

Аквакультура

УДК 639.3.07:639.3.043.2

doi: 10.15389/agrobiology.2022.4.791rus

СТАРТОВЫЙ КОМБИКОРМ ДЛЯ *Clarias gariepinus*, РАЗРАБОТАННЫЙ В КАЗАХСТАНЕ: РЕЦЕПТУРА, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В АКВАКУЛЬТУРЕ*А.А. МУХРАМОВА^{1, 2} ✉, С.Ж. АСЫЛБЕКОВА², В.И. СИДОРОВА³,
А.А. САМБЕТБАЕВ¹, К.Б. ИСБЕКОВ²

В настоящее время разведение клариевого сома (*Clarias gariepinus*) рассматривается как одно из перспективных направлений аквакультуры в Казахстане. Этот вид характеризуется быстрым ростом, особи рано созревают, выносливы и устойчивы к заболеваниям. В Алматинской области разведение клариевого сома наиболее актуально, так как в регионе имеется большое число геотермальных источников, что может значительно удешевить выращивание. Однако при этом рыбоводные хозяйства используют импортные стартовые корма. Нами представлены полученные положительные результаты апробации казахстанского стартового комбикорма для личинок клариевого сома. Разработана технология производства комбикорма на основе зернового сырья с использованием метода экструдирования (ТОО «КазНИИ перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Алматы). В экспериментальном корме содержание протеина 50,70 %, жира — 11,53 %, обменной энергии — 17,31 МДж/кг. Экспериментальное выращивание проводили в бассейнах в условиях рыбоводных хозяйств ТОО «Капшагайское нерестово-выростное хозяйство-1973» (ТОО «КНВХ-1973») и Крестьянское хозяйство «МГ» (КХ «МГ») (Алматинская обл., 2020 год). Для контроля использовали корм для форели Aller Futura EX 0,5-0,2 мм («Aller Aqua», Дания) как наиболее распространенный в Казахстане для выращивания клариевого сома. Эксперименты проводили в двух повторностях (два бассейна — контроль, два бассейна — опыт), рыбу кормили равными порциями вручную, кратность кормления — 12 раз в светлое время суток. По результатам контрольных (каждые 10 сут) и окончательного облова оценивали темп роста молоди клариевого сома. Применяли метод объемного счета при учете личинок, метод экспертных оценок — для определения рыбоводно-биологических показателей молоди. В ТОО «КНВХ-1973» зарегистрировали абсолютный прирост 1313,7 г при кормовом коэффициенте экспериментального корма (отношение массы потребляемого корма к приросту массы рыбы) 0,93, то есть разработанный корм немного уступал импортному (0,82), который использовали в качестве стандарта. Выживаемость молоди составила 75 %, то есть практически не отличалась от таковой в контроле (77 %). В КХ «МГ» отмечали абсолютный прирост 1588,5 г при кормовом коэффициенте 0,93 (в контроле 0,88), выживаемость составила 72 % (в контроле 74 %). Таким образом, разработанный стартовый комбикорм по питательности не уступает стандарту, физиологически полноценен, сбалансирован по основным элементам питания, в том числе по незаменимым аминокислотам, характеризуется повышенной усвояемостью. Комбикорм представляет собой хорошо сыпучие крошки от темного до светло-коричневого цвета, имеет высокую водостойкость, достаточно хорошо набухает (время набухания составляет 40 мин), при набухании сохраняет форму. Он хорошо поедается рыбой, гранулы практически не ломались, не крошились, соответствовали размеру рыбы. Комбикорм соответствует санитарным нормам по микробиологическим показателям и может храниться в производственных условиях не более 10 мес. Стоимость разработанного стартового комбикорма в 3 раза ниже, чем у импортного, а себестоимость подращенной на этом комбикорме молоди клариевого сома в производственных испытаниях была меньше на 0,39-0,73 тенге/шт. при сохранении рыбоводных и биологических показателей, то есть по соотношению цена—качество казахстанский стартовый комбикорм соответствовал использованному стандартному образцу. Полученные результаты позволяют заключить, что предлагаемый корм конкурентоспособен, а его применение повысит эффективность подращивания молоди клариевого сома и расширит возможности рыбоводных хозяйств Казахстана.

Ключевые слова: аквакультура, стартовые комбикорма, *Clarias gariepinus*, клариевый сом, кормовой коэффициент, выживаемость, экструдирование.

Аквакультура в Казахстане в настоящее время переживает бурное развитие и вполне может обеспечить население страны свежей переработанной рыбной продукцией. Для этого необходимы технологии разведения быстрорастущих новых объектов. Один из таких объектов — клариевый сом *Clarias gariepinus*, при выращивании которого можно получать продукцию в короткие сроки и с минимальными трудозатратами (1-4).

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (грант № BR06249258).

Мясо *C. gariepinus* характеризуется высокой пищевой ценностью (5, 6), в нем содержатся в оптимальном соотношении белки, жиры и аминокислоты, а также полиненасыщенные (омега-3) жирные кислоты, количество которых больше, чем в мясе лососевых рыб. Кроме того, клариевый сом как объект аквакультуры имеет ряд преимуществ по сравнению с породами рыб, традиционно выращиваемыми в Казахстане, — это скороспелость, выносливость, быстрый рост (товарную массу 1000-1500 г клариевый сом достигает в возрасте 6-7 мес, половую зрелость — к 11-13 мес), устойчивость к помутнению воды и болезням (1, 2, 7). Клариевый сом всеяден, но в природе это в основном хищная рыба. Личинок *C. gariepinus* на 5-е сут начинают откармливать живым, на 10-е сут — искусственными стартовыми кормами мелкого помола (0,1-0,5 мм) (8). Особенно важно, что выращивать *C. gariepinus* можно при очень большой плотности посадки, так как клариевый сом не требует высокого содержания кислорода в воде из-за способности дышать атмосферным воздухом. Таким образом, эта рыба всеядна, неприхотлива и нетребовательна в еде, расход корма составляет 0,8-1,2 кг на 1 кг продукции, что существенно влияет на ее себестоимость и производственные затраты (9, 10).

