

БИОЛОГИЯ

УДК 639.371.03: 639.3.043

КАРОТИНОИДЫ В ПИТАНИИ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

© 2007 г. С.В. Пономарев¹

Публикация посвящена теоретическому и практическому исследованию в области изучения свойств каротиноидов (β-каротин) в питании осетровых рыб. Установлено, что в отличие от лососевых рыб, которым необходим астаксантин, в организме осетровых рыб усваивается и используется в физиологических процессах натуральный β-каротин.

ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью индустриального осетроводства является выращивание рыб в контролируемых условиях с использованием сухих гранулированных комбикормов при недостатке или полном отсутствии в питании живых кормовых организмов. Таким образом, актуальной задачей является улучшение состава комбикормов и технологий кормления, особенно на ранних этапах развития рыб. При разработке состава рецептов комбинированных кормов, помимо их сбалансированности по основным питательным веществам, необходимо также уделять внимание наличию в них эссенциальных биологически активных веществ. К их числу наряду с витаминами и минеральными веществами относятся каротиноиды – природные пигменты, содержащиеся в естественной пище рыб.

Каротиноиды – одна из наиболее распространенных групп пигментов. Известны три природных изомера каротина: α-, β- и γ-каротин. Имея одинаковую эмпирическую формулу $C_{40}H_{56}$, они различаются рядом физико-химических свойств: температурой плавления, способностью адсорбироваться на окислах металлов, спектральными характеристиками. Структурной причиной, обуславливающей эти изменения, является различное расположение двойных связей на одном из концов молекулы β-каротина. Часто ему сопутствует в том или ином количестве α- и γ-каротин [1–3].

Из всех известных каротиноидов только 10% обладают про-А-витаминной активностью. β-каротин является наиболее активным провитамином А, α- и γ-каротины имеют меньшую биологическую активность [4].

Каротиноиды не синтезируются в организме животных, но в живом организме их молекулы могут модифицироваться в процессе этерификации и окисления [1]. Наибольшей активностью обладает астаксантин, имеющий в структуре как гидроксид-, так и кетогруппы. Его называют суперактивным каротиноидом, он используется в клетках для защиты высоконенасыщенных липидов [2, 3].

Только в настоящее время β-каротин появился на отечественном рынке кормового сырья в виде новых продуктов с высокой концентрацией (8% и выше): β-каротин рыбный и β-carotene synthetic. В кормах для сельскохозяйственных животных также применяют новый весьма перспективный каротиноидный натуральный препарат Cl natural yellow 26, который, как природный комплекс, содержит α- и β-каротины (35% β-каротина, 15% α-каротина и 0,1% γ-каротина) [1, 5].

В органах и тканях рыб обнаружено около 40 каротиноидных пигментов и около 20 каротиноидов. При этом наибольшее их разнообразие представлено в коже и печени, значительно меньше – в икре и мышцах. Разнообразие каротиноидов в печени рыб, вероятно, связано с тем, что основная их часть, потребляемая с пищей, в составе жиров поступает в кровь по различным органам и тканям.

У лососевых, например, основными пигментами являются астаксантин, кантаксантин, лютеин, зеаксантин, причем астаксантин является незаменимым и должен поступать с пищей. Другие пигменты могут трансформироваться из астаксантина и частично один из другого [6, 7]. В онтогенезе лососевых происходит перераспределение каротиноидов в различных частях тела. Общее количество каротиноидов в теле рыб увеличивается за время жизни в тысячи раз. После рассасывания желточного мешка все пиг-

¹ Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону.

менты сосредоточиваются в коже, по мере роста массы начинается накопление пигментов в мышцах.

В тканях рыб с белыми мышцами преобладают желтые пигменты. Основным каротиноидным пигментом осетровых считается зеаксантин, именно он был единственным каротиноидом, найденным в икре севрюги, русского осетра, а также окуня и ерша. Красный пигмент – астаксантин – также встречается у многих видов рыб с белыми мышцами: у линя (в покровах и печени), карпа (в икре, коже, мозге), карася (в мышцах, покровной ткани) [8, 9].

