

## A HŐMÉRSEKLET HATÁSA A CRUSTACEA PLANKTON ZSÍRSAVÖSSZETÉTELÉRE

FARKAS TIBOR és HERODEK SÁNDOR

Érkezett: 1963. március 15-én

### Bevezetés

A halak zsírája jellemző a többszörösen telítetlen zsírsavak magas aránya, és az, hogy a  $C_{20}$ ,  $C_{22}$  zsírsavak mindig a főbb komponensek közé tartoznak. A halzsírokat kémiai összetételük alapján tovább szották osztályozni. Régóta általánosan elfogadott az édesvízi és tengeri típusú zsír felosztás (LOVERN 1932). Ez a megkülönböztetés számos vizsgálatra alapult, melyek azt mutatták, hogy a tengeri halak lényegesen több  $C_{20}$ ,  $C_{22}$ -es zsírsavat tartalmaznak, mint az édesvíziek. Az eddigi vizsgálatok szerint mind a tengeri, mind az édesvízi algák kevés 18 szénatomnál hosszabb zsírsavat tartalmaznak. Néhány elemzés alapján viszont feltételezték, hogy a tápláléklánc következő tagjában, az édes és tengervízi planktonrákokban már megvan a halakéhoz hasonló különbség a zsírsavösszetételben. A kérdés tüzetesebb vizsgálatára 1958-ban sorozatos elemzéseket végeztünk a balatoni crustacea planktonon (FARKAS—HERODEK 1959). A zsírsavakat TWITCHELL szerint frakcionáltuk, majd KAUFMANN módszerével papírkromatografáltuk a két frakciót. Az őszi lehülés folyamán a folyékony frakció súlyaránya fokozatosan nőtt és papírkromatogramján egyre erősödtek a linolénsav szintje fölötti foltok. A vízi szervezetekben főbb komponensként előforduló zsírsavak közül a  $C_{20}$  pentaen és a  $C_{22}$  hexaen sav rendelkezhet ilyen magas Rf értékkel. A kérdés további vizsgálatáról az Évkönyvben megjelent három cikkben számoltunk be (FARKAS—HERODEK 1960, 1961, 1962). Jelen dolgozatunk ennek a sorozatnak újabb tagját képezi.

### Anyag és módszer

A kevert crustacea planktonot N° 6-os hálával gyűjtöttük. Ezt eleinte csak egészében elemeztük. Később sikerült a planktonrákok két fő csoportját, a Copepodákat és Cladocerákat páncéljuk hidrofil. ill. hidrofob sajátsága révén egymástól elkülöníteni. Maguknak az egyes fajoknak a szétválasztása többszörös szűrést és elég hosszadalmas mikroszkóp alatti válogatást igényelt, ezért ezt főleg olyankor végeztük el, amikor az egyik faj túlsúlyra jutott a planktonban. Ily módon a kevert planktonból 30—50, a szétválasztott fajokból 1—3 mg zsírt tudtunk nyerni. A tengeri rákokat üvegfiolában leforrasztva, széndioxidral átbuborékolatott 70%-os alkoholban konzerválva kaptuk.

Az algákkal etetett rákokat 100 literes akváriumban tartottuk. Az algákat tiszta tenyészetekből kaptuk. Ilyen körülmények között a Cladocerák gyorsan szaporodtak, és elemzés előtt ezeket a rákokat több nemzedéken keresz-



tül tudtuk csak algával táplálni. A Copepodák nem szaporodtak. Ezeket nauplius állapottól tartottuk algán, és az ivarérett állatokat elemeztük.

A halakkal végzett kísérletekben újszülött guppykat használtunk. Ezeket két hónapon keresztül etettük balatoni crustacea planktonnal. A halaknak három naponként adtunk frissen fogott rákokat. A halak mindig eleven táplálékot fogyasztottak, melyből egyszerre annyit adtunk, hogy a következő etetésig elfogyjon.

Az összes mintát vízmentes nátriumszulfáttal dörögöltük el, és petroléterrel extraháltuk. Az így nyert összes lipid egy részéből KAUFMANN félmikromódszerével jódszámot mértünk. Egy másik részét Pd katalizátor jelenlétében hidrogéneztek, majd a szokásos módon előállítva az összes zsírsavak keverékét, azt KAUFMANN szerint (KAUFMANN 1954) papírkromatografáltuk. Előhíváshoz rézacétét-rubeánsavat használtunk. A kiértékelést fotometriásan végeztük (SEHER 1959). Az eredményeket súlyszázaléokra számítottuk át. A közölt eredmények mindig három futtatás átlagát jelentik, melyek standard deviációja soha nem haladta meg az 5%-ot.

