

VIZSGÁLATOK NÉHÁNY, A HAZAI VIZEK ANYAGFORGALMÁBAN FONTOSABB SZEREPET JÁTSZÓ RÁK ZSÍRSAVGARNITURÁJÁN

(Előzetes közlemény)

FARKAS TIBOR

Érkezett: 1958. március 3.

Haltáplálékul szolgáló rákszervezetek (planktonrákok, Amphipoda rákok) kémiai összetételének vizsgálatakor kitűnt, hogy magas zsírtartalommal rendelkeznek. Zsírtartalmuk mértéke szinte példa nélkül áll az idevonatkozó irodalomban. A különböző összetételű hálós planktonminták között mennyiségi tekintetben nem sikerült különbséget találni. A zsiradék különböző oldószerekkel történő fracionálása sem vezetett kielégítő eredményhez. Az egyes frakciók még ua. fajnál sem voltak állandóak. Csupán annyi különbséget sikerült kimutatni a két nagy rákcsoporthoz, hogy az Amphipodák szárazanyagára vonatkoztatott zsírtartalma alacsonyabb a planktonrákokénál. Mivel a zsír magas energiatartalma miatt valószínűleg fontos szerepet játszik a tó anyagforgalma szempontjából, érdemesnek látszik ezzel a kérdéssel bővebben foglalkozni. Elsősorban a zsír eredetének kérdéséről kell tisztázni ezen szervezeteken. A táplálékból származik-e, vagy sajátmaguk szintetizálják-e más anyagokból? Vagyis milyen összefüggés van a táplálékukban levő és a testükben elraktározott zsír között? Van-e különbség az egyes rendszertani csoportok között a zsírsavgarnitúra tekintetében és ha van, akkor ez a táplálkozási láncolatban kimutatható-e?

Az édesvízi életközösség táplálkozási láncainak zsírsavanyagforgalma nem teljesen ismert. Tengeri vonatkozásban bőven állnak rendelkezésre adatok. Megállapították, hogy a különböző (főképp planktonevő) halakban található zsír zsírsavgarnitúrája nem sokban különbözik a planktonrákokban szintetizálódó savaktól. A sós vizekre jellemző magas C-atomszámú savakat pedig az algáktól kezdve a planktonrákokon keresztül a halakig—mindenütt megtalálták. Megállapították azt az érdekes tényt is, hogy az édes- és sósvíz-eredetű zsírok között jellemző eltérések vannak minőségi és mennyiségi tekintetben (LOVERN 1932). Édesvízi zsírookra vonatkozó analízis azonban kevés van és azok is főképp halakra vonatkoznak. Édesvízi rákokra vonatkozó adat LOVERNŐL (1935) származik és csupán három fajra szorítkozik.

Anyag és módszer

Kevert hálós crustaceaplanktonon, a *Diaphanosoma brachyurum* (LIEVIN), *Leptodora kindtii* FOCKE, *Limnomysis benedeni* CZERN., *Dicerogammarus villosus bispinosus* MART., *Corophium curvispinum* G. O. SARS f. *devium*

WUNDSCH és *Gammarus (rivulogammarus) rosseli* GERVAIS rákfajokon végeztem minőségi zsírsavmeghatározásokat. Az említett rákok, a *Gammarus roeseli* és két hálós crustaceaplankton-minta kivételével, a Balantonból származnak. Két crustaceaplankton-mintát a tihanyi Belső-tóban, egyet pedig a kővágóórsi időszakos vizekben gyűjtöttem. Gyűjtés után szobahőmérsékleten szárítottam, ezt követőleg porítottam és felhasználásig exsziókátorban tároltam a mintákat.

A száraz mintákból háromszor éter—alkohol 1 : 3 arányú keverékével kivonatot készítettem, mely jórészt zsírokat tartalmazott. A szűrt oldatot 10 ml-re töményítettem és alikvot részéből meghatároztam a zsír mennyiségét, a maradékot pedig KOH segítségével elszappanosítottam alkoholos közegben. A nemszappanosodó alkatrészek eltávolítására petrolétert használtam. A szappanoldatból híg HCl segítségével szabadítottam fel a zsírsavakat. Az éterrel kirázott savakat Na_2SO_4 felett szárítottam, indifferens atmoszférában bepároltam. A további vizsgálatokhoz 1%-os benzolos oldatot készítettem.

