
ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ РИБ

УДК 636.5.087.7

ВПЛИВ ЙОДУ НА АКТИВНІСТЬ КАРБОГІДРАЗ ЛУСКАТОГО КОРОПА

Ю.М. Забитівський, В.Б. Петрів, Я.В. Тучапський

Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства УААН

Здійснено аналіз впливу йоду у вигляді сполук KJO_3 та KJ на загальну активність карбогідраз травного тракту лускатих коропів. Виявлено, що йодисті сполуки, потрапляючи в організм коропа з кормом, справляють більший вплив на активність карбогідраз, ніж при їх внесенні у воду рибогосподарських ставів, який виражається у вірогідному збільшенні активності ферментів. Показано, що введення KJ у корм зумовлює зростання активності карбогідраз, локалізованих на поверхні мембрани в дистальній ділянці кишкового тракту, що сприяє кращому засвоєнню вуглеводневих продуктів.

У районах з низьким вмістом йоду у природних водах рибні господарства розробляють способи збагачення тканин риб цим елементом [1–3]. Міграція йоду в тканини риб здійснюється двома шляхами: з води — через зябра і покриви тіла та з корму — через тканини кишкового тракту. Йод, що надходить в організм риб першим шляхом, здійснює вплив на процеси травлення, що було досліджено раніше [4]. Корми більш значиміше зумовлюють функціонування травних циклів, забезпечуючи безпосередній контакт ферментних систем риб з усіма можливими регуляторами, вагоме місце серед яких займають мікроелементи [5–7].

Метою нашої роботи було з'ясувати, який спосіб збагачення йодом м'язових тканин коропа буде більш ефективніше впливати на діяльність травних ферментів вуглеводневого циклу, які відіграють ключову роль в енергетичному обміні риб і, відповідно, покращують засвоєння вуглеводних компонентів кормів. Розглядалися два варіанти надходження йоду в організм риб — з води ставів, у якій попередньо розчинялися солі йоду, і через травний тракт з кормовими сумішами.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для вивчення впливу йоду при згодюванні з кормом на загальну активність

карбогідраз його додавали у вигляді сполук KJ та KJO_3 у кормові суміші дволіткам лускатого коропа любінського внутрішньопородного типу. Риби отримували сполуки йоду з кормом протягом 60 днів у липні–серпні. KJO_3 вводили в корм з розрахунку 44 мг/кг, KJ — з розрахунку 34,2 мг/кг. Після осіннього вилову зі ставів дволіток коропа 4 дні зберігали в басейні і не годували.

Активність карбогідраз характеризує процеси вуглеводного травлення, а саме активність широкого спектра оліго-, тетра-, три- і дисахаридаз.

Для дослідження активності карбогідраз, які беруть участь у мембранному гідролізі, використовували метод солюбілізації ферментів з відрізки кишкового тракту. Відпрепарований кишечник відразу занурювали в охолоджений до 3–4°C розчин Рінгера і звільняли від прилеглих тканин. Кишечник дволіток коропа умовно поділяли на три фрагменти. Перша, проксимальна ділянка, простягається від стравоходу до першої петлі. Друга, медіальна — від першої до останньої петлі, третя — дистальна — від останньої петлі до анального отвору. Оскільки медіальна ділянка є порівняно з двома іншими довша, ми вибирали з неї фрагмент, розміщений між другою та четвертою петлею. Фрагмент з кожної ділянки розрізали

вздовж і на фіксаторі поміщали в пробір-ку з інкубаційним розчином та інкубували в термостаті за температури 37°C.

Інкубаційна суміш для солюбілізації відрізка кишечника складалась з розчину Рінгера для холоднокровних (NaCl — 0,6%, KCl — 0,0075%, CaCl₂ — 0,01%, NaHCO₃ — 0,01%), крохмалю розчинного — 0,2% та Тритону X-100 — 0,01%.

Солюбілізація відбувалась при постійному перемішуванні кожних 5–20 хв протягом 10-ти, 60–80-ти і 100 хв.

Ферменти, які вільно розташовані в порожнині кишечника, виділяли методом перфузії ділянок кишечника відразу після розтину черевної порожнини. За допомогою канюлі, насадженої на шприц, через фрагмент кишечника пропускали 5 мл охолодженого до 5°C інкубаційного розчину і ставили в термостат на 30 хв для інкубації за температури 37°C.

