



УДК 595.34:577.127:582.26/27

А. Н. Ханайченко, к.б.н., с.н.с., **Н. В. Поспелова**, к.б.н., с.н.с., **Л. О. Аганесова**, вед. инж.,
Т. В. Рауэн, вед. инж.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь, Украина

КАРОТИНОИДНЫЙ СОСТАВ КАЛАНОИДНЫХ КОПЕПОД *CALANIPEDA AQUAEDULCIS* И *ARCTODIAPTOMUS SALINUS* ПРИ ПИТАНИИ *DUNALIELLA SALINA*

Содержание суммарных каротиноидов и их фракций у эвригалинных каланоидных копепод *Calanipeda aquaedulcis* и *Arctodiaptomus salinus* при питании эвригалинными микроводорослями *Dunaliella salina* исследованы с помощью тонкослойной хроматографии и абсорбционной спектрофотометрии. Количество суммарных каротиноидов (СК) составило 403 ± 112 мкг \cdot г⁻¹ сух. веса копепод *C. aquaedulcis* и 622 ± 220 мкг \cdot г⁻¹ сух. веса копепод *A. salinus*. В составе каротиноидов обоих видов копепод определены β -каротин, астаксантин и его моно- и диэферы. Обнаружены значимые видоспецифичные различия в соотношении каротиноидных фракций копепод: свободный астаксантин (47.5% СК) доминировал среди фракций каротиноидов *C. aquaedulcis*, а этерифицированный - (62.5% СК) – у *A. salinus*.

Ключевые слова: копеподы, каротиноиды, *Calanipeda aquaedulcis*, *Arctodiaptomus salinus*, *Dunaliella salina*

Каланоидные копеподы *Calanipeda aquaedulcis* Kritschagin, 1873 (Pseudodiaptomidae) и *Arctodiaptomus salinus* Daday, 1885 (Diaptomidae) относятся к эвригалинным организмам, адаптированным к жизни в постоянных или временных водоемах. Широкий диапазон солёностной толерантности этих копепод [23] предполагает возможность их использования как ценных живых кормов для личинок многих видов рыб, включая камбалообразных, имеющих различные оптимумы солёности – от эстуарных до океанических.

Известно, что при питании копеподами возрастает выживаемость личинок рыб и снижается количество аномалий их развития. В химическом составе личинок рыб, питающихся копеподами, обнаружено более высокое содержание витамина А по сравнению с теми, в чей рацион входят только коловратки и артемии [17]. Предшественниками витамина А, поступающими в организм личинок, считают каротиноиды живых кормов, содержание которых в копеподах высоко [16], но которые в их организме не синтезируются *de novo* [11]. Растительноядные копеподы получают каротиноиды из микроводорослей, и в процессе метаболизма превращают в собственные модифицированные каротиноиды. Микроводоросли синтезируют каротиноиды, которые считают предшественниками кароти-

ноидов, обнаруживаемых в составе водных животных – β -каротин и, в меньшей степени, зеаксантин и другие [10].

Изучению каротиноидного состава копепод посвящено сравнительно небольшое количество работ, в которых обследовались копеподы из естественных популяций с неизвестным составом пищи [15, 25]. *C. aquaedulcis* и *A. salinus* являются перспективными живыми кормами для личинок ценных видов рыб [1], однако данные по каротиноидному составу этих копепод при питании определёнными микроводорослями отсутствуют. Имеются лишь отдельные данные по содержанию и фракционному составу каротиноидов *C. aquaedulcis* из зоопланктонной пробы, отобранной в солоноватоводном водоёме юга Франции [26] и *A. salinus* из зоопланктонных проб из солёных озёр румынской Трансильвании [7].

Целью данной работы было проведение сравнительного анализа каротиноидного состава *C. aquaedulcis* и *A. salinus* при питании микроводорослью *Dunaliella salina*, также имеющей широкий диапазон солёностной толерантности.