Наличие у большинства рыб разнообразных пигментов связано с поступлением последних с пищей, которой служат водные беспозвоночные, способные трансформировать β -каротин в иные каротиноидные изомеры. Усвоение каротиноидов, как и других липидов, происходит в дуоденальной области тонкого кишечника. Под влиянием желудочно-кишечной среды, специфических рецепторов протеинов каротиноиды могут разрушаться окислителями или энзимами либо метаболизировать, как, например, β -каротин в витамин А в слизистой кишечника [10, 11].

Поскольку каротиноиды относятся к жирорастворимым соединениям, их усвоение коррелирует с присутствием липидов в рационе рыб и зависит от ненасыщенности последних [12].

У высших позвоночных механизм образования витамина А из β -каротина хорошо изучен: молекула β -каротина расщепляется по центральной двойной связи на две равные части, образуя две молекулы витамина А. Возможность трансформации астаксантина рыб до витамина А долгое время подвергалась сомнению. Но в последние годы были открыты метаболические пути расщепления астаксантина у рыб, в процессе которого он проходит стадию β -каротина, т.е. непосредственного предшественника ретинола. Таким образом, стали понятны механизмы образования витамина А у водных животных, которые потребляют с пищей и накапливают большое количество астаксантина, но практически не получают β -каротина. Показано, что у радужной форели не только астаксантин, но кантаксантин и зеаксантин участвуют по той же схеме в образовании витамина А₁ и затем А₂ [13, 14].

Каротин-протеины в значительном количестве содержатся в панцире и икре ракообразных. Каротиноиды могут косвенно поддерживать водный баланс организма, способствуют работе обонятельных рецепторов и хеморецепторов.

Считается, что каротиноиды (ксантофилы) используются как запас кислорода в нейрональной цепочке [14]. Учитывая существующую взаимосвязь между каротиноидной и кальциевой концентрацией, в особенности в компонентах митохондрий с каротиноидсодержащими мембранами, можно заключить, что эти липохромы играют большую роль в транспорте кальция через мембраны [14]. Каротиноиды проявляют и стимулирующую аппетит активность (физиологически и этиологически) [15].

Весьма важной, проявляющейся внешне функцией каротиноидов является способность обеспечивать яркую окраску организмов. У лососевых рыб именно астаксантин придает характерную яркую окраску. От наличия кантоксантина может зависеть оранжевый цвет желтка птичьих яиц, окраска перьев [16, 17].

Были выполнены исследования по оценке эффективности введения каротиноидов в комбикорма для различных видов рыб. Традиционным источником каротиноидных пигментов в искусственных кормах для лососевых являются продукты, получаемые из креветок или других ракообразных [18–20].

Японские исследователи выявили важную роль астаксантина неполярных липидов крыля в повышении качества яиц производителей красного морского карася. Улучшение качества икры они объясняют антиоксидантными свойствами астаксантина в неполярных липидах, в то время как в полярных липидах эту роль выполняют фосфатидилхолин и витамин Е [21].

В последнее время каротиноидные препараты используются для поддержания или улучшения пигментации мяса культивируемых рыб, главным образом на заключительной стадии выращивания от 8 до 16 недель [22].

При сравнении усвояемости астаксантина и кантаксантина выяснилось, что эффективность усвоения астаксантина выше. При добавлении пигментов в равных количествах к рациону форели астаксантин аккумулировался в мышцах примерно в 1,5 раза интенсивнее, чем кантаксантин [23, 24]. В литературе имеются некоторые сведения о благоприятном действии каротиноидных пигментов на рост и физиологическое состояние рыб с белыми мышцами – осетровых, карпа, сиговых [4, 25].

Целью наших исследований явилась оценка эффективности действия натурального и синтетического каротиноидов в составе комбикормов для осетровых рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперименты по оценке эффективности витатона в составе комбикормов для осетровых рыб проводили в лабораторных условиях аквариального комплекса Астраханского государственного технического университета.

В экспериментальной части работы следовало установить биологическую эффективность источников β -каротина: витатона рыбного в сравнении с карофил-пинком.

