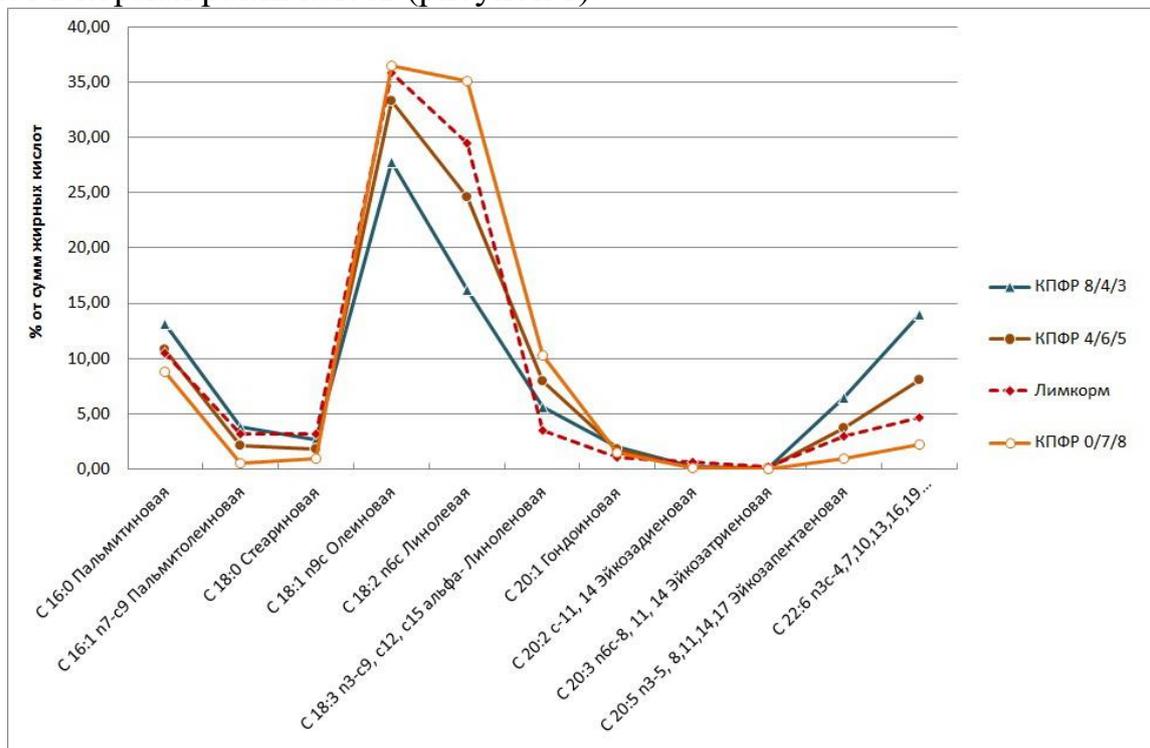


Рисунок 1 - Содержание жирных кислот в липидах комбикормов, % от суммы

Содержание НЖК в экспериментальном комбикорме без рыбного жира (КПФР 0/7/8) было практически в 2 раза ниже, чем в контроле и КПФР 8/4/3. А количество линолевой кислоты, относящейся к семейству омега-6, напротив было в 1,5-2 раза выше, чем в других экспериментальных кормах, что напрямую связано с ее высоким содержанием в соевом масле. Сумма ЭПК и ДГК в КПФР 0/7/8 составляла всего 3,2 % от общего содержания жирных кислот.

В комбикорме КПФР 4/6/5 содержание физиологически важных жирных кислот ЭПК и ДГК соответствовало рекомендованным потребностям для форели

[7], а в КПФР 8/4/3 сумма этих жирных кислот даже превышала необходимые величины. В контрольном корме отмечено высокое содержание МНЖК и ПНЖК семейства омега-6.

Основные результаты рыбоводных испытаний опытных комбикормов на молоди форели по отношению к контрольной группе, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Рыбоводные результаты выращивания радужной форели

Номер группы	Шифр комбикорма	Выживаемость		Масса конечная		Прирост			Расход корма, кг	КЗ
		шт.	%	средняя, г	общая, кг	абсолютный, г	относительный, %	среднесуточный, г/сут		
1	КПФР 8/4/3	95	86,4	307	29,2	115	59,90	1,98	14,8	1,86
2	КПФР 4/6/5	102	92,7	338	34,6	129	61,72	2,22	15,9	1,37
3	КПФР 0/7/8	96	87,3	314	30,2	116	58,59	2,00	14,8	1,68
Контроль	ЛимКорм	103	93,6	304	31,3	114	60,00	1,97	14,9	1,43

Лучшим темпом роста обладала форель из опытной группы 2 (корм КПФР 4/6/5), где абсолютный прирост составил 129 г, средняя конечная масса - 338 г. В других опытных группах и контроле прироста были близкими - от 114 до 116 г. Относительный прирост во всех вариантах опыта и контроле колебался в пределах 58,6-61,7 %. Наибольшая выживаемость отмечена в опытной группе 2 и контроле – 92,7 и 93,6 % соответственно. В опытных группах 1 и 3 выживаемость составила 86,4 и 87,3 % соответственно. Наименьшие кормовые затраты (КЗ) отмечены на комбикорме КПФР 4/6/5 – 1,37 ед. В контроле этот показатель составил 1,43 ед. Наибольшие кормовые затраты получены в первой опытной группе.