A zsírsavak analizésére a rendelkezésre álló csekély anyagmennyiségek miatt papírkromatográfiás módszert választottam. A módszer az általánosan alkalmazott papírkromatográfiás eljárásoktól abban különbözik, hogy e savak hidrofób tulajdonsága miatt a futtatás fordított fázisban történik. A papír hidrofóbizálása KAUFFMANN (1954) előírása szerint történt a petróleumnak 190—220 C° közé eső frakciójával. Az ily módon előkészített papírra visszük fel vizsgálati oldatunk meghatározott mennyiségét és futtatjuk 70—90%-os impregnáló anyaggal telített ecetsavval. A kromatogramok előhívása 2 óras szárítás után rézacetát-káliumferrocianiddal való kezeléssel történik, ami intenzív vörösarna foltok megjelenéséhez vezet fehér alapon.

A standard körülmények fokozott biztosítása céljából a papírban mindig azonos mennyiségű petróleumot tartottam vissza (1,2 mg/cm²), a futtató ecetsav töménysége pedig 90% volt.

Ilyen körülmények között a rendelkezésre álló modellsavakra a következő R_f^* értékeket kaptam Schleicher und Schüll 2043/B papíron :

Laurinsav	0,61	Olajsav	0,29
Miristinsav	0,43	Linolsav	0,41
Palmitinsav	0,25	Linolénsav	0,49
Sztearinsav	0,19		

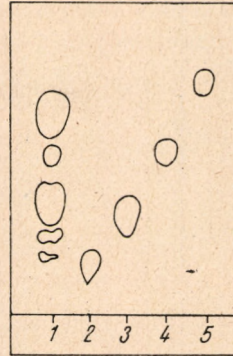
Mint láthatjuk, bizonyos esetekben az R_f értékek alapján nem várhatunk kielégítő szelekciót. Miután itt különben is várhatóan sok komponenssel kellett dolgozni, amelyek egymást csak zavarnák a papíron, továbbá a szelekció érdekében is, a futtatás előtt a zsírsavakat szobahőn szilárd (összes telített sav és a telítetlen savak izomér módosulatai) és szobahőn folyékony (összes telítetlen sav az előbbi izomérek kivételével) frakciókra különítettem az ismert alkoholos-ólomacetásos módszerrel. Így még olyan kis mennyiségű savakat is sikerült a papíron kimutatni, amelyek a kevert savak futtatásakor elő sem tűntek.

Az azonosítás főképp modellsavak és R_f értékek segítségével történt, szükség esetén az illető modellsavnak a mintához való hozzákeverésével.

$$* R_f = \frac{\text{folt közepének távolsága a startponttól}}{\text{oldószerfront távolsága a startponttól}}$$

Ebben az esetben a foltot akkor tekintettem azonosnak a megfelelő modellsavval, ha ennek hozzákeverése után újabb folt nem jelent meg a papíron, hanem csak az eredeti folt felülete növekedett. Teljesen ismeretlen sav esetén, ha az nagyobb mennyiségben volt jelen, a sav leoldásával és molekulásúlyának (Ms) meghatározásával végeztem az azonosítást. Modellként alkalmaztam több esetben a lenolajból felszabadított zsírsavakat. A lenolajban a következő savak fordulnak elő, kifutási sorrendben alulról felfelé: sztearin-, palmitin-, olaj-, linol- és linolén-savak. Az 1. ábra a lenolaj zsírsavjainak, valamint a telített homológ sor C_{12-18} tagjainak papíron való elhelyezkedését mutatja (1. ábra).

Igen kis mennyiségben előforduló savak esetén (pl. planktonrások), amikor modellsav nem állott rendelkezésre és a molekulásúly (Ms) meghatározásához sem lehetett elegendő anyagmennyiséget összegyűjteni, a minőségi meghatározást az eddigi módszerekkel nem tudtam elvégezni. A különböző minták kb. azonos elhelyezkedésű foltjainak azonosítására kiszámítottam e foltok olajsavhoz (o. s.) való viszonyát a papíron:



1. ábra. 1. lenolaj, kevert savak : 600 μg ,
 2. sztearinsav : 100 μg ,
 3. palmitinsav : 100 μg ,
 4. mirisztinsav : 100 μg ,
 5. laurinsav : 100 μg .