Витатон рыбный в отличие от традиционно применяемых каротиноидов химического происхождения (астаксантин и кантоксантин) характеризуется высоким уровнем содержания натурального β -каротина. Препарат “Витатон рыбный” представляет собой инактивированную биомассу гриба *Blakeslea trispora*, полученную по специальной технологии с использованием продуктов переработки кукурузы. Витатон в отличие от других синтетических препаратов β -каротина не требует для хранения низких температур, он также более устойчив к свету и избыточной влажности. Витатон является дополнительным источником витамина Е. Препарат “Витатон рыбный” содержит в своем составе 90–92% сухого вещества, 25–30% протеина, 55–60% липидов, 8–9% золы, 8% β -каротина. В состав Витатона входят как свободные, так и связанные аминокислоты, входящие в состав белка препарата. Содержание общих липидов в препарате составляет 44,7%. Фракционный состав общих липидов показал наличие шести основных фракций липидов, где преобладают фосфолипиды, диглицериды, триглицериды. Препарат содержит широкий спектр витаминов и эссенциальных микроэлементов (Co, Cu, Cr, Fe, I, Mn, Mo, Se, Zn).

В кормах для лососевых рыб широко применяется атаксантин (производное соединения β -каротина) и его синтетические аналоги (карофил-пинк). В комбикормах для сельскохозяйственных животных, а также в пищевой промышленности применяются различные каротиносодержащие препараты, в том числе β -каротин синтетический, представляющий собой кристаллический порошок от красного до коричнево-красного цвета, получаемый микробиологическим путем из водорослей, с содержанием β -каротина до 85%, и комплексный препарат CI natural yellow 26 в виде экстрактов натуральных каротиноидов, имеющий в своем составе около 85% β -каротина, около 15% α -каротина и около 0,1% γ -каротина [26]. В 1970-е годы известная швей-

царская фирма “Хоффман-Ля Рош” (Hoffman-La Roche) разработала технологию и организовала производство синтетического кантаксантина, а позднее и синтетического атаксантина [26]. Каротиноидные синтетические препараты представляют собой сухие стабилизированные антиоксидантами порошки, в которых пигмент тонко распределен на желатиновой основе, что защищает каротиноиды от окисления и обеспечивает длительный срок хранения. Товарное название кантаксантина – “Роксантин” (Roxantin), “Карофилл Ред” (Carophyll Red). В 1 кг препарата содержится 100 г синтетического кантаксантина. Товарное название атаксантина – “Карофилл Пинк” (Carophyll Pink). Количество пигмента – 50,8 или 98 г в 1 кг препарата. Многочисленные эксперименты, проведенные в разных странах на лососевых рыбах, показали перспективность использования синтетических кантаксантина и атаксантина в качестве источника пигментов в кормах для радужной форели, атлантического лосося, арктического гольца [27].

В качестве базовых использовали партии комбикормов ОСТ-6 (стартовый) и ОТ-7 (производственный), в которые вводили каротиноиды в период приготовления.

Согласно схеме опытов, проведенных в лабораторных условиях, Витатон вводили в состав стартового и производственных комбикормов в количестве 200, 400 и 800 мг/кг корма, что эквивалентно дозам β -каротина 16, 32, 64 мг/кг комбикорма. В качестве контроля использовали синтетический каротиносодержащий препарат “Карофилл-пинк”.

В качестве объектов исследований использовали личинок и молодь русского осетра (в лабораторных условиях), а также двухгодовалых белуги (в производственных условиях). Суточную норму кормления определяли в зависимости от массы тела рыб и температуры воды, согласно общепринятой технологии выращивания [24]. Выращивание личинок и молоди русского осетра проводили в аквариумах емкостью 400 л. Плотность посадки определяли в зависимости от массы тела и температуры воды. Температура воды при проведении экспериментов составляла 19,5–21,5 °С, содержание кислорода 7,8–8,2 мг/л, рН 7,3–7,5. Анализ химического состава тела исследуемых рыб выполняли общепринятыми методами: содержание влаги – высушиванием; жира – экстракционным методом в аппарате Сокслета; содержание белка – по Къельдалю; золы – сжиганием в муфельной печи при температуре 500 °С [28]. При исследовании крови выращенной рыбы для определения показателей

Таблица 1. Рыбоводно-биологические показатели выращивания личинок русского осетра на стартовом комбикорме ОСТ-6 с разными нормами Витатона

Показатели	Количество Витатона, мг/кг корма			
	200	400	800	Контроль
Масса начальная, г	0,06	0,06	0,06	0,06
Масса конечная, г	0,856±0,05*	1,678±0,046*	1,358±0,062*	0,483±0,054
Абсолютный прирост, г	0,796	1,618	1,298	0,423
Среднесуточный прирост, %	5,8	6,2	6,1	5,2
Выживаемость, %	73	75	75	70
Кормовые затраты, ед.	1,3	1,0	1,1	1,4
Продолжительность опытов, сут.	30	30	30	30

* Показатели достоверно отличаются от контроля при $P < 0,05$.

