

УДК 639.215.2:612.348

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ТЕЛА КАРПОВ В ОНТОГЕНЕЗЕ

МАСЛОВА Н. И.

(Кафедра прудового рыбоводства)

Высокая интенсивность обмена веществ у растущего организма прежде всего связана с активным синтезом тканевых белков, преобладающим над их распадом. Изучение изменений в морфологической структуре тканей животных и человека при различных физиологических условиях позволило установить неравномерное развитие отдельных мышц и мышечных групп на ранних стадиях онтогенеза и постнатального развития. При этом мышцы, начавшие раньше функционировать и испытывающие большую нагрузку, как правило, имеют большую массу [24]. Одновременно значительно увеличивается диаметр мускульного волокна [19].

Морфологическая структура мышц у малоподвижных рыб и у рыб с реактивной подвижностью неодинаковая. Мышцы туловища малоподвижных рыб имеют небольшую функциональную нагрузку, вследствие чего в сократительных элементах меньше содержится саркоплазмы, тоньше волокна и менее плотны пучки миофибрилл [10].

Условия кормления также оказывают влияние на морфологию скелетной мускулатуры рыб. На карпах установлено, что толщина мионов от 1-го года к 6-му увеличивается с $50,16 \pm 1,10$ до $101,84 \pm 1,15$ мкм, причем при интенсивном использовании кормов растительного происхождения утолщение мышечных волокон замедляется [8].

Следовательно, структура мышечной ткани изменяется в онтогенезе в зависимости от ее функционального состояния и экологических условий, что в известной мере обуславливает и изменения в химизме мышц, в частности в белковом обмене.

Онтогенетические изменения белкового синтеза в мышцах выражаются прежде всего в постепенном снижении интенсивности новообразования белков с увеличением мышечной массы [16].

Эксперименты на животных показали, что количество структурных белков в скелетных мышцах уменьшается, а саркоплазматических [2, 17] и сократительных — возрастает, достигая максимума у взрослых животных [23]. Общее содержание саркоплазматических белков в раннем онтогенезе изменяется мало. Однако фракция миоальбумина и фракция, содержащая фосфоорилазу, уменьшаются, а содержащая альдолазу и глицерофосфатдегидрогеназу — возрастает [6].

Доказано, что в процессе онтогенеза не только меняется соотношение отдельных фракций, но и происходят качественные изменения индивидуальных белков, в частности коллагенов [1, 20].

Изменчивость миогенного комплекса у карпа зависит от возраста. Так, у неполовозрелых особей в водных мышечных экстрактах отсутствовали 2-я анодная и 7-я катодная фракции. По мере роста рыбы содержание белков миогенного комплекса снижалось с 39,57 до 28,26% [18].

Установлены также сезонные изменения в содержании саркоплазматических белков в экстрактах мышц. У леща от мая к июлю их количество возросло с 19,17 до 25,21%, у щуки и окуня — с 18 до 32% [7].

Аминокислотный состав белка мышц и соединительной ткани сельскохозяйственных животных с возрастом изменяется, что обусловлено изменением соотношения миофибриллярных, саркоплазматических и структурных белков и зависит от условий содержания [3, 4, 21, 22].

С возрастом в системах мембранного транспорта аминокислот происходят существенные изменения, которые по-разному сказываются на переносе отдельных аминокислот. Замедление транспорта некоторых из них в клетки старого организма нарушает количественные отношения между разными аминокислотами, в результате изменяются синтез белка и концентрации свободных аминокислот в органах и тканях [15].

Немногочисленные данные, полученные в опытах с карпом и другими рыбами, свидетельствуют о том, что общий уровень обмена веществ в процессе онтогенеза у этих рыб также снижается. На это, в частности, указывает повышение у разных видов рыб с возрастом содержания белка в крови в результате сокращения расхода сывороточных белков на синтетические и энергетические процессы.

Возрастные изменения аминокислотного состава тотальных белков мышц у карпов невелики. Так, содержание метионина увеличивалось с 1,85 до 2,13% к общему белку, цистина — уменьшалось от 1,29 до 1,14 и лизина + гистидин — от 13,32 до 11,7% [18].

Наблюдаются различия в аминокислотном составе суммарных белков тела карпов-двухлетков, выращенных при различных плотностях посадки. С увеличением ее кратности синтез белков понижается, изменяется их аминокислотный состав, что обусловлено, очевидно, в основном изменением соотношения индивидуальных белков, а также уровня свободных аминокислот [14].

Имеющиеся данные о возрастных изменениях в соотношении отдельных белков, а также аминокислотного состава суммарных белков неполно отражают рассматриваемую проблему, а иногда они противоречивы. Все же, основываясь на них, можно заключить, что с возрастом происходит значительная перестройка белков и изменяется их аминокислотный состав. В этой связи изучение изменений в аминокислотном составе суммарных белков тела карпов представляет как теоретический, так и практический интерес.