В Казахстане технологии производства комбикормов для теплолюбивых видов рыб (тиляпия) начали разрабатывать ранее с хорошими результатами, полученными в экспериментах (11). Однако стартовые корма по-прежнему завозятся из-за рубежа (в частности, при выращивании клариевого сома наиболее распространен корм для форели Aller Futura EX 0,5-0,2 мм, «Aller Aqua», Дания), что значительно удорожает рыбопродукцию. Поэтому в настоящее время особенно актуально создание рецептов стартовых комбикормов и их производственное использование для широкого распространения и выращивания *C. gariepinus* в тепловодных хозяйствах республики. Такие комбикорма были созданы совместно ТОО «НПЦ рыбного хозяйства» (г. Алматы) и ТОО «КазНИИППП» (г. Алматы) и испытаны в производственных условиях. По результатам этих испытаний продолжилась работа над составом корма для улучшения его свойств (8, 12).

В этом сообщении впервые подтверждено, что усовершенствованная рецептура стартового комбикорма из местных ингредиентов полностью соответствует физиологическим потребностям молоди клариевого сома. Производственные испытания комбикормов и экономические расчеты подрашивания молоди показывают, что себестоимость реализованной продукции при использовании этого корма оказалась ниже, чем для импортного корма, на 1,3 % в ТОО «Капшагайское нерестово-выростное хозяйство-1973» (ТОО «КНВХ-1973») и на 2,3 % в Крестьянском хозяйстве «МГ» (КХ «МГ»). Стартовый корм казахстанского производства сбалансирован по основным питательным элементам, имеет повышенную усвояемость, экономически эффективен и вполне конкурентоспособен.

Цель нашего исследования — оценка физиологической и экономической эффективности разработанного в Казахстане стартового комбикорма для молоди *Clarias gariepinus*, оптимизированного по составу.

Методика. Состав стартового комбикорма и технологии его производства (ТОО КазНИИ перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы) разрабатывали и оптимизировали с учетом физиологических потребностей личинок *Clarias gariepinus* в основных элементах питания (12, 13). Питательную ценность сырья и комбикорма, его органолептические и физико-химические показатели, технологические свойства, микробиологические показатели оценивали согласно нормативам, включая ГОСТ 13496.0-2016, ГОСТ ISO 6498-2014, ГОСТ 13496.13-2018, ГОСТ 28254-2014, ГОСТ 13496.3-92 (ИСО 6496-83), ГОСТ 13496.4-2019, ГОСТ 32905-2014, ГОСТ

32933-2014, ГОСТ 13496.2-91, ГОСТ 26657-97, ГОСТ 28497-2014, ГОСТ 28758-97, ГОСТ ISO 7218-2015, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 31878-2012, ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002), ГОСТ 32011-2013 (ISO 16654:2001), ГОСТ 10444.7-86, ГОСТ 8.207-76, а также Единые ветеринарные (ветеринарно-санитарные) требования, предъявляемые к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору) (утверждены Решением Комиссии Евразийского экономического союза от 18 июня 2010 года № 317).

Гранулометрический состав измельченного и неизмельченного мучнистого сырья определяли при лабораторном рассеиве с установкой сит с диаметром отверстий 2, 1 и 0,5 мм. На основании данных ситового анализа рассчитывали модуль крупности размола. Эффективность смешивания оценивали по коэффициенту вариации V_c как качественному показателю распределения компонента в смеси:

$$V_c = \frac{100}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

где \bar{x} — среднее арифметическое содержания изучаемого компонента в смеси, %; x_i — значение изучаемого показателя в i -й пробе, %; n — число проанализированных проб.

При подсчете коэффициента неоднородности применялась формула Ластовцева и Хвальцова:

$$V_c = \frac{100}{C_0} \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_0)n_i}{n-1}},$$

где V_c — коэффициент неоднородности, %; n_i — число проб с концентрацией C_i ; C_0 — концентрация того же ингредиента при его идеальном распределении в смеси; C_i — концентрация того же ингредиента при его равномерном распределении в смеси.

При изготовлении опытных партий комбикорма и отработке технологии его производства методом экструдирования (ТОО «Pet Food KZ», Алматинская обл.) ингредиенты растительного и животного происхождения измельчали до крупки (размер 0,2-0,5 мм), дозировали согласно рецептуре, смешивали, влажность смеси доводили до 30 % (с учетом исходного уровня) и подвергали экструдированию при температуре от 110 до 140 °С и давлении 4 Мпа. Жир, подогретый до 48 °С, вводили напылением в барабанной установке. Полученный стартовый комбикорм для *S. gariepinus* имел вид крупки с размером частиц 2 мм.

Для установления сроков хранения в производственных условиях (ТОО «Pet Food KZ») по 100 кг (по 5 мешков) комбикормов хранили 2, 4 и 10 мес при 10-25 °С и относительной влажности от 60 до 75 % в сухих, чистых, не зараженных вредителями хлебных запасов, хорошо вентилируемых или проветриваемых закрытых складских помещениях в упакованном виде в отсутствие воздействия прямых солнечных лучей, источников тепла и влаги. Качество комбикорма в процессе хранения оценивали по показателям перекисного и кислотного числа жира согласно ГОСТ 13496.18-85, ГОСТ 13496.2-91, ГОСТ Р 51850-2001.

