

УДК 597.639.3.043:556.33

О.М. Исаева¹, А.О. Касумян², Л.Т.К. Оань³

¹ Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 638000
e-mail: olisa24@bk.ru;

² Московский государственный университет,
Москва, 119899;

³ Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр,
Приморское отделение,
Нячанг, Вьетнам, 650000

ПОИСК ВКУСОВЫХ СТИМУЛОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПИЩЕВЫМ ПОВЕДЕНИЕМ БАРРАМУНДИ *LATES CALCARIFER* – ВАЖНОГО ОБЪЕКТА АКВАКУЛЬТУРЫ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

Методом поведенческого тестирования определена вкусовая привлекательность четырех классических вкусовых веществ и 21 свободной аминокислоты для баррамунди *Lates calcarifer*. Тестирование выполнено на молоди баррамунди длиной тела от 4–5 до 10 см (TL). Концентрация всех вещества в составе агар-агаровых гранул – 0,1 М. Выяснено, что лимонная кислота обладает высоко привлекательным вкусом для баррамунди и более чем в 2 раза повышает потребление искусственных гранул. Сахароза имеет отталкивающий (аверсивный) вкус, хлорид натрия и хлорид кальция – индифферентный. Установлено, что при снижении концентрации лимонной кислоты в 10 раз (до 0,01 М) ее стимулирующее действие сохраняется, однако сила эффекта снижается.

Ключевые слова: баррамунди, вкусовые предпочтения, пищевое поведение, вкусовые стимулы.

O.M. Isaeva¹, A.O. Kasumyan², L.T.K.Oanh³

¹ Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
olisa24@bk.ru;

² Moscow State University,
Moscow, 119899

³ Russian-Vietnam Tropical Scientific and Technological Center, Coastal branch,
NhaTrang, Vietnam, 650000

SEARCH FOR TASTE STIMULUS TO CONTROL EATING BEHAVIOR OF BARRAMUNDI *LATES CALCARIFER* AS AN IMPORTANT AQUACULTURE OBJECT OF SOUTH VIETNAM

By the method of behavioral testing, the taste attractiveness of 4 classic flavoring substances and 21 free amino acids for *Lates calcarifer* barramundi was determined. Testing was performed on barramundi fry with a body length of 4–5 to 10 cm (TL). The concentration of all substances in agar-agar granules is 0,1 M. It was found that citric acid has a very attractive taste for barramundi and more than 2 times increases the consumption of artificial granules. Sucrose has a repulsive (aversive) taste, sodium chloride and calcium chloride are indifferent. It was established that when reducing the concentration of citric acid by 10 times (to 0,01 M) its stimulating effect remains, but the strength of the effect decreases.

Key words: barramundi, taste preferences, feeding behavior, taste stimulus.

Введение

В последние годы австралийский окунь, баррамунди *Lates calcarifer* стал модным объектом искусственного разведения: фермы по его выращиванию появляются как в районе Средиземноморья, так и в Юго-Восточной Азии. Распространен от Персидского залива до Индокитая и Австралии. Является объектом промышленного выращивания в странах Юго-Азии, Австралии.

В последнее время данный вид активно выращивают в системах УЗВ в Европе, США и других странах. Быстрый рост и высокое содержание омега-3 жирных кислот сделали баррамунди привлекательным объектом для аквакультуры. Рыба стала широко доступной в супермаркетах и ресторанах во многих странах мира [1–5].

Разведение рыбы в зонах, не подходящих для естественного разведения (например, пустыня, или, наоборот, холодные климатические зоны), требует создания всех жизненно важных условий для оптимального роста рыбы. В таких случаях требуется применение УЗВ (установки замкнутого водоснабжения) или РАС (рециркуляционная аквакультурная система), при этом технология выращивания рыбы очень проста, она ничем не отличается по своим параметрам от обычной осетровой РАС [3].

Естественный рацион баррамунди состоит из мелкой рыбы, беспозвоночных (креветок) и высших водных растений. Таким образом, правильно подобранный рацион для данного вида очень важен в аквакультуре для создания полноценных и высокопитательных искусственных кормов, обеспечивающих быстрый рост, ведь за год баррамунди может достигнуть веса в 1 кг и до 45 см в длину. Знание биологических основ пищевого поведения этой ценной рыбы поможет созданию точных и выверенных кормовых рецептур, а наши первые исследования вкусового поведения баррамунди могут помочь в решении этих проблем [4–7].