гематокрита использовали гематокритную центрифугу МГ6-02, содержание гемоглобина определяли с помощью гемометра Сали, количество эритроцитов – в камере Горяева [28]. Контроль над темпом роста рыбы осуществляли один раз в 10 суток. Взвешивание и биометрические измерения рыб проводили согласно рекомендациям И.Ф. Правдина [29]. Среднесуточную скорость роста личинок рассчитывали по Г.Г. Винбергу [30]. Среднесуточную скорость роста сеголетков и трехлетков вычисляли по формуле сложных процентов [30]. На основании данных об изменении средней массы и химического состава тела рыб рассчитывали абсолютные величины накопления питательных веществ в теле рыб [28].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты экспериментов по введению в состав стартового комбикорма ОСТ-6 Витатона в количестве 200, 400, 800 мг/кг выявили эффективность его использования. Анализ полученных результатов за 30 суток выращивания личинок русского осетра показал преимущество введения в состав комбикорма ОСТ-6 400 мг Витатона на 1 кг корма (табл. 1). В этом варианте отмечен высокий среднесуточный прирост (6,2%) при выживаемости 75%. При добавлении в корм 800 мг/кг Витатона также были отмечены высокие показатели роста рыб.

Для более полной оценки эффективности использования Витатона при выращивании личинок русского осетра оценивали химический состав тела выращенных рыб (табл. 2). Анализ данных общего химического состава тела выращенной молоди показал, что увеличение количества Витатона в составе стартового комбикорма приводит к повышению уровня липидов в анали-

зируемых образцах. Наиболее высокое накопление протеина и жира в теле молоди русского осетра наблюдали при введении в комбикорм 400 мг/кг Витатона. Количество протеина в пробах тела рыб вариантов 2 и 3 (400 и 800 мг/кг Витатона) отличается от контроля (с “Карофилл-пинком”) в среднем на 2%.

Таким образом, по совокупности всех проанализированных рыбоводно-биологических и биохимических показателей выявлено, что оптимальной нормой ввода в состав стартового комбикорма для личинок осетровых рыб является 400 мг Витатона. Этот препарат в сравнении с “Карофилл-пинком” более эффективен и может быть использован как биологическая кормовая добавка.

Результаты выращивания молоди русского осетра со средней массой 7,2 г в аквариальном комплексе приведены в табл. 3. Установлено, что наиболее эффективной нормой введения Витатона в состав продукционного комбикорма ОТ-7 при выращивании молоди осетровых рыб является 400 мг/кг корма. В этом варианте была отмечена наиболее высокая среднесуточная скорость роста при низких кормовых затратах, в контроле показатели выращивания были наиболее низкими.

Таблица 2. Химический состав тела молоди русского осетра, %

Показатели	Количество Витатона, мг/кг корма			
	200	400	800	Контроль
Влага	86,8	89,0	88,7	86,5
Абсолютно сухое вещество				
Протеин	70,1	69,2	69,4	68,2
Жир	11,0	11,7	11,8	11,3
БЭВ	5,3	5,7	5,7	5,4
Зола	13,6	13,4	13,1	15,1

Таблица 3. Рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди русского осетра на продукционном комбикорме ОТ-7 с добавлением различного количества Витатона

Показатели	Количество Витатона, мг/кг корма			
	200	400	800	Контроль
Масса начальная, г	7,3	7,7	7,0	6,7
Масса конечная, г	31,9	37,7	31,0	25,5
Абсолютный прирост, мг	24,6	30,0	24,0	18,8
Куп начальный	0,5	0,4	0,4	0,5
Куп конечный	0,7	0,9	0,8	0,7
Среднесуточный прирост, %	6,61	7,04	6,56	6,04
Выживаемость, %	96	98	98	97
Кормовые затраты, ед.	1,6	1,2	1,4	1,7

Таблица 4. Химический состав тела русского осетра, %

Показатели	Количество Витатона, мг/кг корма			
	200	400	800	Контроль
Влага	85,6	86,2	88,1	87,3
Абсолютное сухое вещество				
Протеин	68,2	66,5	64,2	66,7
Жир	12,0	12,3	12,3	12,1
Зола	5,1	5,0	5,3	5,2
БЭВ	14,7	16,2	18,2	16,0