Olvadáspont-méréshez KOFLEER típusú hűthető-fűthető tárgyasztalú mikroszkópot használtunk. A tárgylemezre 2–3 mg zsírt cseppentettünk. A tárgyasztalt 20 fokkal a várt olvadáspont alá hűtöttük, majd percenként 1° C sebességgel melegítettük. Olvadáspontként azt a hőfokot tüntettük fel, ahol a zsíresebb felületén rendszerint megjelenő apró egyenetlenségek eltűntek. Az átmenet gyors és jól érzékelhető. Az így kapott eredményeket  $\pm 1$  °C pontossággal tudtuk megismételni.

### Eredmények

A crustacea plankton zsírjában feltételezett évszakos változások első megközelítésére jódszámokat mértünk. Ezeket az eredményeket az *I. ábra* mutatja.

Az ábrán feltüntetett adatokból számított regressziós egyenes egyenlete:

$$i. v. = 188,8 - (3,03 \pm 0,21) t.$$

A regressziós koefficiens nullától való eltérése nagyon erősen szignifikáns.  $P \ll 0,001$ .

Feltehető volt, hogy a jódszám által indikált kémiai változások az egész év folyamán biztosítják a planktonrákok zsírjának nagyjából azonos halmazállapotát. Természetesen ilyen sokféle zsírsavból felépített trigliceridek keverékének nincs egy határozott olvadáspontja. A rendelkezésre álló igen kevés zsírból a konvencionális op. méréseket sem tudtuk megnyugtató reprodukálhatósággal elvégezni, de a fentebb leírt módszerrel megbízható eredményekhez jutottunk, melyeket az *I. táblázat* mutat.

A táblázatban levő hőmérsékleti adatok, mint az összes ilyen adataink ebben a dolgozatban a Balaton vizének átlaghőmérsékletét mutatják az előző hétre számítva. A *táblázat* adatait, és a néhány foknyi vízhőmérséklet ingadozást figyelembe véve azt mondhatjuk, hogy a planktonrákok zsírja az egész év folyamán állandóan olvadáspontközei, folyékony halmazállapotban van.

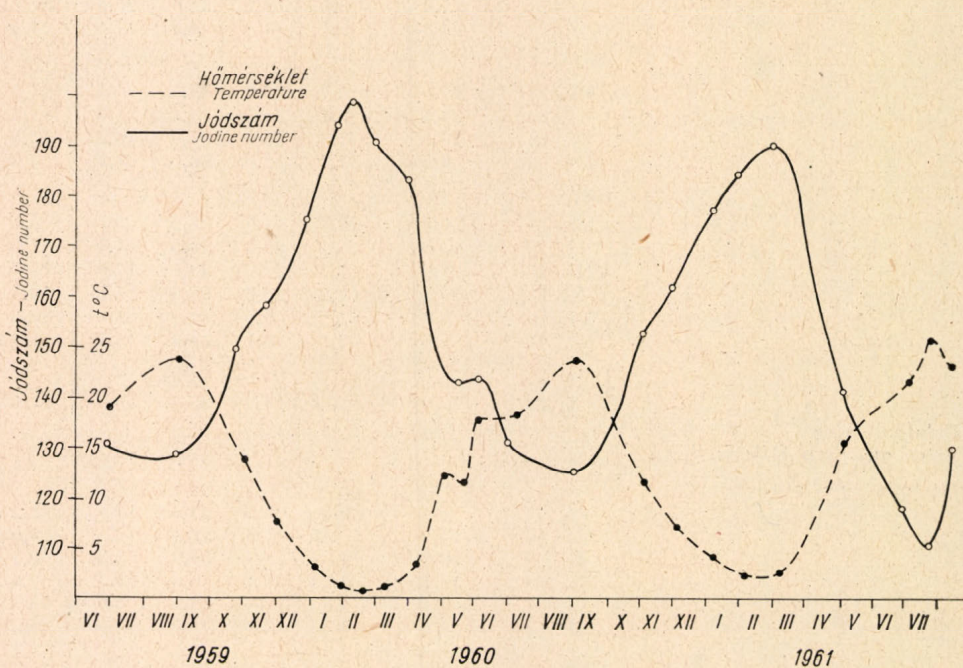
Annak a feltevésünknek ellenőrzésére, hogy az őszi folyamán a crustacea planktonban felhalmozódnak a C<sub>20</sub>, C<sub>22</sub>-es polyen zsírsavak, a zsírokat hidrogéneztek, majd mennyiségileg papírkromatografáltuk a zsírsavakat.