Поскольку в прудовом рыбоводстве нет единого мнения о методах выращивания и содержания племенного поголовья, в нашей работе ставилась задача вырастить племенное поголовье карпов при различных уровнях кормления и дать биологическое обоснование выбранного (в качестве оптимального) варианта выращивания. В настоящем сообщении приводятся данные о динамике аминокислотного состава суммарных белков тела рыб в процессе онтогенеза и о влиянии условий выращивания на интенсивность белкового обмена и аминокислотный состав белков всего тела.

Методика и условия опыта

Аминокислотный состав суммарных белков тела определяли у сеголетков, двухлетков и трехлетков чешуйчатого карпа по методу бумажной хроматографии [5]. Для анализа брали всю рыбу без внутренних органов. Средняя проба сеголетков состояла из 10 экз., двухлетков и трехлетков — из 5 со средней массой, характерной для группы. Каждый образец анализировали в 4-кратной повторности. Отклонения от средней во всех вариантах не превышали 10—15%. Следовательно, полученные данные могут быть использованы для установления тенденции или направленности обмена в ту или иную сторону.

Сеголетки для племенных целей выращивались в прудах на торфяных площадях низинного типа с естественной рыбопродуктивностью 70—100 кг/га при разреженной посадке с кормлением — 700 шт/га, при плотной посадке с кормлением — 4200 шт/га и при нормальной посадке на естественной пище — 1400 шт/га. Двухлетки и карпы старших возрастных групп (трех-, четырех- и пятилетки) выращивались при плотности посадки 50 и 300 шт/га с кормлением и 100 шт/га на естественной пище (соответственно 0,5N, 3N и N группы). Для выращивания были взяты мальки от одной пары производителей.

Морфометрические, термические и гидробиологические показатели прудов несколько различались по отдельным вегетационным периодам, но были сходными для опытных групп. Показатели окисляемости, жесткости, содержания железа и кальция типичны для воды торфяных карьеров [12].

При указанных кратностях посадки условия среды существенно не изменялись, но создавались разные уровни питания по вариантам благодаря различиям в соотношении естественной пищи и дополнительно вносимых кормов. Неодинаковый уровень питания обусловил различия в обмене веществ у подопытных рыб. Сеголеткам и карпам старших возрастных групп давали кормовую смесь со следующим белковым отношением: для сеголетков — 1:1,7, для двухлетков и трехлетков — 1:2,6—1:2,8. Наилучшее сочетание искусственных кормов и естественной пищи было у сеголетков, двухлетков и трехлетков карпа, выращиваемых при разреженной посадке.

Результаты исследований

Изучение азотистого баланса показало, что уровень обмена белков с возрастом понижается. Если содержание белка в 1-й год увеличилось в 753 (3N), в 993 (N) и в 1589 (0,5N) раз, то на 3-м году — только в 2—3,1 раза. Продуктивное действие азота у рыб также снижалось: в группе N — с 46 до 36,7%, у 3N — с 46,2 до 27,5, у 0,5N — с 48,9 до 40,0%. Падение уровня обмена белков у разных групп было неодинаковым. Наиболее значительно снизилось использование белков на рост у карпа 3N группы (сравнительно менее благоприятные условия содержания) [13]. Следовательно, процесс ослабления биосинтеза белков в онтогенезе может усиливаться или замедляться в зависимости от экологических факторов.

Содержание белков в сыворотке крови к 3-му году у карпов 3N, N и 0,5N групп возросло на 42,3; 33,3 и 21,6% [9]. Это тоже свидетельствует о значительном возрастном снижении использования плазменных белков для построения белков тканей. Следует отметить, что экологические условия выращивания карпов 0,5N группы обуславливают более интенсивное использование плазменных белков для синтеза белков тела.

Процессы биосинтеза и ресинтеза белка тесно связаны с обменом и синтезом аминокислот [16, 21]. В наших исследованиях была выявлена сезонная и возрастная динамика аминокислотного состава белков тела карпов (табл. 1, 2, 3). У подопытных карпов от 1-го к 3-му году в белках тела увеличивается содержание лизина и уменьшается содержание глицина. Соотношение указанных аминокислот в известной мере определяет взаимосвязь миофибриллярных (много лизина) и структурных (много глицина) белков. К осени 3-го года по сравнению с 1-м индекс лизин : глицин снизился у карпов N, 3N и 0,5N групп соответственно на 51,2 (с 1,21 до 0,80), 42,3 (с 1,1 до 0,78) и на 25,0% (с 1,1 до 0,88).