Материал и методы. Микроводоросли *D. salina* выращивали методом полупроточного культивирования (при освещённости 5000 лк, температуре $24 \pm 1.5^\circ\text{C}$) на основе стерилизованной 18 %

черноморской воды, обогащённой средой Уолна [27]. Разбавление накопительных культур микроводорослей производили из расчёта 30 % обновления среды 2 раза в неделю. Моновидовые культуры *C. aquaedulcis* и *A. salinus* содержали в лабораторных условиях при температуре $23 \pm 1.5^\circ\text{C}$ и круглосуточном освещении в течение 4-летнего периода до начала эксперимента. Для получения массового материала для биохимического анализа были выращены субкультуры двух видов копепод, предварительно адаптированные к питанию *D. salina* в течение 10-суточного периода. Плотность культуры колебалась в пределах оптимума: от 3 до $5.3 \text{ экз}\cdot\text{мл}^{-1}$ (*C. aquaedulcis*) и 1.5 до $2.5 \text{ экз}\cdot\text{мл}^{-1}$ (*A. salinus*) в объёмах 40 л при не травмирующем копепод слабом перемешивании. Смену воды и добавление микроводорослей *D. salina* ($10^4 \text{ кл}\cdot\text{мл}^{-1}$) копеподам производили 2 раза в неделю.

Определение содержания суммарных каротиноидов и фракционного состава проводили только для копеподитных стадий (средняя сухая масса одного индивидуума составляет 0.0029 и $0.0079 \text{ мг}\cdot\text{экз.}^{-1}$ для *C. aquaedulcis* и *A. salinus*, соответственно), поскольку науплиальные стадии имеют незначительную сухую массу (усреднённая для 6 науплиальных стадий сухая масса составляет 0.00004 и $0.00009 \text{ мг}\cdot\text{экз.}^{-1}$ для *C. aquaedulcis* и *A. salinus*, соответственно), а для проведения биохимических анализов необходимо собрать сухую биомассу копепод не менее 10 мг для каждой повторности.

Копепод из накопительных культур концентрировали: *C. aquaedulcis* – с помощью сита 180 мкм, *A. salinus* – 200 мкм методом декантации, отделяя детрит и науплиальные стадии. Сконцентрированных на сите копепод промывали проточной фильтрованной через серию картриджных фильтров 10, 5 и 1 мкм и стерилизованной ультрафиолетом морской водой, затем концентрировали в 2 л воды и оставляли на 60 мин для освобождения пищеварительного тракта от пищи. Затем пробы трижды промывали аналогично и сгущали в объёме 500 мл.

Суммарную массу копепод в каждой пробе определяли расчётным методом. Для этого из каждой сконцентрированной в 500 мл пробы копепод после тщательного перемешивания отбирали по 2 повторности (объёмные аликвоты) по 10 мл (4 % от общего объёма пробы) для подсчёта количества разных стадий развития копепод (в камере Богорова под бинокляром при увеличении 2×8 и 4×8). Для расчёта сухой массы проб проведены измерения

каждой стадии копепод обоих видов при аналогичных условиях культивирования, проведён расчёт сухого веса каждой стадии и общего сухого веса пробы с учётом доли каждой стадии в пробе. Определение сухой массы копепод производили по линейному размеру [4], используя формулу:

$$DW = 0.13 * (L_{pr} * d_{pr}^2)^{1.013};$$

где L_{pr} – длина просомы (мм); d_{pr} – ширина просомы (мм); DW – сухая масса тела (мг) копепод [24].

Оставшуюся часть сгущённой пробы копепод – 480 мл – концентрировали на бумажных фильтрах, которые осторожно промывали морской водой, разбавленной дистиллятом до 10 ‰ (более низкая солёность без предварительной длительной адаптации может вызывать разрыв экзоскелета копепод), и использовали для дальнейшего биохимического анализа.

В связи с проблематичностью получения одновременно большого количества сухой биомассы копепод (оптимум их культивирования при плотности копеподитных стадий не выше $100 \text{ экз}\cdot\text{л}^{-1}$) число повторностей при определении содержания суммарных каротиноидов (СК) составляло 3 – 4, и две – при определении фракционного состава.