Évszakos változások  
a balatoni planktonikus Copepodák zsírsójának olvadáspontjában (1962)

Jahreszeitliche Änderungen in dem Schmelzpunkt der Fette von planktonischen Copepoden aus dem Balaton-See (1962)

Dátum Datum	VIII. 3.	IX. 11.	X. 9.	X. 15.	X. 29.	XI. 6.	XI. 13.	XII. 4.
vízhőmérséklet Wassertemperatur .....	22,8	20,3	16,2	15,3	15,1	9,4	9,2	2,6
olvadáspont Schmelzpunkt .....	19	17	12	12	11	8	5	2



1. ábra A rákplankton zsír jódszámának és a víz hőmérsékletének változása a Balatonban 1959—1961-ben

Fig. 1. Änderungen der Jodzahl des Fettes von Crustaceenplankton und der Wassertemperatur im Balatonsee

Mint a 2. táblázat mutatja, mindhárom évben valóban nő ősszel a kevert planktonban a  $C_{20}$ ,  $C_{22}$ -es zsírsavak mennyisége. Ezekről a savakról a későbbi gázkromatográfiás elemzés igazolta, hogy mind 4,5, ill. 5,6 telítetlen kötést tartalmaznak, ahogy a halak analógiájára várható is volt (STOFFEL 1960). A Balaton planktonjának faji összetételében nem találtunk olyan szabályos változást, amely a zsírsavösszetétel változását magyarázhatná. Néhány eset-



2. táblázat — Tabelle 2

Planktonrások zsírsav-összetételének évszakos változásai  
 Jahreszeitliche Änderungen  
 in der Fettsäurezusammensetzung der planktonischen Crustaceen

A minta megnevezése Name der Proben	Gyűjtés ideje Datum der Sammlung	Víz° C Wasser- temperatur ° C	Zsírsavösszetétel Fettsäurezusammensetzung					
			C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>20</sub>	C <sub>22</sub>	
Balatoni kevert Crustacea plankton Gemischtes Crustaceen- plankton aus dem Balaton-See	1955.							
	VII. 14.	23,0	4,5	25,5	38,7	16,0	15,5	
	VIII. 24.	23,5	1,4	27,6	39,7	15,5	15,8	
	X. 4.	12,5	5,4	20,5	37,7	20,6	15,8	
	XI. 14.	7,2	8,1	18,2	32,6	20,6	20,5	
	XII. 14.	2,3	8,1	14,0	38,9	17,6	21,4	
	1960.							
	VI. 1.	17,0	5,7	26,2	37,1	17,7	13,3	
	VIII. 29.	24,5	5,4	25,5	34,4	13,3	11,4	
	X. 24.	13,5	7,8	22,0	37,0	16,2	17,0	
	XII. 20.	4,5	7,7	12,0	35,0	21,7	23,6	
	1961.							
	VI. 13.	20,5	2,6	44,6	38,2	9,5	5,1	
	VII. 3.	24,9	—	37,2	43,5	11,8	7,5	
	VIII. 13.	22,6	1,4	29,0	42,1	12,8	14,7	
	X. 11.	15,4	7,2	28,2	35,5	16,6	12,5	
	XI. 10.	9,0	13,1	8,5	34,7	21,2	22,5	
	XI. 21.	7,6	7,1	15,1	38,3	18,1	21,4	
	1962.							
	I. 22.	0,0	10,0	14,0	32,0	20,5	23,5	
	Balatoni fajok Arten aus dem Balaton-See Daphnia cucullata	1961.						
		VI. 5.		—	36,4	42,6	15,8	5,2
		VIII. 10.	24,0	9,0	31,6	39,7	14,8	4,9
X. 8.		16,2	11,5	28,9	38,9	15,3	5,4	
X. 29.		15,4	13,4	25,4	40,5	11,7	9,0	
XI. 6.		9,4	14,7	22,8	42,9	9,6	10,0	
XI. 13.		9,2	16,3	17,3	42,2	15,0	9,2	
1962.								
II. 7.		0,0	10,8	22,9	40,7	13,3	12,3	
Eudiaptomus gracilis		1962.						
		VI. 25.	22,5	—	34,2	35,5	16,8	13,5
		IX. 20.	18,0	7,4	29,9	28,5	15,4	18,8
		XI. 2.	10,1	16,4	20,8	30,9	12,9	19,0
		XI. 30.	2,8	9,7	13,8	36,9	19,9	19,7
Cyclops vicinus		1962.						
	X. 8.	16,2	11,5	29,9	27,3	13,7	17,6	
	X. 29.	15,4	7,8	27,6	28,1	17,7	18,8	
	XI. 6.	9,4	10,7	22,8	25,9	16,7	23,9	
	XI. 19.	7,7	8,4	16,7	33,3	16,2	25,4	
XI. 30.	2,8	6,1	15,6	36,3	16,2	25,8		