Перед началом производственных испытаний разработанного комбикорма выполняли общий гидрохимический анализ воды в рыбоводных водоемах; во время проведения опытов температуру воды и содержание растворенного кислорода в бассейнах определяли 3 раза в сутки, рН водной среды — 1 раз в сутки. Для измерений использовали термооксиметр Consort 932 («Consort», Бельгия).

Производственные испытания эффективности комбикорма прово-

дились на молоди клариевого сома в рыбоводных хозяйствах ТОО «Капшагайский НВХ-1973» и КХ «МГ» (Алматинская обл.). Продолжительность производственного опыта 30 сут. В качестве контроля использовали датский комбикорм для форели Aller Futura EX 0,5-0,2 мм («Aller Aqua», Дания). Эксперимент проводили в двух повторностях (два бассейна — контроль, два бассейна — опыт), рыб кормили равными порциями вручную 12 раз в светлое время суток. По результатам контроля каждые 10 сут и итогового вылова оценивали скорость роста молоди *C. gariepinus*. Численность личинок измеряли методом объемного учета; рыбоводно-биологические показатели (начальная и конечная масса рыбы, абсолютный прирост, относительный прирост, среднесуточный прирост, выживаемость) и кормовой коэффициент определяли методом экспертных оценок; регистрировали поедаемость корма, пищевое поведение рыбы (14-17).

Себестоимость рыбопосадочного материала клариевого сома при подращивании на стартовых кормах казахстанского и импортного производства рассчитывали согласно рекомендациям (18-20).

Статистическую обработку результатов оценки физико-химических и технологических характеристик комбикорма выполняли согласно ГОСТ 8.207-76 и ГОСТ 11.004-74 (СТ СЭВ 876-78). Статистический анализ рыбоводных и биологических показателей выполняли по Г.Ф. Лакину (21). Данные представлены в виде средних (M) и их стандартных ошибок ($\pm SEM$). Различия между опытом и контролем считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты. Учитывая тот факт, что искусственные корма для рыб производятся из такого сырья, как рыбная мука и рыбий жир, существуют экологические и экономические (высокая стоимость) ограничения по их использованию. Поэтому при разработке эффективных кормовых рецептур представляют интерес альтернативные источники белка растительного и животного происхождения (22-24).

В настоящее время в Казахстане отсутствуют отечественные искусственные стартовые корма для личинок и мальков *Clarias gariepinus*. Как следствие, биологические особенности рыбы в эти возрастные периоды до сих пор не имели практического значения, а ее потребности в питательных веществах корма в аквакультуре оставались до конца не изученными.

На основе анализа данных литературы (12, 13) мы определили необходимое и соответствующее физиологическим потребностям молоди *C. gariepinus* количество протеина, его основных источников, оценили требуемую питательную и энергетическую ценность стартовых комбикормов при промышленном выращивании клариевого сома:

Показатель	Значение
Обменная энергия	18,0 МДж/кг
Массовая доля (МД) сырого протеина	Не менее 50,0 %
МД сырого жира	Не менее 8,0 %
МД сырой клетчатки	Не более 2,0 %
МД сырой золы	Не более 10 %
МД лизина	Не менее 2,4 %
МД метионина + цистина	Не менее 1,1 %
МД фосфора	Не менее 1,2 %
Кислотное число жира	Не более 30,0 мг КОН в 1 г
Перекисное число жира	Не более 0,2 %J/г
МД влаги в комбикорме:	
в гранулированном	Не более 13,5 %
в экструдированном	Не более 10,0 %
Крошимость:	
гранул	Не более 3,0 %
экструдата	Не более 2,0 %
Водостойкость гранул	Не менее 30,0 мин

Сырье для производства стартовых комбикормов (средние пробы) оценили по органолептическим свойствам и качественным показателям (табл. 1).

1. Физико-химические свойства ингредиентов, которые могут быть использованы при разработке стартовых комбикормов для *Clarias gariepinus* в аквакультуре (средние пробы)

Ингредиент	Обменная энергия, МДж/кг	Показатель, %							
		линолевая кислота	сырой		сырая		БЭВ	Р	Са
			протеин	жир	клетчатка	зола			
Мука:									
рыбная	11,17	0,52	54,82	15,80		18,80	6,90	3,30	4,92
кровяная	11,74	0,10	78,20	1,10		5,60	9,43	0,38	0,42
мясокостная	9,04	0,78	48,20	25,20		22,20	11,7	4,89	9,23
Кукурузный глютен	14,81	1,12	49,60	5,08	5,20	2,00	16,88	0,52	0,32
Дрожжи кормовые	9,20	0,05	36,50	1,44	1,67	4,90	46,22	1,40	0,73
Шрот соевый	9,63	0,54	42,02	1,20	10,6	7,00	32,2	0,65	0,37
Зародыши:									
кукурузы	21,67	20,70	16,20	46,50	3,20	5,80	23,7	0,32	0,11
пшеницы	13,85	3,41	29,90	10,90	3,00	5,60	37,6	0,39	0,29
Клейковина пшеницы	15,80		75,10	1,80	0,60		13,8	0,30	0,43
Соевый изолят	11,90		89,52	4,04		5,00		0,29	0,39
Отруби пшеничные	7,20	1,77	14,40	4,10	9,88	4,97	54,87	1,00	0,24
Пшеница	12,34	0,99	11,50	1,60	2,77	1,84	70,8	0,30	0,08
Овес	12,00	1,58	12,25	4,72	2,25	1,62	67,34	0,32	0,11
Кукуруза	14,90	1,80	8,56	4,00	2,60	1,53	74,2	0,23	0,02
Жир рыбий	34,31	7,10		98,10					
Масло соевое	35,88	49,30		99,90					
Бентонит									2,34

Пр и м е ч а н и е. БЭВ — безазотистые экстрактивные вещества.