Цель работы: исследовать вкусовые предпочтения и пищевое поведение баррамунди как важного объекта искусственного культивирования во Вьетнаме.

Задачи исследования:

- 1) изучить особенности проявления пищевого поведения на искусственные гранулы;
- 2) изучить вкусовые предпочтения к классическим вкусовым веществам.

Мы адаптировали метод, ранее разработанный для изучения вкусовых предпочтений рыб коралловых рифов [8, 9], и затем использовали его для оценки вкусовой привлекательности для баррамунди таких веществ, как классические вкусовые вещества – общепринятые для подобного рода исследований [10–22]. Полученные сведения могут служить основой для проведения в дальнейшем целенаправленных работ по поиску и обнаружению высоко привлекательных вкусовых веществ, которые могут быть использованы в практике культивирования баррамунди для повышения качества искусственных кормов.

Материал и методика

Лабораторное помещение, в котором проводились эксперименты, расположено в новом лабораторно-аквариальном корпусе Приморского отделения Российско-Вьетнамского Тропического центра. Рыб доставляли в лабораторию на автотранспорте с фермы.

В лаборатории рыб вначале помещали в общий аквариум (55×38, высота воды – 35 см) с внешним биофильтром и постоянной аэрацией. Температура воды в общем аквариуме варьировала от $28 \pm 1^\circ\text{C}$ (апрель) до $31 \pm 1^\circ\text{C}$ (май). Рыбы были доставлены в лабораторию, на следующий день вечером часть рыб была рассажена поодиночке в стандартные по размеру и прямоугольные по форме стеклянные аквариумы (29×25×25 см) с объемом воды около 15 л. Аквариумы были объединены в единую замкнутую систему водооборота через внешний биофильтр, размером 60×45×80 см.

Гранулы, применявшиеся для тестирования вкусовых качеств экстрактов и веществ, изготавливали из агар-агарового геля (2%). Гель использовали в качестве субстрата-носителя для вкусовых веществ или для экстрактов гидробионтов. Для приготовления геля порошок агар-агара («Reanal», Венгрия) суспензировали в морской воде. Затем суспензию подогревали при температуре $70\text{--}90^\circ\text{C}$ до полного растворения агар-агара и после этого вносили предварительно приготовленный экстракт, а также раствор красителя Ponceau 4R (5 μM), приготовленный на морской воде.

После тщательного перемешивания горячий раствор агар-агара (10 мл) выливали в пластиковую чашку Петри (диаметр 5 см). Полученный после остывания гель хранили в холодильнике при температуре $+5^\circ\text{C}$. Гели с экстрактами после приготовления были использованы для тестирования в течение первых 1–3 сут.

В качестве контроля использовали гранулы, изготовленные из геля, содержащего только краситель Ponceau 4R в указанной выше концентрации.

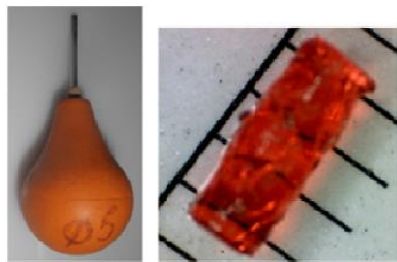


Рис. 1. Раздатчик гранул и вырезанная из геля гранула (1 деление = 1 мм)

Гранулы непосредственно перед опытом вырезали из геля с помощью раздатчика – трубки из нержавеющей стали, соединенной с резиновой грушей (рис. 1). Более подробно методика приготовления агар-агаровых гранул была описана ранее [8–22].

В каждом опыте одиночной рыбе подавали одну только что вырезанную из геля агар-агаровую гранулу, содержащую тестируемый экстракт или тестируемое вещество. В ходе каждого опыта регистрировали число совершенных рыбой схватываний, длительность удержания гранулы в ротовой полости при первом схватывании и суммарно

в течение опыта. Отмечали также разрушена была гранула в процессе тестирования или нет, и была ли гранула рыбой к концу опыта проглочена или отвергнута.

Опыты не учитывали, если рыба не схватывала гранулу в течение 2 мин, или если потребление гранулы нельзя было определить из-за ее разрушения рыбой и образования большого числа фрагментов. Несъеденную гранулу или ее фрагменты из аквариума удаляли. Гранулы подопытным рыбам подавали с интервалом 10–15 мин.