Фильтры со сконцентрированными на них копеподами помещали в стеклянные бюксы, каротиноиды экстрагировали раствором Фолча (смесь «хлороформ : метанол» в соотношении 2 : 1, объём 10 мл) [9] с ионолом (0.01 %), с соблюдением необходимых требований при работе с каротиноидами. Полученные экстракты хранили в тёмной стеклянной посуде при температуре -4°C не более 48 ч.

Содержание суммарных каротиноидов в тканях копепод анализировали спектрофотометрически по [3]. Фракционный состав каротиноидов определяли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) [5]. Из хлороформ-метанольных экстрактов пигменты переводили в хлороформ (чда) экстракцией с добавлением воды (1 : 3). Полученные хлоро-формные экстракты упаривали до минимального объёма (2 – 4 мкл) на вакуумном роторном испари-теле Unipan-350 и хроматографировали на пластинах «Silufol UV-254» на силикагеле в системе растворителей гексан : ацетон (7 : 3). Хроматографические пластины перед анализом активировали в сушильном шкафу (30 мин при 100°C). Фракции каротиноидов с пластин элюировали ацетоном для последующего спектрального и количественного анализа. Спектры поглощения отдельных фракций регистрировали на спектрофотометре СФ–2000

(ЛОМО, Россия) в диапазоне длин волн 400 – 800 нм с шагом 0.1 нм. Расчет концентраций отдельных фракций пигментов с последующим определением их относительного содержания в суммарных каротиноидах (%) проводили по [2] с использованием коэффициентов удельной экстинкции $E_{1\text{см}}^{1\%}$: для астаксантина и его эфиров – 2200 [19], для β -каротина – 2500, для остальных каротиноидов, как для суммарных, – 2550 [3]. Идентификацию фракций каротиноидов проводили по спектрам поглощения пигментов в ацетоне [2, 19], химическим тестам на наличие сложно-эфирных связей, коэффициентам хроматографической подвижности (Rf) [14] фракций при совместной хроматографии со стандартами. Стандарт астаксантина получали из красных апланоспор *Haematococcus pluvialis* путем омыления эфиров астаксантина [21], моно- и диэфиров астаксантина – из зрелых апланоспор *H. pluvialis*, кантаксантина – из науплиев артемий [18], β -каротина – из цист *D. salina* [13].

Результаты и обсуждение. Содержание суммарных каротиноидов (СК) в тканях копепоид при питании *D. salina* варьировало в пределах 323.8 – 482.4 мкг/г сух. веса у *C. aquaedulcis* и от 465.9 до 777.7 мкг/г сух. веса у *A. salinus* (табл. 1).

Табл. 1 Количественное содержание и фракционный состав каротиноидов копепоид при питании микроводорослями *Dunaliella salina*

Table 1 Total content and fraction composition of carotenoids in copepods fed microalgae *Dunaliella salina*

Каротиноиды копепоид	<i>Calanipeda aquaedulcis</i>	<i>Arctodiaptomus salinus</i>
Суммарные каротиноиды копепоид, мкг /г сух. массы	403.1 ± 112.2 * (323.8–482.4)**	621.8 ± 220.5* (465.9–777.7) **
Бета-каротин, % СК	13.2 ± 1.6***	13.3±0.8 ***
Астаксантин, % СК	47.5±1.2***	19.7±0.7***
Моноэфиры астаксантина, % СК	19.1±1.8***	17.1±2.8***
Диэфиры астаксантина, % СК	0.6± 0.1***	45.4±5.7 ***
Сумма свободного и этерифицированного астаксантина, % СК	67.1± 0.6***	82.2±0.6***

Ср.значение ± SD (n=4). Mean ±SD (n=4); ** Разброс значений. Range of values; *** Ср.значение ± SD (n=2). Mean ± SD (n=2)

Полученные значения суммарных каротиноидов у копепоид при питании *D. salina* сопоставимы с содержанием суммарных каротиноидов у каланоидных копепоид *Acartia bifilosa* из зоопланктонных проб Балтийского моря (700 – 830 мкг .г⁻¹ сух. веса) [15]. Содержание суммарных каротиноидов *C. aquaedulcis* из экспериментальных культур (403.1 ± 112.2 мкг .г⁻¹ сух. массы) оказалось в двадцать раз выше, чем у *C. aquaedulcis* из природных популяций солоноватоводных водоёмов Средиземноморья (22.5 мкг .г⁻¹ сух. массы) [26], что, возможно, связано с различиями в количестве и качестве потреблённого копепоидами корма.