На этом основании мы рассчитали нормы варьирования для включения ингредиентов в стартовые комбикорма для личинок *C. gariepinus* в аквакультуре:

Компонент	Норма ввода, %
Пшеница	0-20
Горох	0-15
Отруби пшеничные	0-5
Шрот, жмых:	
соевый	0-20
подсолнечный	0-10
Кукурузный глютен	0-15
Мука:	
мясокостная	0-15
мясная	0-20
кровяная	0-27
рыбная	0-70
Дрожжи кормовые	0-15
Сухое обезжиренное молоко	0-10
Бентонит	0-1
Соевый изолят	0-15
Клейковина пшеницы	0-4
Масло:	
соевое	0-3
подсолнечное	0-3
льняное	0-4
Жир рыбий	0-8

В мире ведутся активные поиски инновационных способов выращивания посадочного материала хищных рыб, таких как *C. gariepinus*, с применением искусственных стартовых кормов (25, 26). Физиологическая полноценность стартовых комбикормов для молоди рыб заключается в способности удовлетворить потребности организма в основных питательных и биологически активных веществах, обеспечить высокую скорость роста и выживаемость на ранней стадии развития.

Разработанные нами стартовые комбикорма по питательности физиологически полноценны (содержание протеина не менее 50,0 %, жира не

менее 8,0 %). В состав разрабатываемых стартовых комбикормов входили компоненты с высоким содержанием сырого протеина и низким содержанием жира, так как рецептура разрабатывалась для экструдированных кормов. Ввод остального количества жира (соевого масла, рыбьего жира) осуществлялся распылением (табл. 2).

2. Пищевая ценность оптимизированного разработанного стартового комбикорма для *Clarias gariiepinus* в аквакультуре

Показатель	Содержание
Массовая доля влаги, %	9,04
Сырой белок, %	50,7
Сырой жир, %	11,53
Сырая клетчатка, %	0,83
Зола, %	10,0
Линолевая кислота, %	1,58
Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), %	15,68
Лизин, %	3,46
Метионин, %	1,02
Метионин + цистин, %	1,6
Триптофан, %	0,6
Сахар, %	0,5
Крахмал, %	6,22
Фосфор, %	1,85
Кальций, %	2,85
Валовая энергия, ккал/100 г (МДж/кг)	492,78 (20,61)
Обменная энергия, ккал/100 г (МДж/кг)	413,93 (17,31)
Составная энергетическая ценность корма, %	Белок — 58,4; жир — 22,1; углеводы — 19,5

В качестве контроля был выбран стартовый корм для форели Aller Futura EX 0,5-0,2 мм («Aller Aqua», Дания), в котором содержание белка составляет 60 %, жира — 15 %, углеводов — 5,7 %, золы 12,6 %, клетчатки — 0,7 %, фосфора — 1,4 %, энергетическая ценность — 472,3 ккал/100 г, усвояемая энергия — 396,7 ккал/100 г.

Таким образом, усовершенствованный казахстанский стартовый комбикорм для личинок и мальков *C. gariiepinus*, изготовленный в производственных условиях (ТОО «Pet Food KZ»), представляет собой хорошо сыпучую крупку от темно- до светло-коричневого цвета. Принятое соотношение компонентов в составе рецептуры создает полноценный биологический комплекс, позволяющий сбалансировать комбикорм по обменной энергии, протеину, лимитирующим аминокислотам, витаминам и минеральным веществам, физико-химическим показателям. Этот комбикорм полностью соответствуют физиологические потребностям молоди *C. gariiepinus*.

Один из важных показателей производимых гранул комбикорма — их водостойкость, снижающая потери корма, повышающая эффективность кормления и улучшающая экологическую обстановку в водоемах, чему в настоящее время уделяется особое внимание (27). Правильно разработанная рецептура корма может способствовать минимальному загрязнению воды (27). Согласно требованиям ГОСТ 28758-97, крошение экструдированных комбикормов не должно превышать 3 %. В разработанной нами опытной партии стартового комбикорма крошение не превышало 2,35 %. Комбикорм при набухании сохранял форму, время набухания составило 40 мин, то есть разработанный стартовый комбикорм имеет высокую водостойкость, при этом достаточно хорошо набухает.

Качество комбикормов, изготовленных методом экструзии, значительно улучшается благодаря термодинамическим методам обработки сырья (давление, температура). При экструзии происходит клейстеризация крахмала, то есть образуется амилопектин, в результате значительно улучшается усвоение углеводов. Экструзионная обработка значительно улучшает вкусовые качества корма за счет инактивации некоторых ферментов, что делает

его более привлекательным; при воздействии высоких температур происходит нейтрализация токсинов и патогенной микрофлоры (26, 28, 29). Белок под действием высокой температуры (1300 °С) и давления распадается на аминокислоты, которые усваиваются гораздо легче. Происходящие при экструзии потери аминокислот не носят критического характера. Аминокислоты имеют следующие границы температурного разложения: лизин — 224 °С, триптофан — 282 °С, фенилаланин — 284 °С, метионин — 283 °С, лейцин — 337 °С, изолейцин — 284 °С, валин — 315 °С, треонин — 258 °С; общая доля незаменимых аминокислот в корме остается практически неизменной по сравнению с исходной (28-30).

Известно, что в хранящемся сырье и готовой продукции происходит окисление жира до образования перекисей и кислот, под действием которых жирорастворимые витамины разрушаются и не усваиваются рыбой, что ведет к возникновению заболеваний и даже к гибели. В корме для *C. gari-epinus* окисление оценивали по кислотному и перекисному числу жира как показателям гидролиза и окисления жира (табл. 3).

3. Окисление жира в оптимизированном разработанном стартовом комбикорме для *Clarias gariepinus* при хранении в производственных условиях (ТОО «Pet Food KZ», Алматинская обл.)