Таблица 5. Состав крови молоди русского осетра, выращенной на комбикорме ОТ-7 с добавлением различных норм Витатона

Показатели	Количество Витатона, мг/кг корма			
	200	400	800	Контроль
Гемоглобин, г/%	6,0±0,01	6,8±0,02	6,7±0,02	6,1±0,01
Гематокритное число, л/л	0,41±0,03	0,46±0,02	0,43±0,02	0,42±0,04
Эритроциты, тыс/мкл	839,1±42,1	858±32,0	852,3±42,1	837±42,2

* Показатели достоверно отличаются от контроля при $P < 0,05$.

По данным биохимического состава тела молоди русского осетра было установлено, что при увеличении нормы ввода Витатона в состав комбикорма отмечается увеличение уровня жира и незначительное снижение количества протеина (табл. 4).

На накопление протеина и жира в теле молоди русского осетра существенное влияние ока-

зывало количество Витатона в составе комбикорма. Наиболее высокое накопление протеина и жира происходило при норме ввода Витатона 400 мг/кг корма. При других нормах ввода и в контроле этот процесс происходил более медленно. При норме ввода Витатона 200 мг/кг комбикорма содержание протеина было на уровне 14,5 г, а жира 2,7 г; при норме 800 мг/кг – 12 и 2,1 г протеина и жира соответственно.

При интенсивном выращивании рыб качество корма является основным лимитирующим биотическим фактором и зачастую определяет физиологическое состояние рыбы. Наиболее чувствительной к изменениям состояния организма тканью является кровь. Поэтому физиологическое состояние молоди осетровых рыб, выращенных на комбикормах с добавлением новых компонентов, оценивали также и по основным показателям состава крови (табл. 5). Лучшие показатели крови были отмечены у русского осетра, потреблявшего корм ОТ-7 с содержанием Витатона 400 мг/кг. Уровень гемоглобина в этом варианте был на 5% выше в сравнении с контролем.

Таким образом, включение в состав комбикорма ОТ-7 Витатона как источника β -каротина в количестве 200, 400, 800 мг/кг корма не оказывает негативного воздействия на состав крови выращенной молоди.

Печень рыб является основным органом, регулирующим поступление питательных веществ, поэтому она очень чувствительна к качеству комбикорма. Увеличение размера печени относительно массы тела, изменение ее структуры говорит о некачественном питании. Обычно гепатосоматический индекс выше 3% свидетельствует о кормлении недоброкачественным кормом. Так, гепатосоматический индекс молоди русского осетра, получавшего комбикорм ОТ-7 с различным содержанием витатона, колебался в пределах 1,96-1,99%. По цвету и консистенции печень рыб была в норме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для формирования организма рыб, в том числе в раннем постэмбриогенезе, необходимы каротиноиды, поступающие с пищей. Для лососевых рыб таким незаменимым пигментом являются атаксантин или кантаксантин, который не столь эффективен для осетровых рыб и не окрашивает их ткани. В проведенных экспериментах, где оценивали промышленный препарат "Витатон рыбный" как источник β -каротина, выявлена его эффективность в сравнении с синтетиче-

ским астаксантином (Carophyll Pink), установлены также нормы ввода препарата в состав комбикормов для осетровых рыб.

“Витатон рыбный” является источником β -каротина, который проявляет биологическую активность (без окрашивания мяса), что объясняется его участием в свободно-радикальном окислении как антиоксиданта, способностью участвовать в белковом, липидном обменах; он же является предшественником витамина А.

Наиболее эффективной нормой ввода сухого витатона в состав стартового комбикорма ОСТ-6 для личинок и молоди осетровых рыб является 400 мг/кг корма сухого препарата. При этом отмечается наибольший среднесуточный прирост (6,2% от массы тела) и выживаемость (75%). В контроле эти показатели были ниже (соответственно 5,2 и 70%)