В составе суммарных каротиноидов обоих видов копепоид при питании *D. salina* выделено 6 фракций, из которых идентифицированы β -каротин ($R_f = 0.96$; $\lambda_{max} = 425, 450$ и 480 нм в ацетоне) и 3 формы астаксантина – свободный астаксантин ($R_f = 0.34$), моноэфиры астаксантина ($R_f = 0.50$) и диэфиры астаксантина ($R_f = 0.76$) ($\lambda_{max} = 475 - 476$ нм в ацетоне). Свободный астаксантин (47.5 ± 1.2 %) определён как доминирующая фракция в составе каротиноидов *C. aquaedulcis*; моноэфиры астаксантина составили 19.1 ± 1.8 %; β -каротин – 13.2 ± 1.6; диэфиры астаксантина (0.6 ± 0.1%). У *A. salinus*, напротив, доминирующей фракцией становятся диэфиры астаксантина (45.4 ± 5.7%), за которыми следуют свободный астаксантин (19.7 ± 0.7 %), моноэфиры астаксантина (17.1 ± 2.8 %) и β -каротин (13.3 ± 0.8 %) (табл. 1). Суммарная доля этерифицированных фракций астаксантина у *A. salinus* составляет 62.5%, в то время как у *C. aquaedulcis* – только 19.7%. Сопоставление каротиноидных фракций *C. aquaedulcis* и *A. salinus* при совместной хроматографии со стандартом кантаксантина, полученного из науплиев артемий, показало, что в составе тканей копепоид обоих изученных видов этот каротиноид отсутствует, который не обнаруживают и у других видов копепоид [20, 25].

Относительное содержание β -каротина – 13 % и свободного астаксантина – 20 % в составе суммарных каротиноидов у *C. aquaedulcis*, питавшихся *D. salina*, близко к таковому у

C. aquaedulcis из зоопланктонных проб [26] – 8 и 26 %, соответственно. Различия во фракционном составе каротиноидов *C. aquaedulcis*, определённом нами и [26], вероятно, обусловлены различными условиями питания копепод в культуре и в естественных водоёмах Средиземноморья. При определении химического состава *A. salinus* из солёных лагун юга Испании [12] было установлено, что диэфиры астаксантина являются доминирующей фракцией в каротиноидном составе этих копепод, также как у экспериментальных особей. Сопоставление наших данных с [12], к сожалению, невозможно, так как конкретные величины содержания фракций и суммарных каротиноидов в цитируемой работе отсутствуют.

Известно, что среди каротиноидов, поступающих с клетками *D. salina* в пищеварительный тракт копепод, доминируют изомеры β-каротина, зеаксантин и лютеин [13]. Соответственно, каротиноиды, идентифицированные у *C. aquaedulcis* и *A. salinus*, питавшихся *D. salina*, являются как исходными каротиноидами микроводорослей, так и трансформированными из каротиноидов микроводорослей в результате собственного метаболизма копепод (астаксантин и его эфиры).

Астаксантин и его эфиры – основные каротиноиды морских ракообразных [22]. У морских планктонных копепод астаксантин находят преимущественно в этерифицированной форме, и полагают, что этот каротиноид является эффективным антиоксидантом, предохраняющим жирные кислоты морских ракообразных от окисления [6], что предполагает его важную вспомогательную роль в метаболизме липидов у данных организмов [15].