Показатель	Срок хранения, мес	Значение показателя
Кислотное число жира, мг КОН/г	0	8,34
	2	16,93
	4	20,09
	10	26,36
	Перекисное число жира, %J/г	0
	2	0,12
	4	0,17
	10	0,19

При хранении в течение 10 мес во всех образцах наблюдалось увеличение кислотного числа (до 26,36 мг КОН) и перекисного числа жира (до 0,19 %). Предельные допустимые значения согласно Единым ветеринарным (ветеринарно-санитарные) требования, предъявляемые к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору), — соответственно 30 мг КОН/г и 0,2 J%/г.

Отсутствие роста патогенной микрофлоры при 10-месячном хранении означает, что санитарные показатели комбикорма не снижались в течение этого периода. Микробиологические исследования комбикорма не выявили спорообразующих бактерий *Bacillus subtilis*, *B. mesentericus*, а также молочнокислых бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов в образцах с разным сроком хранения.

Результаты гидрохимического анализа воды в ТОО «КНВХ-1973» показали, что она пригодна для рыбоводных целей. Окисляемость воды низкая (скважина — 1,12 мг/л, в пруде при подогреве — 4,51 мг/л), содержание фосфора не превышало нормативного показателя (скважина — 0,02 мг/л, пруд — 0,09 мг/л). Минерализация воды из скважины и в воде пруда в целом соответствовала нормативным значениям (скважина — 371 мг/л, пруд — 665 мг/л). Повышенное содержание нитратов в артезианской воде устраняли. Вода из глубоких скважин сначала поступала в бак-дегазатор, а потом в бак-аэратор, где насыщалась кислородом. В целом по гидрохимическим показателям вода из артезианской скважины после проведения описанных мероприятий становится пригодной для выращивания ценных видов рыб (31, 32). Содержание растворенного в воде кислорода в бассейнах колебалось в пределах 6,0-8,2 мг/л, показатель рН был стабильным (в среднем по бассейну рН 7,9), температура колебалась от 19,2 до 29,3 °С (в

среднем 24,3 °С), содержание основных биогенных элементов соответствовало общепринятым показателям (33). Реакция воды в водоподающем канале КХ «МГ» слабощелочная (рН 7,96), количество органического вещества невысокое (по перманганатной окисляемости 5,9 мг О/дм³), содержание биогенных элементов достаточное для развития водной растительности. Концентрация аммонийного азота — 0,06 мг/дм³, нитритов и минерального растворенного фосфора — 0,001-0,003 мг/дм³, нитратов — 1,3 мг/дм³, железа — 0,03 мг/дм³, кремния — 3,5 мг/дм³. По техническим свойствам вода соответствует категории жесткая (с общей жесткостью 6,1 мг-экв/дм³), по суммарному содержанию растворенных солей относится к пресной с минерализацией 715 мг/дм³, по доминирующим ионам принадлежит гидрокарбонатному классу, магниевой группе. Качество воды из водоподающего канала КХ «МГ» по основным показателям соответствовало требованиям, предъявляемым к рыбоводным хозяйствам (31-33).

В производственных испытаниях предлагаемый стартовый комбикорм хорошо поедался рыбой, частицы практически не ломались, не крошились, соответствовали размеру, требуемому для подросшей рыбы, имели высокий кормовой коэффициент — 0,93. Это на 0,11 выше, чем для самого распространенного в Казахстане корма фирмы «Aller Aqua», который был выбран в качестве контрольного, и отвечающего физиологическим требованиям клариевого сома по питательности (табл. 4, 5). Выживаемость рыбы при использовании двух сравниваемых кормов практически не различалась и варьировала от 75 до 77 % (см. табл. 4, 5).

4. Рыбоводные и биологические показатели личинок *Clarias gariepinus* в возрасте до 5 нед при выращивании на стандартном и разработанном корме (N = 2, n = 25, ТОО «КНВХ-1973», Алматинская обл., 2020 год)

Параметр	Стартовый корм	
	разработанный	Aller Futura EX 0,5-0,2 мм
Время выращивания, сут	30	30
Плотность посадки, шт/м ³	10000	10000
Исходная масса, мг (M±SEM)	1,3±0,1	1,3±0,1
Конечная масса, мг (M±SEM)	1315±58,1	1380±62,3
Абсолютный прирост массы, г	1313,7	1378,7
Среднесуточный прирост массы, мг	43,79	45,9
Кормовой коэффициент	0,93	0,82
Выживаемость, %	75	77

В условиях ТОО «КНВХ-1973» средняя масса *C. gariepinus* при использовании разработанного корма была всего на 65 мг ниже (p > 0,05), чем у рыбы, получавшей стандартный корм, среднесуточный прирост различался на 2,11 мг, выживаемость — на 2 % (см. табл. 4).

5. Рыбоводные и биологические показатели личинок *Clarias gariepinus* в возрасте до 5 нед при выращивании на стандартном и разработанном корме (N = 2, n = 25, КХ «МГ», Алматинская обл., 2020 год)

Параметр	Стартовый корм	
	разработанный	Aller Futura EX 0,5-0,2 мм
Время выращивания, сут	30	30
Плотность посадки, шт/м ³	10000	10000
Исходная масса, мг (M±SEM)	1,5±0,1	1,6±0,1
Конечная масса, мг (M±SEM)	1590±57,1	1680±61,2
Абсолютный прирост массы, г	1588,5	1678,4
Среднесуточный прирост массы, мг	52,95	55,9
Кормовой коэффициент	0,93	0,88
Выживаемость, %	72	74

В условиях КХ «МГ» в обоих вариантах также были получены удовлетворительные результаты. Значения абсолютного и среднесуточного при-

ростов в обоих вариантах различались незначительно — соответственно на 89,9 и 2,95 мг; показатели выживаемости находились в пределах нормативных значений и с разницей 2 %; величина кормового коэффициента составила 0,93 против 0,88; средняя масса *C. gariepinus* была на 90 мг ниже ($p > 0,05$).