Після закінчення інкубації фрагменти ділянок кишечника виймали, а з фермент-субстратного розчину відбирали по 0,4 мл для визначення вмісту білка методом Лоурі. Карбогідразну активність обчислювали за кількістю звільненої глюкози, визначеної орто-толуїдиновим

методом, за хвилину інкубації на міліграм білка інкубаційної суміші (ммоль глюкози × хв⁻¹ × мг⁻¹ білка) [8].

У табл. 1, 2, 3 букви П, М, Д вказують на ділянку кишечника, з якої отримували фермент (П — проксимальна, М — медіальна, Д — дистальна). Цифри після позначень ділянок показують час солюбілізації фрагмента кишечника у розчині субстрату, а префікс “По” свідчить, що ферменти отримані з порожнини кишечника шляхом перфузії.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вплив йоду на процеси вуглеводного травлення коропа залежить від ряду чинників, першим з яких є склад солей йоду, шлях надходження в організм і тривалість їх впливу. Перебуваючи в розчинному стані у воді, солі йоду попадають у кров через зябра і шкіру. За нашими попередніми дослідженнями, 21-добова дія водного розчину КJO₃ у концентрації 0,13 г/м³ не змінює середніх значень активності карбогідраз різної просторової локалізації. Еквівалентна концентрація йоду у вигляді КJ (0,1 г/м³) призвела до зменшення активності мембранних кар-

Таблиця 1. Карбогідразна активність кишечника дволіток любінського лускатого коропа за дії КJO₃, який вводили у корм, ммоль глюкози × хв⁻¹ × мг⁻¹ білка (n=4)

Ділянка кишечника	M	m	σ	Cv	Очікуваний діапазон мінливості
П10	0,3911	0,069	0,097	24,88	0,200–0,582
П60*	0,2705	0,054	0,077	28,44	0,120–0,421
П100	0,1991	0,069	0,097	48,97	0,008–0,390
М10	0,5186	0,145	0,204	39,48	0,117–0,919
М60	0,2070	0,012	0,017	8,23	0,174–0,240
М100	0,3606	0,067	0,094	26,12	0,176–0,545
Д10	0,7630	0,239	0,338	44,35	0,099–1,420
Д60*	0,2905	0,005	0,007	2,36	0,277–0,333
Д100	0,1660	0,025	0,034	21,01	0,098–0,234
По М	0,237	0,142	0,200	84,73	–0,041–0,630
По Д	0,1562	0,074	0,104	66,82	–0,048–0,361

* Різниця між середніми значеннями досліджу з контролем достовірна.

Таблиця 2. Карбогідразна активність кишечника дволіток любінського лускатого коропа за дії КJ, який вводили у корм, ммоль глюкози \times хв⁻¹ \times мг⁻¹ білка (n=4)

Ділянка кишечника	<i>M</i>	<i>m</i>	σ	<i>Cv</i>	Очікуваний діапазон мінливості
П10	0,7330	0,498	0,705	96,09	-0,647-2,114
П60	0,1751	0,009	0,012	6,99	0,151-0,199
П100	0,1935	0,030	0,042	21,63	0,111-0,276
М10	0,1576	0,116	0,164	35,81	0,136-0,779
М60	0,2040	0,044	0,062	30,50	0,082-0,326
М100	0,3238	0,185	0,262	80,88	-0,190-0,837
Д10	0,4362	0,150	0,212	48,53	0,021-0,851
Д60	0,1970	0,042	0,060	30,41	0,080-0,314
Д100*	0,3137	0,009	0,013	4,04	0,289-0,338
По П	0,3230	0,153	0,216	66,85	-0,1-0,746
По М	0,4720	0,170	0,240	50,86	0,002-0,942
По Д	0,2392	0,152	0,215	89,91	-0,058-0,660

* Різниця між середніми значеннями дослідів з контролем достовірна.