Отмечены различия в увеличении содержания лизина в белках у карпов разных групп. Так, у рыб N группы его содержание к 3-му году возросло на 12,0%, у 3N — на 19,5, а у 0,5N — всего на 3,7%. Уровень глицина в суммарных белках 0,5N группы снизился в меньшей степени,

Аминокислотный состав тела ремонтного молодняка карпов,
выращиваемых при 0,5N посадке с кормлением (% к содержанию белка)

Аминокислота	1-й год		2-й год		3-й год	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Лизин	5,67	6,07	5,17	6,13	5,96	6,30
Аргинин	5,63	6,47	5,49	5,18	5,76	5,50
Гистидин	2,58	2,31	1,80	2,77	2,79	2,65
Аспарагиновая	6,33	7,50	5,53	4,55	4,72	4,37
Глутаминовая	6,87	6,20	5,32	5,61	8,28	6,67
Тирозин	1,31	0,92	1,38	1,05	1,20	1,34
Фенилаланин	4,57	6,30	5,66	5,55	5,0	5,15
Триптофан	0,59	0,89	0,89	1,09	0,88	1,09
Аланин	6,03	6,13	5,11	5,66	6,0	5,8
Треонин	4,72	4,05	5,39	4,10	4,10	4,18
Лейцин + изолейцин	11,42	10,32	11,22	10,77	9,79	10,01
Валин	6,90	7,0	6,62	6,08	6,07	6,20
Цистин	1,09	0,58	0,73	0,64	0,54	0,73
Метионин	1,42	1,54	1,14	1,20	1,22	1,12
Серин	2,45	2,21	2,47	2,78	2,96	2,98
Глицин	6,60	7,07	4,09	5,12	6,38	5,60
Сумма	74,18	75,6	68,01	68,28	71,55	69,69
Основные	13,88	14,85	12,46	14,08	14,41	14,45
Кислые	13,2	13,7	10,85	10,16	13,0	11,04
Нейтральные	47,10	47,05	44,70	44,04	44,14	44,20
Незаменимые	43,5	44,98	43,32	42,87	41,47	41,65
Заменяемые	30,68	30,62	24,69	25,41	30,08	27,49
Ароматические	6,47	8,11	7,93	7,69	7,08	7,58
Серусодержащие	2,51	2,12	1,87	1,84	1,76	1,85
Глюкопластические	31,16	31,35	26,85	27,45	31,82	27,95
Кетопластические	17,3	17,51	18,26	17,37	15,99	16,5

чем у N, и примерно в такой же, как у 3N. Все это говорит о том, что у карпов 0,5N группы высокий прирост массы тела обуславливается интенсивным синтезом как миофибриллярных, так и структурных белков. Это подтверждается также данными о содержании лизина и глицина в расчете на сухое вещество. У карпов 0,5N группы содержание лизина (% к сухому веществу) мало изменялось (3,3—3,5), в то время как у N и 3N увеличивалось (с 3,4 до 4,0 и с 2,8 до 3,2). Вместе с тем содержание глицина к 3-му году уменьшалось во всех группах, но менее всего в 0,5N группе (у N — с 4,1 до 3,2, у 3N — с 3,2 до 2,5, а у 0,5N — с 3,8 до 3,1%).

Содержание глютаминовой кислоты в белках тела в известной мере определяется интенсивностью новообразования белков и обменных процессов в организме. При этом наименьшее его увеличение отмечено у карпов с большей массой тела. Если у карпов N группы содержание глютаминовой аминокислоты в белках тела увеличилось на 19,5, у 3N — на 12,5, то у 0,5N — всего на 7,5%. Концентрация в тканях тела глютаминовой аминокислоты (в мг/г) у карпов N, 3N и 0,5N групп возросла соответственно на 52,8; 39,7 и 21,8%.

Можно полагать, что переаминирование указанной аминокислоты в теле карпов 0,5N группы было более интенсивным, чем в двух других. Это подтверждается данными азотистого баланса: прирост содержания белков у этой группы рыб на 3-м году жизни оставался более высоким.

Более интенсивное увеличение количества миофибриллярных и саркоплазматических (глобулиновых) фракций обусловило и более высокое содержание тирозина в белках карпов 0,5N группы, где оно возросло на 47,8%, а в N и 3N группах — на 32,2 и 46,1%.

Аминокислотный состав тела ремонтного молодняка карпа, выращенного при 3N посадке с кормлением (% к содержанию белка)