Отметим, что в Казахстане стартовые корма для личинок и молоди *C. gariepinus* и нормативные документы на такие корма отсутствуют. Наши производственные испытания показали хорошие результаты в обоих вариантах опыта.

Расчетные параметры при выращивании молоди клариевого сома при кормлении разными стартовыми искусственными кормами в разных рыбоводных хозяйствах представлены в таблицах 6 и 7.

6. Расчетные показатели выращивания молоди *Clarias gariepinus* на стандартном и разработанном корме (ТОО «КНВХ-1973», Алматинская обл., 2020 год)

Параметр	Стартовый корм	
	разработанный	Aller Futura EX 0,5-0,2 мм
Посадочный материал (за 10000 мальков), тенге	200000,00	200000,00
Фонд оплаты труда работников, включая налоги, тенге	6400,00	6400,00
Количество корма, кг	9,16	8,70
Цена корма, тенге	505,58	1500,00
Общая стоимость корма, тенге	4630,14	13051,04
Накладные расходы, тенге	10551,51	10972,55
Общие производственные затраты, тенге	221581,65	230423,59
Выход продукции, шт.	7500,00	7700,00
Стоимость реализуемой продукции, тенге/шт.	29,54	29,93
Конечная масса, мг	1315,00	1380,00
Соотношение цена-качество, тенге/мг	0,022	0,022

Наибольшая доля в себестоимости выращенной молоди клариевого сома в ТОО «КНВХ-1973» приходилась на стоимость рыбопосадочного материала как промежуточной рыбной продукции (90,3 % от общих производственных затрат при использовании корма разработанной нами рецептуры и 86,8 % — для корма фирмы «Aller Aqua». Далее следуют прочие расходы (коммунальные услуги, затраты на корма, фонд оплаты труда и т.д.) — соответственно 9,7 и 13,2 %.

7. Расчетные показатели выращивания молоди *Clarias gariepinus* на стандартном и разработанном корме (КХ «МГ», Алматинская обл., 2020 год)

Параметр	Стартовый корм	
	разработанный	Aller Futura EX 0,5-0,2 мм
Посадочный материал (за 10000 мальков), тенге	200000,00	200000,00
Фонд оплаты труда работников, включая налоги, тенге	6400,00	6400,00
Количество корма, кг	10,63	10,93
Цена корма, тенге	505,58	1500,00
Общая стоимость корма, тенге	5375,90	16390,70
Накладные расходы, тенге	10551,51	10972,55
Общие производственные затраты, тенге	222364,70	233930,24
Выход продукции, шт.	7200,00	7400,00
Стоимость реализуемой продукции, тенге/шт.	30,88	31,61
Конечная масса, мг	1590,00	1680,00
Соотношение цена-качество, тенге/мг	0,019	0,019

В КХ «МГ» основную часть себестоимости подрощенной молоди составляла стоимость рыбопосадочного материала (89,9 % от общих производственных затрат для разработанного комбикорма против 85,5 % для корма фирмы «Aller Aqua»). На прочие расходы приходилось соответственно 10,1 и 14,5 %.

При том, что у стартового комбикорма казахстанского производства стоимость в 3 раза меньше, чем у импортного, себестоимость подрощенной молоди клариевого сома при использовании предлагаемого комбикорма оказалась ниже на 0,73 тенге/шт. в КХ «МГ» и на 0,39 тенге/шт. в ТОО

«КНВХ-1973» при сохранении рыбоводных и биологических показателей.