A minta megnevezése Name der Proben	Gyűjtés ideje Datum der Sammlung	Víz° C Wasser- temperatur	Zsírsvösszetétel Fettsäurezusammensetzung					
			C <sub>14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>20</sub>	C <sub>22</sub>	
Belső-tavi fajok Arten aus Belső-tó Teich								
Cyclops vicinus	1960.							
	IX. 4.	23,5	—	20,5	37,0	19,4	23,1	
	X. 28.	13,9	—	22,2	24,9	21,2	31,7	
	XII. 8.	5,0	—	18,4	22,7	23,0	35,9	
	1961.							
	VI. 13.	20,5	—	37,0	29,3	15,0	18,7	
	VII. 20.	21,5	—	21,9	40,9	21,6	15,6	
	XI. 10.	9,0	—	29,3	30,3	19,6	20,8	
Daphnia magna	1961.							
	VI. 13.	20,5	—	57,3	35,0	7,7	—	
	XI. 10.	9,0	—	37,5	54,7	7,8	—	
Paracalanus parvus a Nápolyi- öbölből								
Paracalanus parvus aus der Bucht von Neapel			6,8	56,3	27,2	4,7	5,0	
Carlanus finnarchicus az Északi-tengerből								
Carlanus finnarchicus aus der Nordsee			6,8	29,4	22,0	23,6	18,2	

ben sikerült a Balaton és a Belső-tó planktonjából rákfajokat az elemzéshez szükséges mennyiségben tisztán elkülöníteni. A 2. táblázatban összesített adatok szerint a belső tavi *Daphnia magna* kivételével mindegyik fajban nő a C<sub>20</sub>, C<sub>22</sub>-es zsírsavak mennyisége, de ez a növekedés különböző mérvű.

Annak a kérdésnek a vizsgálatára, hogy az évszakos változás formájában észlelt hőmérsékleti hatás mennyire nyilvánul meg regionálisan, azaz a különböző szélességi fok alatt a tengerből gyűjtött crustaceaák esetében, a Nápolyi Zoológiai Állomástól, ill. a skóciai Isle of Cumbrae Tengerbiológiai Állomástól kértünk rákokat. Az eredmény igen pozitív volt.

A fenti megfigyelések során felmerült néhány probléma további kutatására akváriumban etetési kísérleteket végeztünk. Ezek eredményeit a 3. táblázat foglalja össze.

Különböző planktonrákokat tiszta tenyésztéssel nyert *Scenedesmus obtusiusculus* egysejtű zöld algán neveltünk fel. Az algából nem tudtuk 18 szénatomnál hosszabb zsírsavat kimutatni. A Cladocera rákok zsírja a táplálékhoz-hasonló maradt, viszont a Copepodákban mindig jelentős mennyiségű C<sub>20</sub>, C<sub>22</sub> zsírsav jelent meg. A hőmérséklet hatását technikai okokból, sajnos csak egy faj, a *Daphnia magna* esetében tudtuk akváriumi kísérletben vizsgálni. A rákokat különböző hőfokon *Chlorella pyrenoidosa* algával etetve azok a balatoni crustacea planktonra számított egyenletnek megfelelő jódszám különbséget mutattak. Hosszú polyensavakat a *Scenedesmus*-al történt etetéshez hason-



lóan egyik esetben sem találtunk, de a hidegebb vízben megnőtt a 18-as polyen-savak mennyisége.

3. táblázat — Tabelle 3

Etetési kísérletek vízi szervezetekkel  
Fütterungsversuche mit Wasserorganismen

A minta megnevezése Name der Proben	Akvárium °C Aquarien °C	Jódszám Jodzahl	Zsírsvösszetétel Fettsäurezusammensetzung				
			C <sub>14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>20</sub>	J <sub>22</sub>
Scenedesmus obtusiusculus a táplálékalga							
Scenedesmus obtusiusculus die Futteralge	—	—	—	47,4	52,6	—	—
Cladocera:	cca						
Daphnia magna	20	—	—	42,5	57,4	—	—
Daphnia cucullata	„	—	—	44,4	52,4	3,2	—
Moina rectirostris	„	—	—	46,3	50,8	2,9	—
Copepoda:							
Mesocyclops leuckarti	„	—	—	39,9	42,4	7,7	10,0
Cyclops vicinus	„	—	6,9	19,4	39,8	18,3	15,6
Acanthocyclops viridis	„	—	—	32,0	30,0	20,2	17,8
Chlorella pyrenoidosa a táplálékalga							
Chlorella pyrenoidosa die Futteralge	—	121,5	—	35,7	64,3	—	—
Daphnia magna	25	127,7	—	38,9	61,1	—	—
Daphnia magna	10	173,2	—	32,6	67,4	—	—
Crustacea planktonnal etetett halak:							
Mit Crustaceenplankton gefütterte Fische:							
Lebistes reticulatus S o m m e r	22	—	6,4	31,9	27,8	12,2	21,7
Lebistes reticulatus W i n t e r	22	—	4,2	14,7	20,0	25,3	35,8