Аминокислота	1-й год		2-й год		3-й год	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Лизин	5,67	5,52	4,6	6,08	6,19	6,60
Аргинин	5,63	6,68	6,33	5,84	6,90	5,0
Гистидин	2,58	3,02	3,17	2,72	2,09	2,80
Аспарагиновая	6,33	5,65	6,61	4,77	5,22	4,05
Глютаминовая	6,87	6,18	6,68	5,26	6,15	6,96
Тирозин	1,31	0,91	1,05	1,05	1,08	1,33
Фенилаланин	4,57	4,45	5,35	5,12	4,50	5,15
Триптофан	0,59	0,71	0,70	0,80	0,51	1,06
Аланин	6,03	5,98	6,01	5,54	5,52	5,35
Треонин	4,72	4,33	4,52	4,67	3,70	4,77
Лейцин + изолейцин	11,42	10,80	11,46	11,77	8,75	9,30
Валин	6,90	6,15	5,98	5,89	5,13	5,83
Цистин	1,09	0,90	1,01	1,07	0,74	0,63
Метионин	1,42	1,20	1,26	1,53	0,75	0,98
Серин	2,45	2,96	3,53	2,64	3,25	3,30
Глицин	6,60	6,40	7,01	6,83	5,79	5,18
Сумма	74,38	71,84	75,27	71,58	66,08	68,29
Основные	13,88	15,22	14,1	14,64	15,18	14,4
Кислые	13,2	11,83	13,29	10,03	11,37	11,01
Нейтральные	47,30	44,79	47,88	46,91	39,53	42,88
Незаменимые	43,5	42,86	43,37	44,42	38,34	41,49
Заменимые	30,88	28,98	31,9	27,16	27,74	26,8
Ароматические	6,47	6,07	7,1	6,97	6,09	7,54
Серусодержащие	2,51	3,1	2,27	2,6	1,49	1,61
Глюкопластические	31,16	29,94	31,98	26,82	27,36	28,29
Кетопластические	16,58	16,16	17,86	17,94	14,15	15,78

Индекс лизин : тирозин во всех группах карпов к 3-му году увеличился. Повышалось также содержание тирозина в сухой (соответственно в N, 3N и 0,5N группах на 39,7; 41,3 и 48,0%) и сырой тканях (с 1,7 до 2,9; с 1,2 до 2,2 и с 1,4 до 2,3 мг/г). Таким образом, содержание тирозина в белках также может свидетельствовать о различном соотношении индивидуальных белков в общих белках тела рыб.

Наблюдалась некоторая тенденция к увеличению в белках к 3-му году содержания серина и треонина — аминокислот, связывающих в организме фосфорную кислоту, хотя у контрольных рыб уровень треонина незначительно уменьшался.

Содержание аргинина в белках тела рыб к 3-му году (осень) снижалось, что, очевидно, связано с уменьшением доли белков стромы, содержащих много аргинина, и повышением доли глобулиновых фракций, в которых этой аминокислоты мало.

Индекс лизин : аргинин, содержание аргинина в сухой и сырой тканях тела во всех группах к 3-му году уменьшались. Причем наиболее значительно снижалось количество аргинина в тканях, особенно в сухой, у карпов 3N группы (на 41,6%). Возможно, что свободный аргинин активно вовлекается в углеводный обмен, поскольку к 3-му году энергетические затраты на общий обмен возрастают.

На 3-м году резко снизилась доля метионина в общей сумме белков, особенно у карпов с наиболее высокой массой тела (0,5N группа). В состав метионина входит лабильная метильная группа, что обуславливает его активное участие в окислительных процессах. В этом аспекте и следует рассматривать снижение содержания метионина на 3-м году жизни. Сравнительно высокий уровень метионина в белках актомиозинового комплекса и низкий — в саркоплазматических и структурных

Аминокислотный состав тела ремонтного молодняка,
выращенного при N посадке на естественной пище (% к содержанию белка)

Аминокислота	1-й год		2-й год		3-й год	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Лизин	5,67	5,70	4,37	6,22	6,34	6,42
Аргинин	5,63	5,88	5,20	5,33	4,44	5,02
Гистидин	2,58	2,95	2,10	2,50	2,17	2,74
Аспарагиновая	6,33	7,03	5,62	6,57	5,95	7,93
Глютаминовая	6,87	7,61	5,72	7,13	7,88	9,07
Тирозин	1,31	1,24	1,36	1,51	1,36	1,64
Фенилаланин	4,57	5,70	5,45	4,98	5,14	4,01
Триптофан	0,59	0,89	0,89	0,89	0,97	0,71
Аланин	6,03	6,10	5,24	5,01	5,58	6,83
Треонин	4,72	4,72	5,05	4,51	5,39	4,30
Лейцин+изолейцин	11,42	11,03	10,80	9,95	8,32	9,86
Валин	6,90	6,15	5,77	5,70	5,60	6,22
Цистин	1,09	0,90	0,76	1,09	0,89	1,47
Метионин	1,42	1,44	1,25	1,18	1,14	1,25
Серин	2,45	3,80	2,96	3,01	3,06	3,87
Глицин	6,60	6,90	4,40	5,60	4,60	5,18
Сумма	74,18	78,06	66,94	71,18	70,87	79,48
Основные	13,88	14,53	11,67	14,05	14,99	14,18
Кислые	13,2	14,64	11,34	13,7	13,83	17,0
Нейтральные	47,1	48,89	43,93	43,43	42,05	47,30
Незаменимые	43,5	44,36	40,88	41,26	41,55	42,53
Заменимые	30,68	33,7	26,06	29,92	29,32	36,49
Ароматические	6,47	7,83	7,70	7,38	7,47	6,32
Серусодержащие	2,51	2,34	2,01	2,27	2,03	2,72
Глюкопластические	31,16	33,64	27,41	29,92	30,24	38,66
Кетопластические	17,3	17,97	17,61	16,44	14,82	15,47

также может обуславливать при определенном их соотношении его динамику.