Итак, стартовый комбикорм для *Clarias gariepinus*, разработанный в Казахстане, представляет собой хорошо сыпучую крупку от темного до светло-коричневого цвета. По питательным (содержание протеина 50,70 %, жира — 11,53 %, обменной энергии — 17,31 МДж/кг), физико-химическим свойствам и привлекательности стартовый комбикорм полностью соответствует физиологическим потребностям молоди *C. gariepinus*. При испытаниях в двух рыбоводных хозяйствах абсолютный прирост живой массы составил 1313,7-1588,5 г (в контроле 1378,7-1678,4 г), кормовой коэффициент — 0,93 (против 0,82-0,88 в контроле), выживаемость — 75 и 72 % (при 77 и 74 % в контроле). Средняя масса *C. gariepinus* при использовании разработанного корма была на 65-90 мг ниже ($p > 0,05$). При этом стоимость разработанного корма значительно (в 3 раза) ниже, чем у стандарта, а по питательности он не уступает стандарту. Себестоимость подрощенной молоди клариевого сома в производственных испытаниях была меньше на 0,39-0,73 тенге/шт. при сохранении рыбоводных и биологических показателей молоди. Разработанный комбикорм соответствует санитарным нормам по микробиологическим показателям и хорошо хранится в течение 10 мес. Использование этого стартового комбикорма позволяет повысить рентабельность технологии выращивания молоди *C. gariepinus* в бассейнах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Labenets A.V., Sevryukov V.N. *Clarias gariepinus*: a good choice for industrial cultivation. *Proceedings of Int. Conference «Current state and the prospects of development of an aquaculture» (Gorki, Belarus, December 7-9, 1999)*. Gorki, 1999: 30-31.
2. Putra I., Rusliadi R., Fauzi M., Tang U.M., Muchlisin Z.A. Growth performance and feed utilization of African catfish *Clarias gariepinus* fed a commercial diet and reared in the biofloc system enhanced with probiotic. *F1000Research*, 2017, 6: 1545 (doi: 10.12688/f1000research.12438.1).
3. Muchlisin Z., Nur N., Nadiyah W., Musman M., Musri, Siti-Azizah M. Preliminary study on the natural extenders for artificial breeding of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *AACL Bioflux*, 2010, 3(2): 119-124.
4. Muchlisin Z.A., Nadiyah W.N., Nadiya N., Fadli N., Hendri A., Khalil M., Siti-Azizah M.N. Exploration of natural cryoprotectants for cryopreservation of African catfish, *Clarias gariepinus*, Burchell 1822 (Pisces: *Clariidae*) spermatozoa. *Czech J. Anim. Sci.*, 2015, 60(1): 10-15 (doi: 10.17221/7906-CJAS).
5. Rosa R., Bandarra N.M., Nunes M.L. Nutritional quality of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): a positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. *International Journal of Food Science & Technology*, 2007, 42: 342-351 (doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.01256.x).
6. Abdel-Mobdy H.E., Abdel-Aal H.A., Souzan S.L., Nassar A.G. Nutritional value of African catfish (*Clarias gariepinus*) meat. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, 2021, 8(2): 31-39 (doi: 10.9734/ajacr/2021/v8i230190).
7. El Naggar G.O., John G., Rezk M.A., Elwan W., Yehia M. Effect of varying density and water level on the spawning response of African catfish *Clarias gariepinus*: implications for seed production. *Aquaculture*, 2006, 261(3): 904-907 (doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.07.043).
8. Сидорова В.И., Асылбекова С.Ж., Январева Н.И., Койшыбаева С.К., Бадрызлова Н.С., Мухрамова А.А., Шуткараев А.В. Экструдированные стартовые комбикорма для клариевого сома. *Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство*, 2020, 2: 82-93 (doi: 10.24143/2073-5529-2020-2-82-93).
9. Александрова У.С., Ковалева А.В., Матишов К.Д. Выращивание нетрадиционных объектов аквакультуры в условиях установок с замкнутым водоиспользованием. *Наука юга России*, 2018, 14(4): 74-81 (doi: 10.7868/S25000640180409).
10. Пономарев С.В., Лагуткина Л.Ю., Киреева И.Ю. *Фермерская аквакультура: рекомендации*. М., 2007.
11. Zharkenov D.K., Isbekov K.B., Sadykulov T.S., Pekli J., Badryzlova N.S. The results of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) breeding in pond farm of Almaty region using locally made experimental productive food. *Ecology, Environment and Conservation Paper*, 2017, 23(3): 1273-1280.

12. Mukhramova A., Assylbekova S., Sambetbaev A., Policar T., Isbekov K., Koishybayeva S., Badryzlova N. Use of the domestic starter feeds for culturing clarid catfish and tilapia. *Eurasian Journal of Biosciences*, 2020, 14(1): 453-458.
13. Suhendra N. Growth performance of working catfish *Clarias batracus* fed an experimental diet with varying levels of protein and energy. *Buletin Penelitian Perikanan Darat*, 1988, 7(2): 16-23.
14. Власов В. Какие комбикорма лучше усваивает клариевый сом. *Комбикорма*, 2012, 5: 67-69.
15. Щербина М.А., Гамыгин Е.А. *Кормление рыб в пресноводной аквакультуре*. М., 2006.
16. Карпанин Л.П., Иванов А.П. *Рыбоводство*. М., 1997.
17. Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Никоноров С.И., Пономарева Е.Н., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. *Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России*. Астрахань, 2002.
18. Ефимова О.В. *Финансовый анализ: современный инструментарий для принятия экономических решений*. М., 2010.
19. Ковалев В.В. *Основы теории финансового менеджмента*. М., 2007.
20. Кэхилл М. *Инвестиционный анализ и оценка бизнеса*. М., 2012.
21. Лакин Г.Ф. *Биометрия*. М., 1990.
22. Anis Mohamad Sukri S., Andu Y., Tuan Harith Z., Sarijan S., Naim Firdaus Pauzi M., Seong Wei L., Dawood M.A.O., Abdul Kari Z. Effect of feeding pineapple waste on growth performance, texture quality and flesh colour of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2022, 29(4): 2514-2519 (doi: 10.1016/j.sjbs.2021.12.027).
23. Delamare-Deboutteville J., Batstone D.J., Kawasaki M., Stegman S., Salini M., Tabrett S., Smullen R., Barnes A.C., Hülsen T. Mixed culture purple phototrophic bacteria is an effective fishmeal replacement in aquaculture. *Water Res. X*, 2019, 4: 100031 (doi: 10.1016/j.wroa.2019.100031).
24. Rawski M., Mazurkiewicz J., Kierończyk B., Jyzefiak D. Black soldier fly full-fat larvae meal is more profitable than fish meal and fish oil in Siberian sturgeon farming: the effects on aquaculture sustainability, economy and fish GIT development. *Animals (Basel)*, 2021, 11(3): 604 (doi: 10.3390/ani11030604).
25. Усов М.М. Применение раннего внесения кормов в емкости с предличинкой хищных видов рыб. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*, 2012, 15(1): 250-257.
26. Романова Е.М., Любомирова В.Н., Мухитова М.Э., Романов В.В., Шадыева Л.А., Шленкина Т.М., Галушко И.С. Репродуктивная биотехнология африканского клариевого сома. *Рыбоводство и рыбное хозяйство*, 2017, 12(143): 49-57.
27. Kong W., Huang S., Yang Z., Shi F., Feng Y., Khatoun Z. Fish feed quality is a key factor in impacting aquaculture water environment: evidence from incubator experiments. *Sci. Rep.*, 2020, 10(1): 187 (doi: 10.1038/s41598-019-57063-w).
28. Каргалова М.С., Яковцева Е.В. Расширение ассортимента изделий из зерновых культур. *Пищевая технология и сервис (Алматы)*, 2001, 3: 12-13.
29. Шевцов А.А., Василенко В.Н., Ожерельева О.Н., Бабич Е.В. Исследование качественных показателей экструдированных кормов для рыб. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2010, 9: 28-29.
30. Василенко В.Н., Остриков А.Н. *Техника и технологии экструдированных комбикормов: монография*. Воронеж, 2011.
31. Григорьев С.С., Седова Н.А. *Индустриальное рыбоводство. Часть 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами*. Петропавловск-Камчатский, 2008.
32. Peteri A., Moth-Poulsen T., Kovacs E. *African catfish (Clarias gariepinus, Burchell 1822) production with special reference to temperate zones. A manual*. Budapest, 2015.
33. Kurbanov A.R., Kamilov B.G. *Cultivation of the African catfish — Clarias gariepinus in the conditions of Uzbekistan: manual*. Tashkent, 2017 (in Russ.).