Сумма разных форм астаксантина у обоих видов изученных нами копепод (67 % у *C. aquaedulcis* и 82 % – у *A. salinus*, табл.1) близка к значениям, полученным для морских каланоидных копепод родов *Eurythemora*, *Centropages*, *Pseudocalanus*, *Acartia* из зоопланктонных проб, которые достигают 75 – 80 % от суммы каротиноидов [15, 25], и к содержанию астаксантина в составе копепод *Nitokra*

lacustris, выращенных в условиях лабораторной культуры [20]. Исключительно высокое содержание астаксантина (2530 мкг г⁻¹ сух. веса) у *A. salinus*, указанное в [7], возможно, связано со специфическими условиями (к сожалению не приведёнными в работе) в солёных озерах Трансильвании.

Астаксантин (суммарное содержание его разных форм – свободного, моно- и диэфиров) преобладает над содержанием других каротиноидов как у *A. salinus*, так и у *C. aquaedulcis*. Однако отношение суммы свободного и этерифицированного астаксантина к суммарным каротиноидам является, очевидно, видоспецифичным признаком, с преобладанием этерифицированного астаксантина у *A. salinus* и его свободной формы – у *C. aquaedulcis*. Вероятнее всего, различия каротиноидного состава изученных копепод связаны с особенностями их биологии и стратегии размножения: *A. salinus* населяет как постоянные водоёмы с большим градиентом солёности, так и временные, и может переживать периоды засухи и полное пересыхание водоёмов, так как способен производить как субитанные, так и покоящиеся яйца; *C. aquaedulcis*, напротив, обитает только в постоянных водоёмах и размножается только субитанными яйцами.

Предполагают, что из всех известных фракций каротиноидных пигментов копепод, трансформированных из каротиноидов микроводорослей, эфиры астаксантина обладают наиболее высокой антиоксидантной активностью, по-видимому, наиболее активно влияющими на метаболизм липидов, и являются основными запасными каротиноидами [15]. Возможно, эфиры астаксантина могут выполнять функцию эффективной антиоксидантной защиты как самих *A. salinus*, которых находят в озёрах в условиях высокой солнечной радиации и высокой солёности (до 200 ‰) [4], так и для защиты эмбрионов в диапаузирующих яйцах *A. salinus* при высыхании водоёмов.

Исходя из полученных нами данных, можно предположить, что у каланоидных копепод двух разных видов – *A. salinus* и

C. aquaedulcis – метаболические пути трансформации и накопления специфических каротиноидов из пищи одинакового каротиноидного состава несколько различаются. *C. aquaedulcis*, вероятно, имеет более низкие потребности в этерифицированных формах астаксантина и, возможно, обладает более слабым метаболическим механизмом модификации каротиноидов, поступающих с микроводорослями, до астаксантина и его этерифицированных форм по сравнению с *A. salinus*.

Заключение. Содержание суммарных каротиноидов и астаксантина у копепод *A. salinus* и *C. aquaedulcis* сходно с таковым у пела-

гических морских копепод, что можно считать показателем адекватности данных видов копепод потребностям личинок ценных видов морских рыб. Выявленные различия в каротиноидном составе *A. salinus* и *C. aquaedulcis*, вероятно, являются характеристиками видоспецифичных особенностей каротиноидного обмена у этих видов и, по-видимому, связаны с различиями репродуктивной стратегии, направленной на выживание видов.

Благодарности. Авторы выражают признательность к.б.н. Минюк Г.С. за научные консультации и к.б.н. Нехорошеву М.В. за помощь в проведении химических анализов.