Всего выполнено 933 опыта на 44 особях баррамунди. Данные по числу опытов, выполненных по тестированию вкусовой привлекательности разных групп веществ, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Число опытов, выполненных с гранулами, содержащими разные вещества

Вкусовые стимулы	Число опытов
Классические вкусовые вещества	480
Креветка <i>Litopenaeus vannamei</i>	141
Контрольные гранулы	312

Результаты и обсуждение

Баррамунди является представителем семейства латовых *Latidae*, входящего в отряд окунеобразных *Perciformes*. Баррамунди распространен в Индо-Западно-Тихоокеанском регионе: от Персидского залива до Индокитая, Тайваня, Папуа Новой Гвинеи и северной Австралии, встречается в прибрежных, морских и солоноватых водах и эстуариях, а также в крупных речных системах, в старицах, рукавах, заводях, отшнуровавшихся от основного русла водоемах, озерах. Достигает длины до 200 см и массы 60 кг. Хищник, питается в основном рыбой и ракообразными. Для баррамунди свойственен каннибализм, который является причиной значительных потерь выращиваемой молодежи (баррамунди способен заглатывать рыб, длина которых может достигать 61–67% от собственной длины тела). Легко приучается питаться гранулированным кормом [5, 6].

Размножается в море у устьев рек, приурочивая нерест к максимальным (сизигийным) приливам, которые заносят икру и личинок в эстуарии. Плодовитость высокая – 30–40 млн икринок у самок длиной (TL) около 120 см. Молодь остается в эстуарии на протяжении нескольких месяцев, затем мигрирует в реки, где баррамунди живут до половозрелости – 3–4 года. Впервые созревающие рыбы являются самцами, из пресных вод для нереста они уходят в эстуарий. В возрасте 6–8 лет и длине тела 85–100 см они меняют пол и превращаются в самок (протоандрический гермафродитизм). Баррамунди не склонен к протяженным миграциям или перемещениям и образует генетически различающиеся локальные популяции или группировки [6, 7].

Поведение и адаптация рыб к содержанию в одиночных аквариумах. Баррамунди в общем аквариуме спокойно держатся (стоят) в толще воды, перемещаются неохотно и на небольшое расстояние. Каких-либо стычек между ними не происходит, несмотря на высокую склонность молодежи баррамунди к каннибализму, приводящему к гибели большей части выращиваемых рыб в хозяйствах. В первые дни при приближении наблюдателя к аквариуму рыбы пугались и отходили к противоположной стенке аквариума. Однако уже через 2 дня рыбы ассоциировали приближение к аквариуму с кормлением и уже не отходили, а приближались к передней стенке аквариума, а когда экспериментатор проходил вдоль аквариума, рыбы следовали за ним, как бы сопровождая его.

Все рыбы уже в первый день охотно, но с некоторой опаской, брали корм – мелко нарезанную свежемороженную креветку, подкрашенную красным пищевым красителем Ronseal 4R и подаваемую пинцетом. Рыбы активно хватили кусочки креветки в толще воды, не схваченный здесь корм опускался на дно, и со дна рыбами схватывался редко и неохотно. Испуга или паники на процедуру кормления не было, рыбы по-прежнему сохраняли спокойное плавание. Корм замечали быстро, что говорит о хорошо развитом зрении. Рыбы привыкли к человеку очень быстро, буквально через день стали есть креветку с пинцета.



Рис. 2. Одна из подопытных особей баррамунди. На фото хорошо видна окраска молоди, которая у крупных рыб заменяется монотонно-серебристой окраской, характерной для многих пелагических рыб

Еще через день многие рыбы при кормлении схватывали кусочки креветки с пинцета, но сильного пищевого ажиотажа при поднесении пинцета с кормом к аквариуму не демонстрировали. При кормлении в общем аквариуме мелким гранулированным кормом, взятом в хозяйстве, откуда была привезена рыба, баррамунди активно схватывали этот корм со дна, куда он быстро опускался из-за высокой удельной плотности. Схватывая гранулы корма, баррамунди втягивали их в рот. При этом баррамунди располагался горизонтально дну, практически скользил по нему и мог принимать боковой наклон, что, по-видимому, облегчало схватывание мелкого корма рыбам с очень крупным ртом.