Установлено, что введение в состав продукционного комбикорма ОТ-7 400 мг/кг корма сухого Витатона является наиболее эффективным для крупной молоди осетровых рыб. В этом варианте отмечали наиболее высокую среднесуточную скорость роста 7,04% при низких кормовых затратах 1,2 ед. Определено, что при увеличении нормы ввода витатона в состав комбикорма до 400 мг/кг отмечается повышение уровня жира и незначительное снижение уровня протеина в теле рыбы. Наиболее высокое накопление протеина и жира в теле выращенных рыб наблюдается при норме ввода витатона 400 мг/кг. Лучшие показатели крови также были отмечены у русского осетра, потреблявшего комбикорм ОТ-7 с содержанием 400 мг/кг витатона. Уровень гемоглобина в этом варианте был на 5% выше, чем в контроле.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки инновационной технологии обогащения кормов для осетровых рыб витаминно-минеральными премиксами, содержащими также натуральный β -каротин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудвин Т.В. Сравнительная биохимия каротиноидов. М.: Иностранная литература, 1954. 396 с.
2. Бриттон Г. Биохимическая природа пигментов. М.: Мир, 1986. 422 с.
3. Guillou A., Choubert G., Delanoue J. Absorption and Blood Clearance of labeled carotenoids (c-14) Astaxanthin, (h-3) Canthoxanthin, and (h-3) Zeaxanthin in Mature Female Rainbow trout // Comp. Biochem. and Physiol. A. Comp. Physiol. 1992. V. 103. № 2. P. 301–306.
4. Isler O. Introduction // Carotenoids / Ed. O. Isler. Basel: Birkhauser, 1971. P. 11–27.
5. Феофилова Е.П. Пигменты микроорганизмов. М.: Наука, 1974. 218 с.
6. Liaaen-Jensen S. Marine Carotenoids // Marine Natural Products / Ed. P.J. Scheuer. N.Y.: Academic press, 1978. V. 2. P. 1–73.
7. Goodwin T.W. The Biochemistry of the Carotenoids. Animals. London, 1984. 326 p.
8. Киселев А.Ю., Тюренков В.А., Тюренков А.А. Эффективность применения β -каротина в кормлении осетровых рыб // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. “Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития”. Астрахань, 2004. С. 246–251.
9. Яржомбек А.А. Каротиноидные пигменты и систематика лососевых рыб: Тр. ВНИРО. 1972. Т. LXXXV. С. 138–153.
10. Halver J.E. The Vitamins // Fish Nutrition. N.Y., London: Academic press, 1972. P. 23–103.
11. Fischer E. Chloragosomes of lumbricidae as specific electron acceptors // Ibid. 1975. V. 26. № 3/4. P. 135–140.
12. Torrisen O.J., Hardy R.W., Shearer K.D., Scott T.M., Stone F.E. Effects of dietary canthaxanthin level and lipid level on apparent coefficients for canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture. 1990. V. 88. № 3–4. P. 351–362.
13. Сенченкова Е.М. Значение исследований М.С. Цвета по каротиноидам // Историко-биологические исследования. 1978. В. 7. С. 65–92.
14. Moore T. Vitamin A. Amsterdam: Elsevier, 1957. 436 p.
15. Микулин А.Е., Котик Л.В., Дубровин В.Н. Закономерности динамики изменения каротиноидных пигментов в процессе эмбрионального развития рыб // Биол. науки. 1978. № 9. С. 31–37.
16. Паенок С.М. Усвоение бета-каротина в организме животных // Научные основы витаминного питания сельскохозяйственной птицы. Рига, 1987. С. 156.
17. Gainer J.L., Wallis D.A., Jones J.R. The effect of crocetin on skin papillomas and Rous sarcoma // Oncology. 1976. V. 33. P. 222–224.
18. Peto R., Doll R., Buckley J.E., Sporn M.B. Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates? // Nature. 1981. V. 290. P. 201–208.
19. Craik J.C.A. Egg quality and pigment content in salmonid fishes // Aquaculture. 1985. V. 47. № 1. P. 61–68.
20. Choubert G. Pigments carotenoides et reproduction des poissons // Bull. Fr. Pêche Piscic. 1986. V. 300. P. 25–32.
21. Watanabe T., Miki W. Astaxanthin: an effective dietary component for red sea bream broodstock // Fish Nutrition in Practice, Biarritz (France). 1991. Paris: INRA, 1993. P. 27–36.
22. Котик Л.В., Толоконников Г.Ю., Дубровин В.Н. Влияние добавок крилевой муки в кормовую смесь на пигментацию мускулатуры радужной форели *Salmo gairdneri* Rich. // Вопр. ихтиологии. 1979. Т. 19. Вып. 5. С. 902–906.

23. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Подоскин А.Г. Новые кормосмеси для радужной форели с использованием муки из криля: Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. 1979. Вып. 24. С. 44–59.
24. Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Никоноров С.И., Пономарева Е.Н., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Технология выращивания и кормления объектов аквакультуры Юга России: Справ. уч. пос. Астрахань: Нова плюс, 2002. 264 с.
25. Гамыгин Е.А., Тюренков В.А., Тюренков А.А., Черных Е.Н., Чикова В.В., Денисенко О.С. Новый источник природного бета-каротина в комбикормах для рыб // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. “Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития”. Астрахань, 2004. С. 241–243.
26. Сарафанова Л.А. Пищевые добавки: Энциклопедия. СПб: ГИОРД, 2003. 688 с.
27. Тимошина Л.А., Мосейчук К.Б. Добавление в корм форели синтетического каротиноида // Рыбн. хоз-во. 1993. № 5. С. 49.
28. Лиманский В.В., Яржомбек А.А., Бекина Е.Н., Андронников С.Б. Инструкция по физиолого-биохимическим аномалиям у рыбы. М., 1984. 60 с.
29. Правдин П.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-ть, 1966. 250 с.
30. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена веществ и пищевые потребности рыб. Минск, 1956. С. 188–194.

CAROTINOIDES IN STURGEON FEEDING

S.V. Ponomarev

The publication is devoted to theoretical and practical research in the field of carotinoides properties (β -carotin) study in the sturgeon feeding. It has been established that unlike salmon fishes, which need astaxanthine, sturgeon fishes organisms assimilate natural β -carotin, which is used in the physiological processes.

REFERENCES

1. Gudvin T.V. 1954. *Sravnitel'naya biokhimiya karotinoidov*. [Comparative Biochemistry of carotenoids]. Moscow, "Inostrannaya literatura" Publ.: 396 p. (In Russian).
2. Britton G. 1986. *Biokhimicheskaya priroda pigmentov*. [Biochemical nature of the pigments]. Moscow, Mir Publ.: 422 p. (In Russian).
3. Guillou A., Choubert G., Delanoue J. 1992. Absorption and Blood Clearance of labeled carotenoids (c-14) Fstxanthin, (h-3) Canthoxanthin and (h-3) Zeaxanthin in Mature Female Rainbow trout. In: *Comp. Biochem. and physiol A. Comp. Physiol.* 103(2): 301–306.
4. Isler O. 1971. Introduction. In : *Carotenoids*. (Ed. O. Isler). Basel, Birkhäuser: 11–27.
5. Feofilova E.P. 1974. *Pigmenty mikroorganizmov*. [Pigments of the microorganisms]. Moscow, Nauka Publ.: 218 p. (In Russian).
6. Liaaen-Jensen S. 1978. Marine carotenoids. In: *Marine natural products*. (Ed. P.J. Scheuer). Vol. 2. N.Y., Acad. Press: 1–73.
7. Goodwin T.W. 1984. *The biochemistry of the carotenoids. Animals*. London: 326 p.
8. Kiselev A.Yu., Tyurenkov V.A., Tyurenkov A.A. 2004. [The efficacy of β -carotene in the feeding of sturgeon]. In: *Akvakul'tura osetrovyykh ryb: dostizheniya i perspektivy razvitiya*. [The aquaculture of sturgeon fishes: advance and development perspectives]. Astrakhan: 246–251. (In Russian).
9. Yarzombek A.A. 1972. [Carotenoid pigments and taxonomy of salmon fishes]. In: *Trudy VNIRO*. [Proceeding of VNIRO]. Vol. LXXXV. P. 138–153. (In Russian).
10. Halver J.E. 1972. The vitamins. In: *Fish nutrition*. New York; London, Academic Press: 23–103.
11. Fischer E. 1975. Chloragosomes of lumbricidae as specific electron acceptors. *Acta Acad. Sci Hung.* 26(3/4): 135–140.
12. Torrisen O.J., Hardy R.W., Shearer K.D., Scott T.M., Stone F.E. 1990. Effects of dietary canthaxanthin level and lipid level on apparent coefficients for canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: *Aquaculture*. 88(3–4): 351–362.
13. Senchenkova E.M. 1978. [The importance of M.S. Tsvet researches on carotenoids]. In: *Istoriko-biologicheskie issledovaniya*. [The historical and biological research]. Vol. 7. P. 65–92. (In Russian).
14. Moore T. 1957. *Vitamin A*. Amsterdam, Elsevier: 436 p.
15. Mikulin A.E., Kotik L.V., Dubrovin V.N. 1978. [The regularities of the dynamic changes of carotenoid pigments in the process of embryonic development of fish]. *Biol. nauki. (Biological Sciences)*. (9): 31–37. (In Russian).
16. Paenok S.M. 1987. [The digestion of beta-carotene in animals]. In: *Nauchnye osnovy vitaminnogo pitaniya sel'skokhozyaystvennoy ptitsy*. [Research on vitamin nutrition of poultry in agriculture]. Riga: 156. (In Russian).
17. Gainer J.L., Wallis D.A., Jones J.R. 1976. The effect of crocetin on skin papillomas and Rous sarcoma. *Oncology*. 33: 222–224.
18. Peto R., Doll R., Buckley J.E., Sporn M.B. 1981. Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates? *Nature*. 290: 201–208.
19. Craik J.C.A. 1985. Egg quality and pigment content in salmonid fishes. *Aquaculture*. 47(1): 61–68.
20. Choubert G. 1986. Pigments carotenoides et reproduction des poissons. *Bull. Fr. Peche Piscic.* 300 : 25–32.
21. Watanabe T., Miki W. 1993. Astaxanthin: an effective dietary component for red sea bream broodstock. In: *Fish Nutrition in Practice. Biarritz (France). 1991*. Ed. INRA. Paris: 27–36.
22. Kotik L.V., Tolokonnikov G.Yu., Dubrovin V.N. 1979. [The influence of the addition of krill meal in the feed on muscle pigmentation of rainbow trout *Salmo gairdneri* Rich]. *Voprosy ikhtiologii. (Journal of Ichthyology)*. 19(5): 902–906. (In Russian).