1. Аганесова Л. О. Выживаемость и длительность развития копепод *Calanipeda aquaedulcis* и *Arctodiaptomus salinus* в зависимости от питания микроводорослями разных таксономических групп // Морск. экол. журн. – 2011. – **10**, 2 – С. 27 – 33.
2. Дробецкая И. В., Чубчикова И. Н., Боровков А. Б., Минюк Г. С. Определение содержания астаксантина и кантаксантина у зелёных микроводорослей методом тонкослойной хроматографии // Экология моря. – 2009. – Вып. 79. – С. 50 – 56.
3. Карнаухов В. И. Биологические функции каротиноидов. – М.: Наука, 1988. – 241 с.
4. Шадрин Н. В., Батогова Е. А., Конейка А. В. *Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) (Copepoda, Diaptomidae), редкий в северо-западной части Чёрного моря вид, обычен в прибрежных водах Крыма // Морск. экол. журн. – 2008. – **7**, 2 – С. 86.
5. Шмаль Э. (ред.) Хроматография в тонких слоях. Пер. с немецк. – М.: Мир, 1965. – 503 с.
6. Bandaranyake W. M., Gentien P. Carotenoids of *Temora turbinata*, *Centropages furcatus*, *Undinula vulgaris* and *Euchaeta russelli* // Comp. Biochem. Physiol. – 1982. – Part B, 72. – P. 409 – 414.
7. Bodea C., Nicoare., Illyess G., Serban M. The carotenoids of *Arctodiaptomus salinus* (Daday) // Rev. Roum. Biochim. – 1965. – **2**. – P. 205 – 211.
8. Britton G., Liaaen-Jensen S., Pfander H. Carotenoids Handbook // Basel: Birkhäuser Verlag., 2004. – 672 p.
9. Folch P. J., Lees M., Stanley G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue // J. Biol. Chem. – 1957. – **226**. – P. 497 – 509.
10. Foss P., Renstrøm B., Liaaen-Jensen S. Natural occurrence of enantiomeric and meso astaxanthin 7* in crustaceans including zooplankton // Comp. Biochem. Physiol. – 1987. – Part B, 86. – P. 313 – 314.
11. Goodwin T. W. The Biochemistry of the Carotenoids // London: Chapman and Hall. – 1984. – **2**. – P. 64 – 96.
12. Guerrero F., Jiménez-Melero R., Parra G., Lopez de la Torre M. D., Melguizo M. Lipid composition of *Arctodiaptomus salinus* (Copepoda: Calanoida) // J. Fresh. Ecol. – 2007. – **22**, 1. – P. 147 – 150.
13. Hu C-C., Lin J-T., Lu F-J., Chou F-P., Yang D.-J. Determination of carotenoids in *Dunaliella salina* cultivated in Taiwan and antioxidant capacity of the algal carotenoid extract // Food Chemistry. – 2008. – **109**, 2. – P. 439 – 446.
14. Lorenz R. T. Thin layer chromatography system for Naturöse carotenoids // Nat. Tech. Bull. № 003. – 1998. – Cyanotech Corpor., Kailu-Kona, HI, USA.
15. Łotocka M., Styczyńska-Jurewicz E., Błędzki L. A. Changes in carotenoid composition in different developmental stages of copepods: *Pseudocalanus acuspes* Giesbrecht and *Acartia* spp. // J. Plankton Res. – 2004. – **26**. – P. 159 – 166.
16. Matsuno T. Aquatic animal carotenoids // Fish. Sci. – 2001. – **67**. – P. 771 – 783.
17. Moren M., Næss T., Hamre K. Conversion of beta-carotene, canthaxanthin and astaxanthin to vitamin A in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) // Fish Physiol. Biochem. – 2004. – **27**, 1 (2). – P. 71 – 80.
18. Murugan G., Nelis H. J., Dumont H. J., De Leenheer A. P. Cis- and all-trans-canthaxanthin levels in fairy shrimps // Comp. Biochem. Physiol. – 1995. – **110B** (4). – P. 799 – 803.
19. Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods. – Paris: UNESCO, 1997. – 595 p.
20. Rhodes A. Dietary effects on carotenoid composition in the marine harpacticoid copepod *Nitokra*