A különböző zsírsvösszetételű planktonrákok jó lehetőséget szolgáltatnak a halak zsírsvösszetétele és a táplálék közötti kapcsolat vizsgálatára. 20 °C-os akváriumban guppykat téli és nyári crustacea planktonon neveltünk fel. A crustacea planktonban talált téli-nyári különbség élesen látható a halaknál. A C<sub>20</sub>, C<sub>22</sub>-es savak mindkét évszakban magasabb százalékban voltak jelen a halakban, mint a táplálékban.

### Megvitatás

HENRIQUES és HANSEN (1901) észlelték először a hőmérséklet hatását a zsírok összetételére, amikor azt találták, hogy a sertészsír jódszáma a mélyebb, melegebb rétegekben alacsonyabb, mint a külső hidegnek jobban kitett testrészekben, és a külső réteg zsírjának telítettségét a külső hőmérséklet befolyá-



solja. Azóta különböző meleg vérű állatokon végeztek hasonló vizsgálatokat. Az első statisztikusan értékelhető kísérletet D. W. FAWCETT és C. P. LYMAN végezték (1954), akik kimutatták, hogy az 5 fokon tartott aranyhőresögökben a téli álm beállta előtt a 23 fokon tartott kontrollhoz képest 83,7-ről 87,3-ra nőtt a jódszám. Gerinctelen állatok közül az éticsigánál mutatott ki TIELE (1960) évszakosan megnyilvánuló hőmérsékleti hatást.

A növények között a len esetében észlelte IVANOV (1922), hogy az északon természetekben magasabb a jódszám, mint a déliekben. Később ezt sikerült néhány más olajosmagvú növényre is kimutatni. Ezt a megfigyelést sokáig mint a telítetebb zsírsavaknak a telítetlenebbekből való keletkezését alátámasztó érvet használták.

Mikroorganizmusok zsírjának telítettségére PEARSON és RAPER (1927) mutatták ki először a hőmérséklet hatását. GAUGHRAN (1947) feltételezi, hogy baktériumoknál csak akkor lehetségesek az aktív életfolyamatok, ha a plazmatikus lipoidok folyékony állapotban vannak. CHRISTOPHERSEN és KAUFMANN (1955) különböző hőmérsékleten tenyésztett élesztő esetében kimutatták, hogy az hidegben nemcsak több telítetlen, hanem több rövid szénláncú zsírsavat is tartalmaz, ami szintén az olvadáspontot csökkenti.

Nem minden törekvés, mely a hőmérséklet és a zsírsavösszetétel közötti kapcsolat kimutatására irányult, zárult pozitív eredménnyel. Egyes állandó testhőmérsékletű állatok különböző depoiból származó zsírja esetében a jódszám feltűnően egyforma, a testrészek között levő nyilvánvaló hőmérsékletkülönbség ellenére is. Másoknál a várhatóval éppen ellentétes irányú jódszám gradienst találtak. Nem állíthatjuk azt sem, hogy az állandó testhőmérsékletű állatok között az alacsonyabb hőmérsékletűek zsírjának jódszáma mindig magasabb lenne, mint a magas hőmérsékletűeké. Számos tropikus növény és rovar is hasonló, sőt telítetlenebb zsírral bír, mint hidegebb égövi rokonai. Ebből következik, hogy a zsír halmazállapota a különböző szervezetekben, de egy szervezet különböző testrészeiben sem mindig azonos.

Újabban tőlünk függetlenül LEWIS (1962) mutatta ki a regionálisan megnyilvánuló hőmérsékleti hatást az ektoterm tengeri állatok zsírjában. Az óceán arktikus és mérsékelt zónájából gyűjtött állatok, közöttük számos rák zsírját gázkromatografálva az alacsony hőmérséklet két hatását észlelte: az egyik a rövidláncú zsírsavak bizonyos mérvű felhalmozódása, melynek kisebb jelentőséget tulajdonít. A másik: a telített savaknak a megfelelő monoenné való átalakulása. Ezért úgy véli, hogy egy igen egyszerű lépés, melyet a dehidrogenáze révén majdnem minden szervezet megtehet, egész különböző hőmérsékletekhez beállíthatja a megfelelő lipid viszkozitást. Hogy ebben a polyen savaknak nem tulajdonít nagyobb szerepet, annak módszertani oka lehet. Gázkromatografiás elemzéseknél a súly % per area % arány a telítetlenségi fokkal növekszik. Az általa megadott átlagos zsírsavösszetételek teoretikus jódszámát visszszámítva azok a reálisnak tűnő értékek kb. a felét mutatták. Az utolsó általa észlelt csúcs a 22 : 1 volt, azaz a vízi állatokra jellemző C<sub>20</sub>, C<sub>22</sub> zsírsavakat nem is mutatta ki.