23. Kanid'ev A.N., Gamygin E.A., Podoskin A.G. 1979. [New forage for rainbow trout with krill meal]. In: *Sbornik nauchnykh trudov VNIIPRKh*. [Proceedings of the VNIIPRKh]. Vol. 24. P. 44–59. (In Russian).
24. Ponomarev S.V., Gamygin E.A., Nikonorov S.I., Ponomareva E.N., Grozesku Yu.N., Bakhareva A.A. 2002. *Tekhnologiya vyrashchivaniya i kormleniya ob'ektov akvakul'tury Yuga Rossii: Sprav. uch. pos.* [Technology of breeding and feeding of the objects of aquaculture of the South of Russia. Reference training manual]. Astrakhan, “Nova plyus” Publ.: 264 p. (In Russian).
25. Gamygin E.A., Tyurenkov V.A., Tyurenkov A.A., Chernykh E.N., Chikova V.V., Denisenko O.S. 2004. [New source of nature β -carotene in the combined feeds for fish]. In: *Akvakul'tura osetrovyykh ryb: dostizheniya i perspektivy razvitiya*. [The aquaculture of sturgeon fishes: advance and development perspectives]. Astrakhan: 241–243. (In Russian).
26. Sarafanova L.A. 2003. *Pishchevye dobavki: Entsiklopediya*. [Food additives: encyclopedia]. St. Petersburg, GIOR D Publ.: 688 p. (In Russian).
27. Timoshina L.A., Moseychuk K.B. 1993. [Addition the synthetic carotenoid in the feed for trout]. *Rybnoe khozyaystvo*. (Fisheries). (5): 49. (In Russian).
28. Limanskiy V.V., Yarzombek A.A., Bekina E.N., Andronnikov S.B. 1984. *Instruktsiya po fiziologo-biokhimicheskim anomalijam u ryby*. [Instruction on the physiological and biochemical anomalies in fish]. Moscow: 60 p. (In Russian).
29. Pravdin P.F. 1966. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb*. [Manual of fish study]. Moscow, “Pishchevaya promyshlennost” Publ.: 250 p. (In Russian).
30. Vinberg G.G. 1956. *Intensivnost' obmena veshchestv i pishchevye potrebnosti ryb*. [The intensity of metabolism and food requirements of fishes]. Minsk: 188–194. (In Russian).