Индекс лизин : метионин, содержание метионина в сухом и сыром веществе тела в онтогенезе уменьшались, что свидетельствует о неодинаковом уровне окислительно-восстановительных процессов у рыб разных групп и различном соотношении индивидуальных белков их тела. Известно, что затраты метионина на основной обмен выше, чем на другие виды обмена. Содержание метионина в процентах к сухому веществу свидетельствуют о наибольших его затратах у рыб 3N группы как на 1-м, так и на 3-м году жизни (у N его содержание снизилось с 0,86 до 0,78%, у 0,5N — с 0,83 до 0,62 и у 3N — с 0,61 до 0,48%).

Приведенные выше данные позволяют предположить, что уровень кормления оказывает существенное влияние не только на белковый обмен и перераспределение белковых фракций, но и на использование свободных аминокислот на другие виды обмена. Например, у карпов N группы содержание триптофана в белках к 3-му году уменьшилось на 25,3%, в то время как у кормленых рыб оно возросло на 49,3 (3N) и на 22,4% (0,5N). Это также свидетельствует о повышении в белках тела к осени 3-го года жизни рыб содержания миофибриллярных и саркоплазматических белков.

Следовательно, анализируя данные о динамике содержания той или иной аминокислоты, можно найти определенную закономерность в изменении содержания белковых фракций. Причем характерные особенности, свойственные всем группам рыб,— увеличение уровня лизина, тирозина, а также уменьшение количества глицина и метионина,— свидетельствуют о неодинаковом соотношении миофибриллярных, саркоплазматических и структурных белков. Эти соотношения были близки у рыб.

Потери массы, сухого вещества, белка и аминокислот за период зимовки (%)

Показатель	1-я зимовка			2-я зимовка		
	N	0,5N	3N	N	0,5N	3N
Масса	16,0	36,6	51,6	11,2	4,9	10,1
Сухое вещество	25,8	34,1	47,2	14,7	+1,5	1,5
Белок	24,4	29,1	41,4	30,9	6,6	4,2
Аминокислоты:						
лизин	42,1	39,5	51,1	29,6	11,7	2,7
аргинин	33,2	39,8	44,4	42,5	+3,9	+11,3
гистидин	46,2	44,7	38,5	40,1	5,9	26,4
аспарагиновая	39,6	47,7	31,4	37,5	3,1	+4,8
глутаминовая	44,2	39,2	51,9	23,7	+37,8	+12,0
тирозин	17,1	+6,4	32,3	37,8	+6,7	1,5
фенилаланин	27,7	36,3	39,5	28,7	15,9	15,8
триптофан	24,4	28,8	42,2	24,7	21,5	39,0
аланин	26,4	40,9	41,1	23,1	1,0	4,6
треонин	19,1	5,6	38,8	17,4	6,6	24,1
лейцин+изолейцин	26,0	23,1	37,8	42,3	15,1	30,3
валин	29,1	32,9	43,0	32,1	6,8	16,6
цистин	36,1	10,7	34,2	43,6	21,2	33,8
метионин	34,6	47,5	38,4	33,3	5,1	53,1
серин	41,1	20,7	30,1	29,8	0,6	+17,9
глицин	51,8	59,0	35,8	43,3	+16,4	18,8
незаменимые	30,9	31,4	47,9	33,9	9,6	17,4
заменяемые	39,8	42,9	18,7	32,3	+10,6	2,2
основные	40,3	40,5	45,7	36,3	4,4	0,8
кислые	41,5	20,4	34,1	30,3	20,2	+8,6
нейтральные	31,0	37,8	37,3	33,1	+2,9	19,3
кетопластические	25,9	26,3	35,2	37,7	14,0	24,5
глюкопластические	44,6	30,3	43,7	30,2	8,9	+9,8
ароматические	25,7	30,6	31,4	30,2	13,5	16,3
серусодержащие	35,2	37,4	36,6	38,2	10,7	45,1

Примечание. Plusом обозначены прибавки.

получавших корм, и заметно отличались от соотношений, характерных для рыб, питавшихся только естественной пищей. Основываясь на данных о содержании аланина в белках тела рыб разных групп (у N группы увеличение на 11,8, а у 3N и 0,5N — уменьшение на 11,7 и 5,6%), можно предположить, что белки стромы, богатые аланином, занимают в теле рыб N группы большее место, а миофибриллярные — меньше, чем у рыб 0,5N и 3N групп.

Содержание цистина в белках тела карпов разных групп также было различным. У карпов 3N группы оно уменьшилось, у 0,5N и N — увеличилось. Очевидно, чрезмерное ожирение обуславливало более высокие затраты цистина в окислительной системе у карпов 3N группы. Это вполне объяснимо, поскольку дополнительные корма (основные в рационе) требуют дополнительной энергии для их переваривания.