Вкусовые предпочтения классических вкусовых веществ у баррамунди. Тестированию были подвергнуты четыре классических вкусовых вещества, вызывающие у человека ощущение кислого, сладкого, соленого и горького вкуса. Это, соответственно, лимонная кислота, сахароза, хлористый натрий и хлористый кальций. Все вещества были протестированы при одной и той же концентрации – 0,1 М. В качестве контроля использованы гранулы, изготовленные из агар-агарового геля с красителем, но без каких-либо иных веществ. Для оценки предрасположенности подопытных рыб к питанию, т. е. для оценки их пищевой мотивации, использовали гранулы, содержащие экстракт креветки.

Выполненные опыты показали, что отношение баррамунди к вкусу классических вкусовых веществ различается. Лимонная кислота оказалась крайне привлекательной по вкусу. Баррамунди потребляли гранулы с лимонной кислотой очень охотно – средний уровень потребления равен 95,4%, что в 2,6 раза выше, чем потребление контрольных гранул. По вкусовой привлекательности лимонная кислота лишь немногим уступает экстракту креветки, гранулы с которым были потреблены рыбами в 100% опытов (табл. 2).

Таблица 2

Вкусовые ответы баррамунди *Lates calcarifer* на агар-агаровые гранулы с классическими вкусовыми веществами

Раздражитель	Концентрация, М	Потребление гранул, %	ИВП	Число разрушенных гранул	Число схватываний	Длительность удержания гранулы, сек.		Число опытов
						после первого схватывания	в течение всего опыта	
Лимонная кислота	0,1	95,4 ± 1,7***	44,4	12,5 ± 0,0***	1,3 ± 0,1***	9,6 ± 0,4***	10,8 ± 0,4*	120
Хлористый натрий	0,1	35,0 ± 3,9	-2,4	40,0 ± 4,5	3,8 ± 0,2	3,6 ± 0,3	12,3 ± 0,6	120
Хлористый кальций	0,1	28,8 ± 3,7	-13,0	32,5 ± 4,3	4,1 ± 0,2	3,2 ± 0,3**	12,3 ± 0,6	120
Сахароза	0,1	15,8 ± 2,8***	-39,8	27,5 ± 4,1	4,7 ± 0,2**	2,7 ± 0,2***	12,4 ± 0,5	120
Экстракт креветки	300 г/л	100 ± 0,0***	46,3	0,0 ± 0,0***	1,1 ± 0,0***	9,7 ± 0,4***	10,5 ± 0,4*	70
Контроль	-	36,7 ± 4,0	-	30,0 ± 4,2	3,7 ± 0,2	4,2 ± 0,3	12,2 ± 0,5	120

Примечание: *, **, *** – достоверность отличия от контроля соответственно $p < 0,05$; $0,01$; $0,001$

Хлористый натрий и хлористый кальций оказались индифферентными вкусовыми веществами для баррамунди. Присутствие этих солей в гранулах не влияло на их потребление рыбами – отличия, по сравнению с контролем, незначительные. Вкус же сахарозы оказался неприятным для баррамунди – рыбы в 2,3 раза снижали потребление гранул, по сравнению с контролем. Это различие статистически высоко значимое (табл. 2; рис. 3).

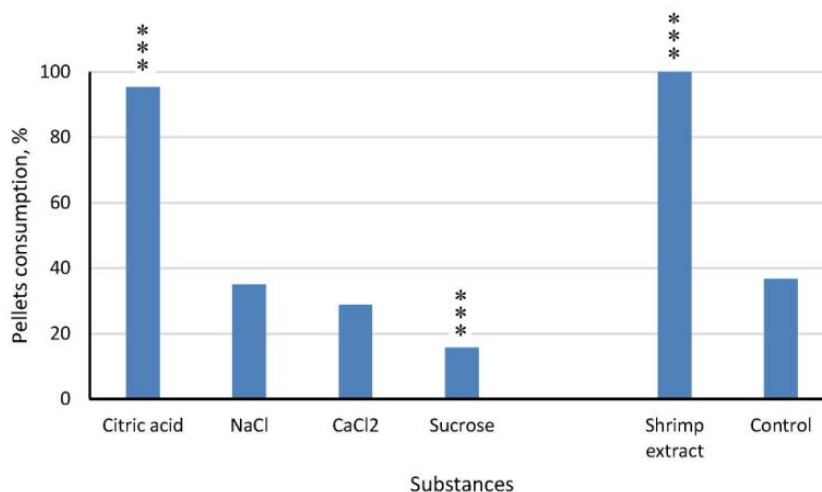


Рис. 3. Вкусовая привлекательность классических вкусовых веществ для баррамунди.
*, **, *** – достоверность отличия от контроля соответственно $p < 0,05$; $0,01$; $0,001$