A 60 egységnyi évi jódszámváltozás, amelyet mi a balatoni rák plankton esetén találtunk, a többszörösen telítetlen zsírsavak fontosságát bizonyítja, különösen akkor, ha figyelembe vesszük, hogy a szilárd frakció mennyisége csak a nyári 38,7 és a téli 14,4%-os szélső értékek között változik. Az egyes telítetlen savaknak más-más a jelentősége a különböző fajok számára. A *Daphnia magna*-val végzett kísérlet során az alacsony hőmérsékletre való alkal-



mazkodást a  $C_{16}$ ,  $C_{18}$  többszörösen telítetlen zsírsavak biztosították. A Copepodákban a  $C_{20}$ ,  $C_{22}$  savak felhalmozódása a döntő. Ezeknek az ötször-hatszor telítetlen, nagyon alacsony olvadáspontú zsírsavaknak a gliceridekbe történő beépülése jelentheti a halmazállapot szabályozás leghatékonyabb módját. Erre utal az a megfigyelésünk is, hogy azok a fajok, melyek algával etetve sok  $C_{20}$ ,  $C_{22}$ -es zsírsavat tartalmaztak, a téli planktonban nagy egyedszámban fordulnak elő, míg azok, melyek ilyen képességet nem mutattak, eltűnnek, vagy egyedszámuk csökken.

A rákokban található zsírsavak eredete tisztázatlan. Nem tudjuk, képesek-e a linol- és linolénsav szintézisére, vagy sem. A *Daphnia magna* hidegben sokkal magasabb jódszámot mutatott, mint a táplálékul szolgáló alga. Lehet, hogy dehidrogénezés történt, de az is elképzelhető, hogy a táplálékból származó  $C_{16}$ ,  $C_{18}$  többszörösen telítetlen zsírsavakat halmozták fel. A  $C_{20}$ ,  $C_{22}$ -es savakkal kapcsolatban, melyek a Copepodákban akkor is jelen voltak, ha a táplálékból nem tudtuk kimutatni, kézenfekvő feltételezni, hogy a linol-, ill. linolénsav divinyl-metán ritmusú hosszabbítása útján keletkeznek, ahogy azt gerincesekre kimutatták (KLENK 1960a, MEAD 1960a).

A többszörösen telítetlen zsírsavak átalakulási útjairól a halakban jól áttekinthető vázlat áll már rendelkezésre (KAYAMA 1962). Ez a vázlat főként azokon a kísérleteken alapszik (MEAD 1960b, KLENK 1960b), melyek izotópos módszerrel igazolják a  $C_{20}$ ,  $C_{22}$  zsírsavak szintézisét a halakban a külső eredetű, linol- és linolénsav típusú vegyületekből.

Ezek után a halakban levő hosszú szénláncú zsírsavak eredete már csak mennyiségi jellegű kérdés: mi az aránya a kész formában felvett savaknak a halak által befejezett savakhoz. Etetési kísérletekkel már korábban (REISER 1958) kimutatták, hogy a halak képesek szintetizálni többszörösen telítetlen zsírsavakat, de az is kitűnt, hogy zsírjukat jelentősen befolyásolja a táplálék zsírsavösszetétele. Halakat mesterséges tengeri, ill. édesvízi táplálékon tartva azt találták, hogy az édesvízi és tengeri halak zsírsavösszetétele közötti különbséget főként a táplálékukban levő zsírsavak különbsége okozza.