- Fig. 1 1. Leinöl, gemischte Säuren : 600 μg
 2. Stearinsäure : 100 μg
 3. Palmitinsäure : 100 μg
 4. Myristinsäure : 100 μg
 5. Laurinsäure : 100 μg

$$R_{o.s.} = \frac{\text{olaj-sav folt közepének távolsága a startponttól}}{\text{ismeretlen folt közepének távolsága a startponttól}}$$

Így legalább azt meg lehetett állapítani, hogy az egyes foltok azonosak-e egymással vagy nem.

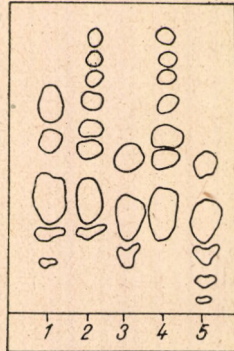
A kromatogramok mennyiségi kiértékelése így nem lehetséges. Hogy azonban mégis összehasonlítást tudjunk tenni az egyes savak mennyiségére vonatkozólag is, mindig azonos anyagmennyiségeket vittem fel. A folt nagyság és a koncentráció között ui. (JÁKY : 1956) összefüggés van (FISCHER-szabály), másrészt pedig a koncentráció és a szín intenzitása között is. Ti. alacsony koncentráció esetén a komplex színe gyengébb.

Az eredmények kiértékelése

1. Alacsonyabbrendű rások

Kevert hálós crustaceaplankton. A 2. ábra a balatoni planktonrásokból nyert zsírsavak papíron való elhelyezkedését mutatja. Amint az ábrából kitűnik, a telített savakat a mirisztin-, palmitin- és sztearin-sav képviseli. Több — főként őszi és téli — mintában azonban ezek mellett, még újabb savak is előfordulnak a „telített” frakcióban, amelyek a kevert savak futtatásakor elő sem tűnnek.

Ezeket a savakat, bár még pontosan azonosítva nincsenek, a papíron való elhelyezkedésük alapján C_{20-22} telített savaknak is lehet tekinteni. Ti. a telített homológ sorozat esetén az R_f értékek a molekulásúly függvényei. Magasabb molekulásúlyú savak lassabban futnak. A telítetlen savak közül nagy mennyiségben fordulnak elő C_{18} savak, amelyeknek a telítetlenségi foka különböző. A foltnagyság alapján sok olaj- és linolsavat tartalmaznak a megvizsgált minták, míg a linolénsav mennyisége lényegesen alacsonyabb. Az ábrán is látható a linoltól nem teljesen elváló folt molekulásúlya alapján egy C_{16} telítetlen sav (molekulásúly = 264, a palmitoleinsav molekulásúlya 254. Jelen



2. ábra. 1. lenolaj, kevert savak : 600 μg ,
 2. crustaceaplankton, kevert savak : 600 μg ,
 3. crustaceaplankton, telített (szilárd) 600 μg ;
 4. crustaceaplankton, telítetlen : 600 μg ,
 5. crustaceaplankton, telítetlen (szilárd) 600 μg

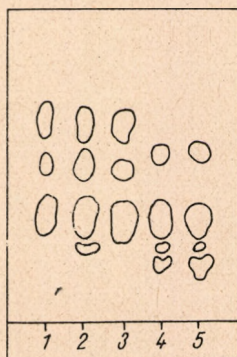
- Fig. 2 1. Leinöl, gemischte Säuren : 600 μg
 2. Crustaceen-Plankton, gemischte Säuren : 600 μg
 3. „ „ gesättigte (feste) Säuren : 600 μg
 4. „ „ ungesättigte (flüssige) Säuren : 600 μg
 5. „ „ gesättigte (feste) Säuren : 600 μg

esetben mért magasabb molekulásúly a linolsav, — amelytől e folt nem váltott el kvantitatívan — zavaró hatásával magyarázható), amely az irodalmi adatok alapján is nagyobb mennyiségben fordul elő édesvízi zsírokban. Ez a sav a megvizsgált rákok közül csupán a planktonrákokból volt kimutatható. Amint a 2. ábráról is látható, e savakon kívül még további 2—3 telítetlen sav is előfordul a mintákban, amelyek még eddig azonosítva nincsenek. $R_{f,s}$ értékük: 17, 19, 20. Ezek a savak néhány — főképp nyári — mintából hiányoztak.