Известно, что лимонная кислота стимулирует потребление гранул у многих рыб – у каспийской кумжи *Salmo trutta*, арктического гольца *Salvelinus alpinus*, карпа *Cyprinus carpio*, линя *Tinca tinca*, белого амура *Stenopharyngodon idella*, гуппи *Poecilia reticulata*, трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* и девятииглой колюшки *Pungitius pungitius*. Вкус сахарозы для большинства изученных ранее видов рыб индифферентный, за исключением тех рыб, в питании которых растения составляют значительную часть рациона – белого амура, плотвы *Rutilus rutilus* и гуппи [8–22].

Пищевое поведение, проявляемое баррамунди при тестировании гранул с разными вкусовыми веществами, также различается. Гранулы с индифферентными по вкусу хлоридом натрия и хлоридом кальция разрушались рыбами примерно в 30–40% опытов, т. е. так же, как и контрольные гранулы. Высоко привлекательные по вкусу гранулы с лимонной кислотой рыбы разрушали довольно редко (12%), а с гранулами с экстрактом креветки этого не происходило вовсе (0%). Гранулы с лимонной кислотой и с экстрактом креветки баррамунди обычно не подвергала повторному тестированию, а потребляла в результате первого же схватывания. Гранулы с остальными веществами, а также контрольные, рыбы схватывали в среднем примерно в три раза чаще. Максимальное число схватываний в отдельных опытах достигало 12–14.

Столь же сильным было и отличие в пищевом поведении, проявляемом на разные гранулы, и по длительности удержания гранул в ротовой полости. Выяснилось, что наиболее привлекательные по вкусу гранулы с лимонной кислотой и с экстрактом креветки, которые рыбы лишь изредка подвергали повторным тестированиям, удерживаются в ротовой полости при первом схватывании намного дольше по времени, чем остальные гранулы – примерно в три раза.

Наибольший интерес представляет более детальный анализ пищевого поведения баррамунди на значимые вкусовые стимулы – на гранулы с привлекательной лимонной кислотой (0,1 М) и на гранулы с отталкивающей по вкусу сахарозой (0,1М).

В подавляющем числе опытов гранула с лимонной кислотой схватывалась рыбами всего один раз. Число опытов с большим числом схватываний таких гранул было крайне мало, закономерно снижалось и не превышало семи. Длительность удержания гранул с лимонной кислотой охватывала диапазон от 1 до 26 с, но наиболее частыми были опыты, в которых первое удержание гранулы длилось от 6 до 12 с. Близким было и распределение частот длительности суммарного удержания гранул.

В отличие от лимонной кислоты сахароза обладала отталкивающим вкусом для баррамунди. Разная вкусовая привлекательность этих двух веществ приводит и к разному характеру ответа на гранулы с ними. Распределение частот опытов по числу схватываний гранулы, совершаемых рыбами в ходе ее тестирования, совершенно иное, чем в случае с сахарозой. Рыбы схватывали эти гранулы до 12 раз, причем наиболее распространенным вариантом было шесть схватываний за опыт, тогда как у лимонной кислоты было всего одно схватывание.

Корреляции в проявлении пищевого поведения при тестировании вкусовых качеств гранул. В ходе каждого опыта нами регистрировалось пять параметров ответа рыб на внесенную в аква-

риум агар-агаровую гранулу: дефрагментация гранулы в ходе тестирования (да; нет); число схватываний гранулы; длительность удержания гранулы после первого схватывания; суммарная длительность удержания гранулы в опыте; потребление гранулы (да; нет).