- lacustris* // J. Plankt. Res. – 2007. – **29**, 1. – P. 73 – 83.
21. Rodriguez-Amaya D. B. A guide to carotenoid analysis in foods / Washington: ILSI Press, 2001. – 71 p.
 22. Shahidi F., Metusalach, Brown J. A. Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture // Critical Reviews in Food Science. – 1988. – **38**. – P. 1 – 67.
 23. Svetlichny L., Hubareva E., Khanaychenko A. *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* are exceptionally euryhaline osmoconformers: evidence from mortality, oxygen consumption, and mass density patterns // Mar. Ecol. Prog. Ser. – **470**. – P.15 – 29.
 24. Svetlichny L. S., Khanaychenko A. N., Hubareva E. S., Aganesova L.O. Partitioning of respiratory energy and environment tolerance in the copepods *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2012. – **114**. – P. 199 – 207.
 25. Van der Meeren T., Olsen R. E., Hamre K., Fyhn H. J. Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish // Aquaculture. – 2008. – **274**, 2 (4). – P. 375 – 397.
 26. Vincent M., Ceccaldi H. J. Relations entre acides gras et pigments caroténoïdes chez un crustacé copépode, *Calanipeda aquae-dulcis* // Bioch. Syst. Ecol. – 1988. – **16**, 3. – P. 317 – 324.
 27. Walne P. R. Studies on the food value of nineteen genera of algae to juvenile bivalves of the genera *Ostrea*, *Crassostrea*, *Mercenaria* and *Mytilus* // Fish. Invest. – 1970. – **2**, 26 (5). – 62 p.
- Поступила 15 мая 2013 г.
После доработки в окончательном виде
12 февраля 2014 г.

Каротиноїдний склад каланоїдних копепод *Calanipeda aquaedulcis* і *Arctodiaptomus salinus* при харчуванні мікрводоростями *Dunaliella salina*. А. М. Ханайченко, Н. В. Поспелова, Л. О. Аганесова, Т. В. Рауен. Вміст сумарних каротиноїдів та їх фракцій у складі 2 видів евригалінних каланоїдних копепод *Calanipeda aquaedulcis* і *Arctodiaptomus salinus* при живленні евригалінними мікрводоростями *Dunaliella salina* були досліджені за допомогою тонкошарової хроматографії і абсорбційної спектрофотометрії. Кількість сумарних каротиноїдів (СК) складала 403 ± 112 мкг \cdot г⁻¹ сух. ваги копепод *C. aquaedulcis* і 622 ± 220 мкг \cdot г⁻¹ сух. Ваги копепод *A. salinus*. У складі каротиноїдів обох видів копепод були визначені наступні фракції: β -каротин, астаксантин і його моно- і діетери. Були виявлені значущі видоспецифічні відмінності у співвідношенні каротиноїдних фракцій: вільний астаксантин (47.5% СК) домінував у *C. aquaedulcis*, а етерифікований астаксантин (62.5% СК) – у складі *A. salinus*.

Ключові слова: копеподи, каротиноїди, *Calanipeda aquaedulcis*, *Arctodiaptomus salinus*, *Dunaliella salina*

Carotenoid composition of calanoid copepods *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* fed microalgae *Dunaliella salina*. A. N. Khanaichenko, N. V. Pospelova, L. O. Aganesova, T. V. Rauen. Total carotenoids and carotenoid fractions in two species of euryhaline calanoid copepods *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* fed euryhaline microalgae *Dunaliella salina* in laboratory cultures were studied by thin layer chromatography and absorption spectrophotometry. Total carotenoids (TC) of *C. aquaedulcis* averaged from 324 to 482 (403 ± 112) μ g carotenoids per g dry weight and from 466 μ g to 778 (622 ± 220) μ g carotenoids per g dry weight in *A. salinus*. The following carotenoids were identified in both species: β -carotene, astaxanthin, mono- and di-ethers of astaxanthin. Significant species-specific differences in carotenoid fractions of *C. aquaedulcis* and *A. salinus* were recorded: dominance of free astaxanthin (42.5% TC) in *C. aquaedulcis* and dominance of esterified astaxanthin (62.5% of TC) in *A. salinus*. Canthaxanthin was not found in studied copepod species. Differences in carotenoid fractions composition were supposed attributed to differences in biological functions of carotenoids involved in the life strategies of compared copepods.

Key words: copepods, carotenoids, *Calanipeda aquaedulcis*, *Arctodiaptomus salinus*, *Dunaliella salina*