Eredményeink, melyek szerint a Nápolyi Öbölből fogott rákokban édesvízi, az édesvízi planktonrákokban télen tengeri zsír van, azt jelzik, hogy a hőmérséklet alapvető fontosságú a két zsírtípus kialakulásában. A planktonrákok szintjén mások által talált különbségeket arra a körülményre vezetjük vissza, hogy a tengeri rákok közül csak a hideg régiókban fogott fajokat vizsgálták, az édesvízi mintákat pedig minden bizonnyal a melegebb évszakban gyűjtötték. A tengeri halakra jellemző zsírsavösszetételt csak olyan halak alapján számították, melyeket az Északi Tengerből fogtak, ahol a zooplankton zsírja nagyon gazdag kell hogy legyen hosszú szénláncú, erősen telítetlen zsírsavakban. Ezzel szemben az édesvízi halak táplálékát elsősorban a melegvízi, nyári plankton képezi, hiszen a hőmérséklet csökkenésével a halak táplálkozási aktivitása is csökken. Ez magyarázza meg, hogy a balatoni halak zsírjában miért nem találtunk a planktonénak megfelelő évszakov változásokat. Ha édesvízi halakat szobahőmérsékletű akváriumban etettünk téli planktonrákokkal, átvették a plankton zsírsavösszetételét, és tengeri halolajat gyártottak. A meleg tengerekből fogott halakra vonatkozó irodalmi adatok (KARHANIS 1955) beleillenek a fenti képbe.



## Összefoglalás

A három éven át folytatott jódszámmérések szabályos évi ciklust mutatnak a balatoni crustacea plankton zsírsavösszetételében. A Copepodák zsírjának olvadáspontja az egész év folyamán állandóan néhány fokkal a víz hőmérséklete alatt volt. A  $C_{20}$ ,  $C_{22}$  savak mennyisége a planktonrákokban a hőmérséklet csökkenésével növekedett, és néhány faj esetében túllépte a tengeri állatokra jellemző értéket. A szobahőmérsékleten tartott és frissen fogott téli édesvízi crustacea planktonnal etetett édesvízi halak tengeri halolajat tartalmaztak. Ha rákokat olyan algákon neveltünk fel, melyek nem tartalmaztak  $C_{18}$ -nál hosszabb zsírsavat, a Copepodákban a  $C_{20}$ ,  $C_{22}$ -es savak mindig mint fő összetevők jelentek meg.

Köszönetünket fejezzük ki Prof. J. F. MEAD-nak (University of California Medical Center, School of Medicine) munkánk iránti szíves érdeklődéséért és sokirányú támogatásáért, Prof. S. M. MARSHALL-nak (Marine Station Millport, Isle of Cumbrae, Scotland) és dr. A. PACKARD-nak (Stazione Zoologica, Napoli) a tengeri rákokért, Intézetünkől pedig dr. FELFÖLDY LAJOS-nak a tisztatenyészetből származó algákért.

## IRODALOM

- CHRISTOPHERSEN J., W. KAUFMANN (1955): Spektraloptische und papierchromatographische Untersuchungen an Lipoiden und Fetten von Hefezellen bei verschiedenen Züchtungstemperaturen. *Kieler milchwirtsch. Forschungsber.* **7**, 323—335.
- FARKAS T., S. HERODEK (1959): Paper chromatographic studies on the fatty acid composition of some fresh-water crustaceans. *Acta Biol. Acad. Sci. Hungaricae* **10**, 85—90.
- FARKAS T., S. HERODEK (1960): Seasonal changes in the fat contents of the crustacea plankton in Lake Balaton. *Annal. Biol. Tihany* **27**, 3—7.
- FARKAS T., S. HERODEK (1961): Seasonal changes in the fatty acid composition of fresh water crustaceans. *Annal. Biol. Tihany* **28**, 91—94.
- FARKAS T., S. HERODEK (1962): On the origin of the characteristic fatty acid composition of water organisms. *Annal. Biol. Tihany* **29**, 79—83.
- FAWCETT, D. W., C. P. LYMAN (1954): The effect of low environmental temperature on the composition of depot fat in relation to hibernation. *J. Physiol.* **126**, 235—247.
- GAUGHAN, E. R. L. (1947): Saturation of bacterial lipids as a function of temperature. *J. Bact.* **53**, 506—507.
- HENRIQUES, V.—C. HANSEN (1901): Vergleichende Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des tierischen Fettes. *Skand. Arch. Physiol.* **11**, 151—155.
- HILDITCH, T. P. (1956): The chemical constitution of natural fats. *Chapman-Hall Ltd. London.*
- IVANOV, S. L. (1922): The influence of climatic factors on the physiologic-chemical characters of the plants. *Trud. Prikl. Bot.* **13**, 483—491.
- KARHANIS, Y. D.—N. G. MAGAR (1955): Component fatty acids in body fats of some marine fishes. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* **32**, 492—493.
- KAUFMANN, H. P. (1954): Die Papierchromatographie auf dem Fettgebiet. — XVI. Weitere Versuche zur Trennung von Fettsäuren. *Fette und Seifen* **56**, 154—158.
- KAUFMANN, H. P., A. SEHER, G. MANKEL (1962): Anwendung der Gas-Chromatographie auf dem Fettgebiet. II. Quantitative Auswertung. *Fette und Seifen* **64**, 501—509.
- KAYAMA, M., Y. TSUCHIYA (1962): Possible conversion pathway of polyunsaturated acid in fish. *Tohoku J. of Agricult. Res.* **13**, 229—235.
- KELLY, P. B., R. REISER, D. W. HOOD (1958): The effect of diet on the fatty acid composition of several species of fresh water fish. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* **35**, 503—505.
- KLENK, E., H. MOHRHAUER (1960a): Untersuchungen über den Stoffwechsel der Polyenfettsäuren bei der Ratte. *Z. physiol. Chem., Hoppe-Seiler's* **320**, 218—232.