Проведено исследование жирнокислотного состава общих липидов мышечной ткани форели опытной и контрольной групп. Полученные результаты приведены в таблице 4.

В процессе исследований обнаружено, что несмотря на то, что суммарное содержание ПНЖК было близким во всех образцах мышечной ткани, соотношение омега-3 и омега-6 жирных кислот варьировало от 1:2 для рыб из группы 1 до 1:3 для форели из группы 3, выращенной на корме без рыбного жира. Следует отметить, что между содержанием специфических жирных кислот в комбикормах и мышечной ткани наблюдалась определенная зависимость. Так, в липидах форели из группы 3, получавшей опытные корма без рыбного жира, количество линолевой кислоты, присущей растительным маслам, было достоверно выше, а содержание эссенциальных ПНЖК семейства омега-3 существенно ниже. Тем не менее, в связи с тем, что в организме радужной форели осуществляется элонгация и десатурация жирных кислот [3], дефицит длинноцепочечных ПНЖК в кормах был скомпенсирован за счет их синтеза из незаменимых кислот - линолевой (омега-6) и линоленовой (омега-3), содержащихся в значимых количествах в растительных маслах.

Однако собственный синтез ЭПК и ДГК организмом рыб не полностью восполняет их физиологически необходимое количество, поэтому для эффективного выращивания радужной форели необходимо проведение

дальнейших исследований по оптимизации жирнокислотного состава комбикормов за счет включения компонентов растительного и животного происхождения с широким липидным профилем.

Таблица 4 - Жирнокислотный состав липидов форели

Наименование кислоты	Шифр кислоты	Содержание жирных кислот, % от суммы			
		Группа 1 КПФР 8/4/3	Группа 2 КПФР 4/6/5	Группа 3 КПФР 0/7/8	Контроль Лимкорм
Миристиновая	14:0	2,47	2,21	1,90	2,21
Пальмитиновая	16:0	13,40	13,34	12,25	11,81
Стеариновая	18:0	3,62	3,73	3,51	3,33
Пальмитолеиновая	16:1 омега-7	3,54	3,23	2,71	3,05
Олеиновая	18:1 омега-9	32,57	33,76	34,38	33,90
Гондоиновая	20:1 омега-9	3,09	3,06	3,05	3,50
Линолевая	18:2 омега-6	24,24	24,46	27,11	26,47
Альфа-линоленовая	18:3 омега-3	3,11	3,73	3,76	2,53
Гамма-линоленовая	18:3 омега-6	0,47	0,50	0,57	0,50
Эйкозодиеновая	20:2 омега-6	1,33	1,24	1,50	1,57
Эйкозапентаеновая	20:5 омега-3	1,96	1,77	1,36	1,58
Докозагексаеновая	22:6 омега-3	6,44	5,12	4,41	5,52
Прочие		3,78	3,85	3,49	4,05
Сумма ПНЖК		39,17	38,47	40,48	40,28
Сумма омега-3		11,74	10,92	9,77	9,88
Сумма омега-6		25,91	26,14	29,05	28,66
Сумма ЭПК и ДПК		8,39	6,89	5,76	7,09

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что лучшие результаты по выращиванию радужной форели были получены во второй опытной группе на комбикорме КПФР 4/6/5, в котором благодаря сочетанию растительных масел и рыбного жира в определенном соотношении достигнуто оптимальное соотношение жирных кислот, наиболее полно соответствующее физиологической потребности рыб при заданных условиях выращивания.

Список литературы:

1. Васильева О.Б., Назарова М.А., Рипатти П.О., Немова Н.Н. Влияние комбикормов различного состава на ростовые процессы радужной форели *Parasalmo Mykiss* (Walbaum. 1792)// Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2015. № 11. С. 99-108.
2. Назарова М., Васильева О., Немова Н. Анализ жирнокислотного состава комбикормов для радужной форели// Комбикорма. 2019. № 10. С. 48-50.
3. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб/ Федеральное агентство по рыболовству, ФГБНУ "ГосНИОРХ". Санкт-Петербург, 2012. – 564 с.
4. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. - 360 с.
5. Caballero, MJ & Obach, Alex & Rosenlund, G & Montero, Daniel & Gisvold, M & Izquierdo, Marisol. (2002). Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 214. 253-271.

6. Pike I., Jackson A. Fish oil: Production and use now and in the future// Lipid Technology. 2010. V 22. P.59 - 61.
7. Sargent, J. R. The lipids. Fish nutrition / J. R. Sargent, D. R. Tocher, J. G. Bell. — San Diego : Academic Press, 2002. — 260 p.
8. Turchini Giovanni M., Karen M. Hermon, David S. Francis Fatty acids and beyond: Fillet nutritional characterisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed different dietary oil sources// Aquaculture. V. 491, 2018, P. 391-397