У кормленых рыб на 3-й год снизилось содержание аспарагиновой аминокислоты (на 39,5% у 3N и на 71,6% у 0,5N), в то время как у рыб N группы (естественная пища) оно увеличилось (на 12,8%). Поскольку указанная аминокислота обладает глюкостатическими свойствами, ее большая часть (возможно, в свободной форме) вовлекалась, видимо, в углеводный обмен у рыб 3N и 0,5N групп.

Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что аминокислотный состав белков изменяется от весны к осени и в период зимовки по-разному в зависимости от уровня кормления.

Как правило, от весны к осени возрастает содержание основных, кислых аминокислот, а также серина и глицина, что обуславливается главным образом изменением соотношения индивидуальных белков, в частности увеличением количества миофибриллярных и саркоплазматических белков, а возможно, и эластинов. Например, за 1-й вегетационный период содержание лизина в белках тела карпов 0,5N группы повысилось на 7,0%, во 2-й — на 18,5 и в 3-й — на 7,0%, у N группы — соответственно на 0,5; 42,3 и 1,2, у 3N — на 0,0; 32,1 и 6,6%; содержание глицина у 0,5 N группы — на 7,1; 25,1, но на 3-й год оно снизилось, у N — на 4,5; 27,2 и 12,6, у 3N группы оно снижалось в течение трех лет.

Следует отметить, что содержание глютаминовой аминокислоты к осени у рыб на дополнительных кормах, как правило, уменьшалось, а у рыб на естественной пище увеличивалось. Содержание триптофана (высокое в белках актомиозинового комплекса и глобулинах) у карпов 0,5N группы в 1-й год повышалось на 50,8, во 2-й — на 22,4, в 3-й — на 22,4%, у N группы в 1-й год возросло на 50,8%, во 2-й — не менялось, в 3-й — уменьшалось на 36,6, у карпов 3N группы увеличивалось соответственно на 20,3; 14,2 и 107,8%.

Уровень метионина в белках также был весьма различным у рыб, получавших корма, и у контрольных. Так, этот показатель от весны к осени у сеголетков и двухлетков 0,5N группы увеличивался, у трехлетков уменьшался, в 3N группе он уменьшался только у сеголетков, а у двухлетков и трехлетков возрастал, в контрольной группе эти изменения были весьма незначительны в течение сезона.

Содержание аминокислот в белках во время зимнего голодания у всех рыб в 1-й год резко уменьшилось, а во вторую зимовку отмечены резкие различия по группам. Потери белка, а соответственно и аминокислот оказались наибольшими у карпов контрольной группы.

Необходимо подчеркнуть, что содержание тирозина у карпов 0,5N группы возросло как после 1-й, так и после 2-й зимовки. Между тем у контрольных рыб этот показатель резко снизился — соответственно на 17,1 и 37,8%, а у карпов 3N группы — на 32,3 и 1,5%.

Обсуждение результатов

Итак, данные о динамике азотистого обмена, содержания плазменных белков и отдельных аминокислот свидетельствуют об ослаблении синтеза белка в процессе роста.

Известно, что структурные сократительные, саркоплазматические белки отличаются специфичным аминокислотным составом. На основании литературных данных [1, 2, 6, 17, 20, 23] можно судить о неодинаковом увеличении содержания индивидуальных белков в период роста и формирования организма. Имеется определенная взаимосвязь между изменениями в содержании отдельных аминокислот и увеличением количества индивидуальных белков, а также обменом веществ в целом.

Для всех рыб характерно снижение к 3-му году уровня глицина, валина и метионина при одновременном увеличении содержания лизина, триптофана и серина. Исходя из этого можно заключить, что в теле рыб прирост миофибриллярных и саркоплазматических белков опережает прирост соединительнотканых белков.

Вместе с тем установлено определенное влияние экологических условий на динамику содержания отдельных аминокислот. Определяющим моментом можно признать уровень кормления (соотношение в питании естественного и искусственного корма) и характер добывания пищи, т. е. ее доступность. Следствием этого являются неодинаковые затраты энергии на поиски пищи и ее переваривание и усвоение, что отмечалось при анализе данных об азотистом обмене.

Для карпов, получавших дополнительные корма, характерно увеличение количества в белке триптофана и гистидина, аминокислот акто-

многоинового комплекса. У рыб, питавшихся естественной пищей и соответственно более подвижных, существенных изменений в содержании триптофана не отмечено, а содержание гистидина было пониженным.

Наблюдались значительные различия между группами по содержанию метионина. Этот показатель находится в обратной связи с увеличением массы тела. У рыб с интенсивным ростом массы (0,5N группа) содержание метионина в белках снизилось на 27,3%, а у рыб с замедленным ростом — на 13,2 (N) и на 18,4% (3N).