A *Diaphanosoma brachyurum*-ból nyert savak (4. ábra) minőségileg azonosak a fentiekkel, azonban a linolénsav és a fölé kifutó telítetlen és a sztearinsav alá kifutó feltehetően telített savak hiányoztak a megvizsgált mintából (egy minta).

Az említett hálós crustaceaplankton-mintákban mindig több rákfaj volt, melyek közül a *Cyclops sp.* és a *Diaptomus gracilis* mindig nagyobb mennyiségben, a *Diaphanosoma brachyurum* és a *Daphnia cucullata* pedig kisebb mennyiségben fordultak elő különböző arányban a megvizsgált mintákban. Ezek a rákok jórészt növényevők, táplálékuk túlnyomórészt alga. Miután

táplálkozásbiológiailag és emellett rendszertanilag is közel állnak egymáshoz, lényeges differenciákat nem lehet várni közöttük. Mint láttuk, a *Diaphanosoma brachyurum* — amelyet sikerült tisztán is gyűjteni — zsírsavgarbitúrája sem ütött el a domináló savak tekintetében a vegyes hálós planktonétól. A C_{20-22} telített (?), valamint a linolén és a fölé kifutó telítetlen savak időleges hiányának oka ezekből a vizsgálatokból még nem derül ki. Elképzelhető, hogy a táplálékkal állanak összefüggésben. Az is lehetséges, hogy valamelyik említett fajra lennének jellemzőek és csak az illető faj változó mennyiségének következtében nem kerülnek mindig elő.



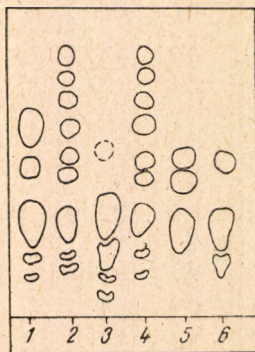
3. ábra. 1. lenolaj, telítetlen : 400 μg ,
 2. *Leptodora* kevert savak : 600 μg ,
 3. *Leptodora* telítetlen savak : 600 μg ,
 4. *Leptodora* telített (szilárd) savak : 600 μg ,
 5. *Leptodora* telített (szilárd) savak : 600 μg , + sztearinsav 50 μg

- Fig. 3. 1. Leinöl, ungesättigte Säuren : 400 μg
 2. *Leptodora*, gemischte Säuren : 600 μg
 3. „ ungesättigte (flüssige) Säuren : 600 μg
 4. „ gesättigte (feste) Säuren : 600 μg
 5. „ gesättigte (feste) Säuren : 600 μg + Stearinsäure 50 μg

A szintén pelágikus életmódon élő ragadozó *Leptodora kindtii* FOCKE zsírsavgarbitúrája azonban nem egyezik meg teljes mértékben az előbbi rákokéval. Több tekintetben eltérés mutatható ki. Amint a 3. ábrán is látszik, a telített savakat itt is a C_{14-18} savak képviselik. Azonban még egy negyedik sav is megjelenik ezek mellett, a palmitin és a sztearinsav között, amely eddig még nem fordult elő. Ezt a foltot elhelyezkedése alapján C_{17} savnak is lehetne tekinteni. Újabban páratlan szénatomszámú savakat is találtak a természetben. Margarinsavat hidrogénezett juh zsírból (SHORLAND et al. 1955) és halolajokból mutattak ki (HANSEN et al. 1955). Mivel a két savféleséget ólomsóik alkoholban való oldékonyságának alapján választottam szét, és ismeretes, hogy ilyen módon nemcsak a telített, hanem a szobahón kristályos telítetlen savak (eleidin, petroselin, vaccensav) is kiválnak alkoholos oldatukból, ezt a foltot ezen savak valamelyikének is lehet tartani. Sajnos ebből a mintából olyan kis anyagmennyiség állott rendelkezésre, hogy egyelőre részletesebben nem foglalkozhatom a kérdéssel, annál is kevésbé, mert e faj csupán nyáron gyűjthető. A telítetlen zsírsavgarbitúrában is van eltérés. A linolénsav a folt nagyság alapján lényegesen nagyobb mennyiségben van

jelen, mint a többi planktonrákban. Azonban a linolénsav fölé kifutó, a többi planktonrákban kis mennyiségben előforduló savak, sőt úgy látszik a palmitolein sav is, a *Leptodorá*ban hiányzik (3–4. ábra).