Таблиця 3. Карбогідразна активність кишечника дволіток любінського лускатого коропа, ммоль глюкози \times хв⁻¹ \times мг⁻¹ білка (n=4)

Ділянка кишечника	<i>M</i>	<i>m</i>	σ	<i>Cv</i>	Очікуваний діапазон мінливості
П10	0,4811	0,071	0,101	20,98	0,283-0,688
П60	0,1518	0,013	0,019	12,07	0,116-0,188
П100	0,1644	0,026	0,036	22,07	0,093-0,235
М10	0,5462	0,131	0,185	33,83	0,184-0,908
М60	0,2679	0,037	0,052	19,61	0,165-0,371
М100	0,2332	0,125	0,176	75,55	-0,112-0,578
Д10	0,3043	0,085	0,120	39,50	0,069-0,539
Д60	0,2124	0,073	0,104	48,78	0,009-0,415
Д100	0,1912	0,008	0,013	6,03	0,169-0,213
По П	0,2629	0,038	0,054	20,36	0,158-0,368
По М	0,4185	0,028	0,040	9,60	0,340-0,497
По Д	0,1459	0,035	0,049	33,60	0,050-0,242

богідроз у дистальній ділянці кишечника на 33% [4].

За довготривалої дії (92 доби) розчинів KJ та KJO_3 існує тенденція до зростання середнього значення карбогідрозної активності ферментів медіальної ділянки кишечника, які розташовані на поверхні і в глибині глікокаліксу, також має місце тенденція до зниження активності власне мембранних ферментів, а вплив розчиненого у воді KJO_3 призводить до зменшення середнього значення активності порожнинних карбогідроз у медіальній ділянці на 53% відносно контролю [4].

Вплив йоду з таких самих солей буде іншим, якщо дати їм можливість безпосередньо контактувати з травними ферментами, вводючи їх у склад кормових сумішей для коропів. У табл. 1–3 показано загальну активність карбогідроз коропів, яких протягом 60 діб годували кормами з добавками згаданих солей.

Згідно з матеріалами статистичної обробки за дії з корму KJO_3 вірогідно вищою порівняно з контролем виявилася активність карбогідроз, розташованих у глибині глікокаліксу проксимальної та дистальної ділянок кишечника відповідно на 78 та 37%. В інших ділянках та локалізаціях за глибиною активність карбогідроз не відрізнялась між дослідними та контрольними рибами.

KJ, який надходив з кормом, збільшував активність власне мембранних карбогідроз у дистальній ділянці кишечника на 64%. Активність карбогідроз, локалізованих у порожнині та на поверхні і в глибині глікокаліксу вздовж проксимо-дистального градієнта кишечника, під впливом цієї сполуки йоду не зазнало змін.

Таким чином, KJO_3 та KJ, які вводили в корми, здійснюють позитивний вплив на активність вуглеводного травлення. Відмінність між впливом цих солей полягає у тому, що KJO_3 спричиняє зростання активності лише в глибині глікокаліксу, що зумовлено одним з двох можливих варіантів — міграцією ферментів з поверхні мукополісахаридного шару в глибину глікокаліксу або ж перехід власне мембранних ферментів у напрямку просвіту кишечника. Натомість, KJ активізує власне ентероцитарну систему, що забезпечує синтез карбогідроз, які

локалізуються у мембрані кишечника і виконують, окрім гідролітичної, транспортну функцію, що в цілому, призводить до швидшого і більш повного гідролізу вуглеводних продуктів.

Результатом цих процесів є збільшення швидкості остаточного гідролізу вуглеводів у глибині глікокаліксу, що сприяє більшому накопиченню глюкози на поверхні мембрани та її швидшому засвоєнню.

Оскільки цей вплив спостерігається як у проксимальній, так і у дистальній ділянках, то є підстави вважати, що введення сполук йоду в корми з високою кількістю вуглеводів буде сприяти їх більш повному засвоєнню.

ВИСНОВКИ

Йодисті сполуки, потрапляючи в організм коропа з кормом, справляють більший вплив на активність карбогідроз, ніж при їх внесенні у воду рибогосподарських ставів. У першому випадку має місце стійке вірогідне збільшення активності ферментів, а у другому зміни наступають лише у їх функціональних тенденціях.

Дія KJO_3 розчиненого у воді, не спричиняє вірогідних стійких фізіологічних перебудов карбогідрозної активності коропа, у водночас його дія як добавка до корму підвищує активність карбогідроз у глибині глікокаліксу проксимальної і дистальної ділянок.