Даже поверхностный анализ данных, представленных в табл. 3, приводит к выводу, что между некоторыми регистрировавшимися параметрами существует очевидная связь. Между другими параметрами такую связь сразу же увидеть не удается. Для количественной оценки взаимосвязей между параметрами пищевого ответа баррамунди нами, на примере данных по вкусовым ответам на свободные аминокислоты, были вычислены величины коэффициента корреляции Спирмена (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициент корреляции Спирмена между параметрами вкусового ответа на гранулы с аминокислотами у баррамунди

	Разрушение гранул	Схватывания гранул	Первое удержание гранулы	Суммарное удержание гранулы
Потребление гранул	0,059	-0,084	0,940***	0,871***
Разрушение гранул		0,318	-0,022	0,116
Схватывания гранул			-0,181	0,334
Первое удержание гранулы				0,825***

Примечание: «+» – стимулирующее действие, «-» – детергентное, 0 – индифферентное. *, **, *** – достоверность отличия от контроля соответственно $p < 0,05$; $0,01$; $0,001$.

Полученные значения коэффициента корреляции показывают, что некоторые параметры ответа баррамунди на гранулы с аминокислотами тесно взаимосвязаны между собой. Так, согласно полученным коэффициентам корреляции, чем выше потребление гранул, т. е. чем выше вкусовая привлекательность содержащейся в них аминокислоты, тем дольше такие гранулы удерживаются рыбами в ротовой полости после первого схватывания и суммарно за все время опыта. Эта связь высокозначимая. Последние два параметра – длительность первого удержания и суммарное удержание гранулы также тесно взаимосвязаны между собой. Все остальные варианты парного сравнения регистрировавшихся параметров достоверных связей не обнаруживают.

В частности, деструктурирование (фрагментация) гранулы, как оказалось, не связана не только с вкусовой привлекательностью содержащегося в ней вещества, но и с числом повторных схватываний и с длительностью удержания гранулы в ротовой полости при первом схватывании и суммарно за опыт. Иными словами, разрушение гранулы не является следствием большего числа манипуляций с ней (схватываний) или с длительностью («строгостью», «тщательностью») ее органолептической оценкой в ходе тестирования. Чем определяется необходимость разрушения гранулы или следствием каких сенсорных процессов, остается пока непонятным. Возможно, разрушение гранулы, оказавшейся во рту у рыбы, отражает стремление рыбы лучше понять ее вкусовые качества. Те же гранулы, вкусовые свойства которых для рыб очевидны, таких действий не вызывают [21, 22].

В результате работы была впервые определена вкусовая привлекательность четырех классических вкусовых веществ для молоди баррамунди *Lates calcarifer*. Выяснилось, что лимонная кислота обладает высоко привлекательным вкусом для баррамунди, а сахароза, напротив, имеет отталкивающий вкус. Хлорид натрия, хлорид кальция и большинство аминокислот обладают безразличным вкусом для баррамунди. Высокая вкусовая привлекательность лимонной кислоты указывает на перспективность поиска эффективных вкусовых стимуляторов для баррамунди среди карбоновых кислот.

Для пищевого поведения баррамунди характерно деструктурирование гранул в процессе тестирования, проявление которого не коррелирует с вкусовой привлекательностью гранул и длительностью их удержания рыбой в ротовой полости. Выявлена высоко значимая связь между потреблением гранул и длительностью их удержания рыбами.

Сбор материала и экспериментальная часть работы осуществлены при финансовой поддержке Совместного Российско-Вьетнамского научно-исследовательского и технологического Тропического центра (Приморское отделение). Обработка первичных данных, анализ результатов и подготовка статьи проведены благодаря поддержке гранта РФФИ (проект № 16-04-00322).

Авторы выражают свою искреннюю благодарность руководству и сотрудникам Приморского отделения Совместного Российско-Вьетнамского научно-исследовательского и технологического Тропического центра за организационную помощь в материально-техническом обеспечении экспериментальных работ.