Метионин, как известно, является единственным донатором в организме подвижных метильных групп. Сульфгидрильные группы серосодержащих соединений, легко отдающие или присоединяющие водород, имеют первостепенное значение в окислительно-восстановительных процессах. Можно полагать, что уровень метионина был более высоким у рыб, выращенных при разреженной посадке, это вполне согласуется с данными об увеличении массы тела. К осени масса трехлетков в 0,5N группе составила $854,3 \pm 37,4$, в группе N — $454,2 \pm 21,4$, в 3N — $573,2 \pm 17,9$ г.

Изменения в аминокислотном составе белков свидетельствуют также о неодинаковых процессах переаминирования и дезаминирования. В пользу этого положения говорит тот факт, что содержание кислых аминокислот у рыб 0,5N группы к 3-му году уменьшилось на 19,5%, в то время как у рыб N группы возросло на 16,4%, а у 3N практически не изменилось. При этом у рыб N группы также увеличилось количество аланина и тирозина, тогда как у кормленых содержание аланина уменьшилось, а тирозина — почти не изменилось.

Аспарагиновая, глутаминовая кислота и аланин, как наиболее активные, подвергающиеся изменениям в первую очередь, являются связующим звеном между углеводным, жировым и белковым обменами. Три α -кетокислоты — пировиноградная, щавелевоуксусная и кетоглутаровая — содержат готовые скелеты указанных аминокислот. Именно эти аминокислоты синтезируются прежде всего при усвоении организмом неорганических форм азота. Одновременно глутаминовая аминокислота, легко подвергаясь дезаминированию (через кетоглутаровую), переходит в другие аминокислоты.

Выявлена определенная связь между изменениями в содержании кетогенных аминокислот и запасов жира в тканях карпа как при различном уровне кормления, так и в процессе индивидуального роста. Например, уровень лейцина и изолейцина у рыб, получавших дополнительные корма (0,5N группа), мало изменялся, а у рыб на естественной пище (N группа) — снизился на 10,7%. У рыб 3N группы он также снизился (на 13,9%). Содержание жира в теле рыб 0,5N группы составило 33,5%, 3N — 39,8 и N — 21,0% к сухому веществу. Вместе с тем интенсивность синтеза жира на 3-м году жизни была наибольшей у рыб N группы (от весны к осени содержание жира у них увеличилось в 4,3 раза, а у 3N и 0,5N групп — только в 1,9 и 1,6 раза).

Во всех группах отмечалась тенденция к уменьшению количества незаменимых аминокислот и увеличению содержания ароматических к 3-му году жизни. У N группы сумма ароматических аминокислот уменьшалась.

Таким образом, в процессе онтогенеза уровень синтеза белка снижается. Синтез индивидуальных белков изменяется в зависимости от уровня кормления и подвижности рыб.

Выводы

1. Уровень белкового обмена у карпов снижается к 3-му году жизни, но неодинаково у рыб, питавшихся дополнительно внесенными кормами и естественной пищей.

2. Аминокислотный состав белков тела карпов позволяет судить об относительном содержании индивидуальных белков. В процессе роста соотношение индивидуальных белков меняется. К 3-му году жизни доля белков актомиозинового комплекса увеличивается, белков стромы — уменьшается.

3. Содержание метионина находится в обратной связи с массой тела рыб и характеризует уровень окислительно-восстановительных процессов.

4. Полученные данные о динамике содержания глутаминовой и аспарагиновой аминокислот свидетельствуют о неодинаковом уровне переаминирования и дезаминирования у рыб разных групп. Существенным превосходством в этом отношении характеризовались рыбы, выращенные при разреженной посадке с кормлением.

5. Соотношение питательных веществ в рационе определяет уровень обмена белка в теле рыб. При обильном и полноценном кормлении (0,5N группа) уровень обмена белка снижается в меньшей степени, чем в 3N группе и даже в группе N (естественная пища). Следовательно, регулируя уровень питательных веществ в рационе, в известной степени можно затормозить снижение белкового синтеза.

6. Основываясь на данных об аминокислотном составе тела рыб, лучшим вариантом выращивания племенного поголовья можно признать разреженную посадку с кормлением (0,5N группа).