Вплив KJ, внесеного у воду ставів, на травну систему коропів виявляється у зменшенні активності мембранних карбогідроз у дистальній ділянці на 33%. Тоді як KJ, що потрапляє у організм коропів з кормом, збільшує активність власне мембранних ферментів у дистальній ділянці, які безпосередньо відповідають за вуглеводний гідроліз та транспорт глюкози у кров. Відповідно, при високому вмісті вуглеводного компонента в кормі зростатиме швидкість вуглеводного гідролізу і транспорту, що сприятиме ефективнішому засвоєнню кормових ресурсів і кращому росту коропа.

Зважаючи на відмінні механізми впливу йоду зі сполук KJO_3 та KJ, вважаємо за доцільне провести вивчення сукупної дії згаданих солей на ефективність травних процесів та ріст коропів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Monica Gensic, Patrick J. Wissing, Timothy R. Keefe, Ahmed Mustafa*. Effects of iodized feed on stress modulation in steelhead trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) // *Aquaculture Research*. — 2004. — Vol. 35, № 12. — P. 1117–1121.
2. *Toure F., Lucas E., Stoecker B.* Fish and shrimp added bioavailable iodine to cassava and millet-based diets // *Ecology of Food and Nutrition*. — 2003. — Vol. 42, № 3. — P. 223–239.
3. *Glen A. Bird, M. Motycka, J. Rosentreter, W.J. Schwartz and P. Vilks*. Behaviour of ^{125}I added to limnocorrals in two Canadian Shield lakes of differing trophic states // *Environmental Science Branch Whiteshell Laboratories*. — Pinawa, Manitoba (Canada) ROE 1L0 Received 27 July 1994; accepted 21 October 1994. Available online 27 December 1999.
4. *Забитівський Ю.М., Петрів В.Б., Пірус П.І., Тучапський Я.В.* Вплив розчинених у воді сполук йоду на активність карбогідраз травної системи любінського лускатого коропа // *Рибогосподарська наука України*. — 2008. — Вип. 1. — С. 42–48.
5. *Забитівський Ю.М.* Вплив сублетальних концентрацій свинцю на активність травних ферментів цюгорічок коропа // *Вісник Львівського університету. Сер.: біологічна*. — 2002. — Вип. 28. — С. 200–210.
6. *Забитівський Ю.М.* Карбогідразна активність кишківника рамчастої та лускатої порід коропа любінського внутрішньопорідного типу під впливом міді // *Наукові записки Тернопільського педуніверситету ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. — 2002. — № 2(17). — С. 105–109.
7. *Кушак Р.И.* Пищеварительно-транспортная система энтероцитов. — Рига: Зинатне, 1983. — 304 с.
8. *Сухомлинов Б.Ф., Чайка Я.П., Коробов В.Н.* Методические указания к лабораторным занятиям по физико-химическим методам современной биохимии (Для студентов биологического факультета). — Львов, 1987. — 45 с.

ВЛИЯНИЕ ЙОДА НА АКТИВНОСТЬ КАРБОГИДРАЗ
ЧЕШУЙЧАТОГО КАРПА

Ю.М. Забытвский, В.Б. Петрив, Я.В. Тучапский

Проанализировано влияние йода в виде соединений KJO_3 и KJ на общую активность карбогидраз пищеварительного тракта чешуйчатых карпов. Показано, что соединения йода, попадая в организм карпа с кормами, более сильно влияют на активность карбогидраз, чем при внесении их непосредственно в воду рыбоводных прудов, что проявляется в достоверном увеличении активности ферментов. Установлено, что введение KJ в корм приводит к возрастанию активности карбогидраз, локализованных на поверхности мембран в дистальном отделе кишечника, содействуя лучшему усвоению углеводов.

IODYNE INFLUENCE ON THE SCALED CARP
CARBOHYDRASE ACTIVITY

Yu. Zabytivsky, V. Petriv, Ya. Tuchaps'ky

It is analyzed an iodine influence in a form of KJO_3 and KJ combinations on the general activity of the scaled carp digestive system carbohydrases. It is revealed that iodine combinations after their penetration with fodder into carp body cause stronger impact on carbohydrases activity than when they are adding to the fish-breeding ponds water. This impact is expressed in reliable increasing of the enzymes activity. It is shown that KJ introduction to the fodder leads to the activity growth of carbohydrases which are localized on the membrane surface in the distal area of intestine and promotes better assimilation of the hydrocarbon products.