¹Казахский национальный аграрный университет,

020010 Казахстан, г. Алматы, проспект Абая, 8,
e-mail: mukhramova@fishrpc.kz ✉; sambetbaev57@mail.ru;

²Научно-производственный центр рыбного хозяйства,

050016 Казахстан, г. Алматы, проспект Суяубая, 89А,
e-mail: assylbekova@mail.ru, isbekov@fishrpc.kz;

³Казахский НИИ перерабатывающей

и пищевой промышленности,

050060 Казахстан, г. Алматы, проспект Гагарина, 238Г,
e-mail: sid-valentina@mail.ru

Поступила в редакцию

21 августа 2021 года

KAZAKHSTAN STARTER COMPOUND FEED FOR AFRICAN CATFISH (*Clarias gariepinus*): FORMULATION, QUALITY CHARACTERIZATION, AND EFFICIENCY IN AQUACULTURE

A.A. Mukhramova^{1, 2} ✉, S.Zh. Assylbekova², V.I. Sidorova³, A.A. Sambetbaev¹,
K.B. Isbekov²

¹Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan, 8, Abay Avenue, Almaty, 020010 Kazakhstan, e-mail mukhramova@fishrpc.kz (✉ corresponding author), sambetbaev57@mail.ru;

²Fisheries Research and Production Center, 89A, Suyunbay Avenue, Almaty, 050016, Kazakhstan, e-mail assylbekova@mail.ru, isbekov@fishrpc.kz;

³Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, 238G, Gagarin Avenue, 050060, Kazakhstan, e-mail sid-valentina@mail.ru

ORCID:

Mukhramova A.A. orcid.org/0000-0002-4701-6195

Sambetbaev A.A. orcid.org/0000-0002-7450-5496

Assylbekova S.Zh. orcid.org/0000-0002-6648-4744

Isbekov K.B. orcid.org/0000-0002-8197-117X

Sidorova V.I. orcid.org/0000-0001-6244-0691

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

Funded by the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR06249258)

Received August 21, 2021

doi: 10.15389/agrobiol.2022.4.791eng

Abstract

Currently, the breeding of *Clarias gariepinus* is a promising area of aquaculture in Kazakhstan. African catfish is a fast-growing, rapid-maturing, hardy and disease-resistant species. In the Almaty region, breeding of African catfish is most relevant due to a large number of geothermal sources which can significantly reduce the cost of fish growing. However, fish farmers use imported starter feeds. Here, we submit research data on approbation of the Kazakhstan starter feed for larvae of *C. gariepinus*. A technology has been developed for the production of mixed feed based on grain raw materials using the extrusion method (LLP Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty). The experimental feed is a 50.7 % protein, 11.53 % fat, and 17.31 MJ/kg of metabolic energy. Experimental rearing (LLP Kapshagai spawning and rearing farm-1973 and a peasant farm MG, Almaty region, 2020). Trout feed Aller Futura EX 0.5-0.2 mm (Aller Aqua, Denmark), the most common feed for growing *C. gariepinus* in Kazakhstan was a control. The experiment was arranged in duplicate, two pools for the control and two pools for the experiment. The fish was fed by hand 12 times during daylight hours in equal portions. The growth rate of juvenile *C. gariepinus* was assessed by control catches at 10-day intervals and a final catch. Volumetric method was used for the *C. gariepinus* larvae counting. Fish-breeding and biological parameters of the juvenile *C. gariepinus* were obtained by expert assessments. Absolute bodyweight gain, the feed conversion ratio and the survival rate of juveniles were 1313.7 g, 0.93 vs. 0.82 in the control and 75 % vs. 77 % in control, respectively, (the LLP KSRF-1973) and 1588.5 g, 0.93 vs. 0.88, 72 % vs. 74 % (the MG farm). Thus, the developed starter feed is not inferior to the standard in terms of nutritional value, it is physiologically complete, balanced in the main nutrients, including essential amino acids, and easier to digest. The compound feed is a well-flowing crumbs from dark to light brown in color, has high water resistance, swells quite well (swelling time is 40 minutes), and retains its shape during swelling. It was well eaten by fish. The granules practically did not break, did not crumble, and were of a size convenient for fish. Compound feed complies with sanitary standards in terms of microbiological indicators and can be stored for 10 months. The cost of the developed starter compound feed is 3 times lower than that of the imported one, and the cost of African catfish juveniles was less by 0.39-0.73 tenge per individual while fish breeding and biological parameters remained quite high. That is, in terms of the combination of price-quality, the Kazakhstani starter mixed fodder corresponded to the used standard sample. The results obtained allow us to conclude that the proposed feed is competitive, and its use will improve the efficiency of rearing juveniles of African catfish and the capabilities of fish farms in Kazakhstan

Keywords: aquaculture, starting compound feed, *Clarias gariepinus*, juveniles, fodder coefficient, survival, extruding.