- KLENK, E., G. KREMER (1960b): Über die Biogenese der  $C_{20}$ - und  $C_{22}$ -Leberpolyenfettsäuren bei Wirbeltieren. *Z. physiol. Chem., Hoppe Seiler's* **320**, 111—125.
- LEWIS, R. W. (1962): Temperature and pressure effects on the fatty acids of some marine ectotherms. *Comp. Biochem. Physiol.* **6**, 75—89.
- LOVERN, J. A. (1932): Fat metabolism in fishes. I. General survey of the fatty acid composition of the fats of a number of fishes, both marine and freshwater. *Biochem. J.* **26**, 1978—1984.
- MEAD, J. F. (1960a): The metabolism of the polyunsaturated fatty acids. *Amer. J. Clin. Nutr.* **3**, 55—61.
- MEAD, J. F., M. KAYAMA, R. REISER (1960b): Biogenesis of polyunsaturated acid in fish. *J. Am. Oil. Chemists' Soc.* **37**, 438—440.
- PEARSON, L. K., H. S. RAPER (1937): The influence of temperature on the nature of the fat formed by living organisms. *Biochem. J.* **21**, 875—879.
- SEHER, A. (1959): Quantitative Papier-Chromatographie der Fettsäuren. II. Das photometrische Verfahren. *Fette und Seifen* **61**, 857—859.
- STOFFEL, W., E. H. AHREND'S JR. (1960): The unsaturated fatty acids in menhaden body oil: the  $C_{18}$ ,  $C_{20}$  and  $C_{22}$  series. *J. Lipid Research* **1**, 139—146.
- THIELE, O. W. (1960): Die Lipide der Weinbergschnecke (*Helix pomatia*). II. Über die Neutralfette und Steroide. *Z. physiol. Chem., Hoppe-Seiler's* **321**, 29—37.

## TEMPERATUREINFLUSS AUF DIE FETTSÄUREZUSAMMENSETZUNG DES CRUSTACEENPLANKTONS

*Tibor Farkas und Sándor Herodek*

### Zusammenfassung

Die im Laufe von drei Jahren durchgeführten Jodzahlmessungen erwiesen im Fette der Planktonkrebse des Balatonsees ein jahreszeitliches, reguläres Cyklus.

Der Schmelzpunkt der Fette blieb während des ganzen Jahres mit einigen Graden unter der Wassertemperatur. Die Menge der  $C_{20}$ ,  $C_{22}$  Fettsäuren nahm in den Planktonkrebsen bei abnehmender Wassertemperatur zu und in einigen Arten übertraf sie die für die Seetiere charakteristischen Werte. Die Süßwasserfische enthielten — bei Zimmertemperatur mit frisch gesammeltem Winterplankton aus dem Balatonsee gefüttert — Seefischöl.

Unter den Planktonkrebsen, die mit Algen gefüttert wurden (deren Fette keine Fettsäuren über  $C_{18}$  enthielten) waren in Copepoden die  $C_{20}$ ,  $C_{22}$  Fettsäuren immer als Hauptkomponenten auffindbar.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СОСТАВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПЛАНКТОНА CRUSTACEAE

*Т. Фаркаш, Ш. Херодек*

### Резюме

Трехлетние определения йодного числа обнаруживали регулярный годовой цикл в составе жирных кислот планктона Crustaceae озера Балатона. Точка плавления жира Soreroдае в течение целого года была на несколько градусов ниже температуры воды. Количество кислот  $C_{20}$  и  $C_{22}$  в планктонных раках увеличивалось по мере повышения температуры; при некоторых видах оно превышало величины, характерные для морских раков.

Пресноводные рыбы, держанные при комнатной температуре и кормленные пресноводным планктоном Crustaceae содержали морской рыбий жир. Если раков кормили водорослями, содержащими жирные кислоты с углеродной цепью не длинее  $C_{18}$ , то в Soreroдае кислоты  $C_{20}$  и  $C_{22}$  всегда присутствовали как главные компоненты.