Литература

1. Kottelat M., Widjanarti E. The fishes of Danau Sentarum National Park and the Kapuas Lakes Area, Kalimantan Barat, Indonesia // Raffles Bull. Zool. Suppl. – 2005. – V. 13. – P. 139–173.
2. Marnane M.J. Site fidelity and homing behaviour in coral reef cardinalfishes // J. Fish Biol. – 2000. – V. 57. – P. 1590–1600.
3. Rimmer M.A. Barramundi Farming – An Introduction. Brisbane, Australia, Queensland // Department of Primary Industries Information Series. – 1995. – QI 95020. – 26 p.
4. Rimmer M.A. Barramundi // В J.S. Lucas и P.C. Southgate (ред.) Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants. – Оксфорд, Blackwell Publishing, 2003. – Ch. 18. – P. 364–381.
5. Садковая аквакультура – Региональные обзоры и всемирное обозрение // Обзор садковой аквакультуры. – Океания, 2010. – С. 235–249.
6. Химическая защита от рыб у животных и растений коралловых рифов Южного Вьетнама / А.О. Касумян, О.М. Исаева, Т.В. Тинькова, Л.Т.К. Оань, В.Т. Ха // Tạp chí Khoa học và Công nghệ nhiệt đới. – 2017. – Số 14. – P. 154–162.
7. Касумян А.О., Морси А.М.Х. Вкусовая чувствительность карпа к свободным аминокислотам и классическим вкусовым веществам // Вопросы ихтиологии. – 1996. – Т. 36, № 3. – С. 386–399.
8. Касумян А.О., Михайлова Е.С. Вкусовые предпочтения и пищевое поведение трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* популяций бассейнов Атлантического и Тихого океанов // Вопросы ихтиологии. – 2014. – Т. 54, № 4. – С. 446–469.
9. Касумян А.О., Михайлова Е.С., Марусов Е.А. Роль тактильного чувства и других сенсорных систем в регуляции пищевого поведения у гурами рода *Trichopodus* // ДАН. – 2014. – Т. 454, № 3. – С. 362–365.
10. Касумян А.О., Морси А.М.Х. Вкусовые предпочтения классических вкусовых веществ молоди белого амура, *Stenopharyngodon idella* (Cyprinidae, Pisces), выращенной на животном и растительном корме // ДАН. – 1997. – Т. 357, № 2. – С. 284–286.
11. Касумян А.О., Николаева Е.В. Вкусовые предпочтения гуппи, *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes) // Вопросы ихтиологии. – 1997. – Т. 37, № 5. – С. 696–703.
12. Касумян А.О., Прокопова О.М. Вкусовые предпочтения и динамика вкусового поведенческого ответа у линя *Tinca tinca* (Cyprinidae) // Вопросы ихтиологии. – 2001. – Т. 41, № 5. – С. 670–685.
13. Касумян А.О., Сидоров С.С. Вкусовая чувствительность кеты *Oncorhynchus keta* к основным типам вкусовых раздражителей и аминокислотам // Сенсорные системы. – 1992. – Т. 6, № 3. – С. 100–103.
14. Касумян А.О., Сидоров С.С. Сравнительный анализ вкусовых ответов молоди кумжи *Salmo trutta trutta* популяций Балтийского и Белого морей // ДАН. – 1995. – Т. 343, № 3. – С. 417–419.
15. Касумян А.О., Сидоров С.С. Вкусовая чувствительность молоди озерного гольца *Salvelinus namaycush* (Salmonidae) // Вопросы рыболовства. – 2001. – Приложение 1. – С. 121–126.
16. Doving K.B., Kasumyan A.O. Chemoreception / Fish Larval Physiology. R.N. Finn and B.G. Kapoor (eds.). – Enfield.: Science Publishers, 2008. – P. 331–394.
17. ФАО. 2006. ФАО yearbook, Fishery statistics, Aquaculture Production. – 2004. – Т. 98/2. – 247 с.
18. Kasumyan A.O., Doving K.B. Taste preferences in fish / Fish and Fisheries. – 2003. – V. 4. – P. 289–347.
19. Kasumyan A.O., Nikolaeva E.V. Comparative analysis of taste preferences in fishes with different ecology and feeding // J. Ichthyol. – 2002. – V. 42, Suppl. 2. – P. 203–214.
20. Михайлова Е.С., Касумян А.О. Вкусовые предпочтения и пищевое поведение девятииглой колюшки *Pungitius pungitius* трех географически удаленных популяций // Вопросы ихтиологии. – 2015. – Т. 55, № 5. – С. 539–562.
21. Kasumyan A.O. Behavior and gustatory reception of air-breathing catfishes (Clariidae) // J. Ichthyol. – 2014. – V. 54, № 10. – P. 934–943.
22. Виноградская М.И., Михайлова Е.С., Касумян А.О. Вкусовые предпочтения, оросенсорное тестирование и генерация звуков при питании жемчужного гурами *Trichopodus leerii* (Osphronemidae) // Вопросы ихтиологии. – 2017. – Т. 57, № 3. – С. 324–337.