7. За период зимовки в белках тела рыб значительно снижается содержание основных аминокислот, а также метионина, лейцина и изолейцина, триптофана и фенилаланина. В связи с этим можно полагать, что во время зимовки более активно расходуются белки актомиозинового комплекса и альбумины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауман В. К. Обмен оксипролина у кур в онтогенезе. Материалы IV Всесоюз. конф. по физиолог. и биохим. основам повышения продуктивности с.-х. животных. Кн. I. Боровск, 1966, с. 79. — 2. Буланкин И. Н., Парина Е. В., Сергиенко Е. Ф. Влияние питания на соотношение белковых фракций в органах животных различного возраста. Тр. конф. по возрастным изменениям обмена веществ и реактивности организма. Киев, 1951, с. 27. — 3. Вульфсон П. Л. Азотистые экстрактивные вещества мышц в онтогенезе. «Биохимия», 1958, т. 23, вып. 2. — 4. Григорьев Н. Г., Шматненков Н. А. Возрастные изменения аминокислотного состава тела бройлеров. Тр. ВНИИФИБ, 1965, т. 2, с. 70. — 5. Журавлев Е. М. Руководство по зоотехническому анализу кормов. М., Изд-во с.-х. лит-ры, 1963. — 6. Кадыков В. В. Изменение фракционного состава белков мышечной плазмы в онтогенезе. «Укр. биохим. журн.», 1960, 32, № 6, с. 849. — 7. Конгур А. К. Сравнительная биохимическая характеристика некоторых азотистых фракций и аденозинтрифосфатазной (АТФ-азной) активности мышечной ткани леща, окуня и судака. Автореф. канд. дис. Тарту, 1969. — 8. Корovin В. А., Фурцева В. Ф. Особенности возрастной динамики скелетной мускулатуры карпа: В сб.: Физиологические основы повышения продуктивности животных. Новосибирск, 1972, с. 120. — 9. Кудряшева Ю. В. Гематологические показатели у чешуйчатых карпов, выращенных при различном уровне кормления. «Докл. ТСХА», 1969, вып. 151, с. 281. — 10. Лобанцев И. С. Материалы по функциональной гистологии и гистохимии скелетной мышечной ткани. Автореф. канд. дис. Красноярск, 1960. — 11. Мартышев Ф. Г., Маслова Н. И., Кудряшева Ю. В. Физиологические и биохимические показатели у карпов, выращиваемых в прудах на торфяных карьерах низинного типа болот. «Докл. ТСХА», 1966, вып. 127, с. 201. — 12. Мартышев Ф. Г., Кудряшева Ю. В., Маслова Н. И. Изменение гидрохимического режима прудов, построенных на торфяных карьерах, в зависимости от сроков их рыболовной эксплуатации и методов интенсификации. «Докл. ТСХА», 1972, вып. 178, с. 109. — 13. Маслова Н. И. Азотистый обмен у карпов разного возраста, выращиваемых на торфяных карьерах низинного типа болот. «Докл. ТСХА», 1966, вып. 127, с. 209. — 14. Маслова Н. И. Аминокислотный состав суммарных белков двухлетков карпа. «Изв. ТСХА», 1973, вып. 3, с. 185—191. — 15. Мищенко В. П. Влияние возраста на транспорт аминокислот. В кн.: Молекулярные и функциональные основы онтогенеза. М., «Медицина», 1970, с. 58. — 16. Парина Е. В. Возраст и обмен белков. Изд-во Харьк. гос. ун-та.

1967. — 17. Сергиенко Е. Ф., Шершевская Ц. М. Возрастные изменения белкового состава мышечной ткани. Тр. НИИ биол. Харьк. гос. ун-та, 1954, вып. 21, с. 131. — 18. Сребницкая Л. И. Сравнительное изучение мышечных и сывороточных белков некоторых видов рыб семейства карповых. Автореф. канд. дис. Ташкент, 1970. — 19. Сысоев В. С., Сысоева Э. Я. Гистологическая характеристика мышечной ткани симментальских племенных бычков. «Докл. ТСХА», 1971, вып. 167, с. 175—180. — 20. Утевская Л. А. Возраст и структура коллагена. В кн.: Молекулярные и функ-

циональные основы онтогенеза. М., «Медицина», 1970. — 21. Шманенков Н. А. Материалы по обмену аминокислот у с.-х. животных. Бюл. ВНИИФИБ, 1967, вып. 2. — 22. Шуть Ю. Е. Аминокислотный состав общего белка мышц сельскохозяйственных животных. Автореф. канд. дис. Боровск, 1967. — 23. Юрьев В. А. Изменения белкового состава мускулатуры при нарушениях мышечной деятельности. Автореф. докт. дис. Л., 1962. — 24. Яковлева Е. С. Возрастные особенности передней группы мышц предплечья человека. В сб.: Возрастная морфология и физиология. АПН РСФСР, 1959, с. 31.

Статья поступила 11 марта 1977 г.

SUMMARY

The amino acid composition of total proteins in the body of this year brood, two-year-old and three-year-old silver carp raised under 3N conditions, 0,5N with feeding and on natural food under N conditions was determined.

The intensiveness of protein metabolism has been found to grow with age. The amount of miofibrillar, sarcoplasmatic proteins increased in the body, while the amount of stroma proteins was reduced.

Ecological factors, especially the feeding level, influence the intensiveness of protein synthesis and metabolism in fish.

In the wintering period the content of base amino acids as well as that of methionine, leucine and isoleucine, tryptophane and phenylalanine was considerably reduced. Thus one may suppose that in winter the proteins of actomyosin complex and albumins are mainly expended.