A tihanyi Belső-tóból származó hálós crustaceaplankton zsírsavgaritúrája is elüt némileg a balatoniétól. A különbség egyes savak hiányával és mások megjelenésével függ össze. Ez már a kevert savak futtatásakor látszik. Amíg a balatoni mintáknál a sztearinsav sohasem jelent meg a kevert savak között, addig, nagyobb mennyiségénél fogva, már itt megjelenik



4. ábra. 1. lenolaj, kevert savak : 600 μg ,
 2. belsőtavi plankton, kevert savak : 600 μg ,
 3. belsőtavi plankton, telített (szilárd) savak : 600 μg ,
 4. belsőtavi plankton, telítetlen : 600 μg ,
 5. *Diaphanosoma brachyurum*, telítetlen savak : 600 μg ,
 6. *Diaphanosoma brachyurum*, telített (szilárd) savak : 600 μg

- Fig. 4. 1. Leinöl, gemischte Säuren : 600 μg
 2. Plankton vom Belső-tó-Teich, gemischte Säuren : 600 μg
 3. Plankton vom Belső-tó-Teich, gesättigte (feste) Säuren : 600 μg
 4. Plankton vom Belső-tó-Teich, ungesättigte (flüssige) Säuren : 600 μg
 5. *Diaphanosoma brachyurum*, ungesättigte (flüssige) Säuren : 600 μg
 6. *Diaphanosoma brachyurum*, gesättigte (feste) Säuren : 600 μg

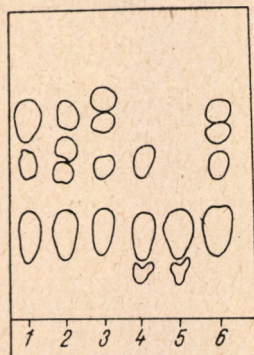
A telített savak közül a mirisztinsav az egyik mintából teljesen hiányzott, a másokban pedig csak igen kis mennyiségben volt jelen. A balatoni planktonban gyakran előforduló sztearinsav alá kifutó telített savak itt is jelen vannak. A telítetlen frakció majdnem teljesen azonos a balatoni rákokéval. A linolénsav mennyisége azonban a foltnagyság alapján magasabb, mint a Balatonban. A linolénsav fölé kifutó savak itt is megvannak és $R_{0.s}$ értékük alapján (17, 18, 20) feltehetően azonosak a balatoni planktonéval. A telítetlen frakciókban ezenkívül még két másik sav is előfordul kis mennyiségben, amelyeket eddig a balatoni planktonban még nem lehetett kimutatni. Ezek az olajsav alá futnak ki és még azonosításra várnak. Egyelőre csupán annyit lehet mibenlétükről mondani, hogy C-atomszámuk 18-nál magasabb. A belsőtavi planktonból nyert savak papírkromatogramját a 4. ábra szemlélteti.

A Kővágóörs környéki időszakos vizekben gyűjtött Cladocera-rákokban (5. ábra) ólomsóik alkoholban való oldhatósága alapján csak telítetlen savakat találtam. Ebben az esetben sem jelentek meg újabb foltok a papíron, mint

amelyeket eddig találtunk a planktonrákoknál. Érdekes azonban, hogy a linolénsav mennyisége, a foltnagyság alapján, itt is magasabb, mint a Balatonban, a linolénsav fölé kifutó savak pedig teljesen hiányoztak.

2. Magasabbrendű rákok

A Balatonban gyűjthető Amphipodák (*Dicerogammarus villosus*, *Corophium curvispinum*) mind telített, mind telítetlen savak tekintetében szegé-



5. ábra. 1. lenolaj, telítetlen savak : 600 μg ,
 2. kővágóórsi plankton, telítetlen savak : 600 μg ,
 3. *Dicerogammarus vill.* telítetlen savak : 600 μg ,
 4. *Dicerogammarus vill.* telített (szilárd) savak : 600 μg ,
 5. *Limnomysis benedeni*, telített (szilárd) savak : 600 μg ,
 6. *Limnomysis benedeni*, telítetlen savak : 600 μg

- Fig. 5. 1. Leinöl, ungesättigte (flüssige) Säuren : 600 μg
 2. Plankton von Kővágóórs, ungesättigte (flüssige) Säuren : 600 μg
 3. *Dicerogammarus vill.* ungesättigte (flüssige) Säuren : 600 μg
 4. *Dicerogammarus vill.* gesättigte (feste) Säuren : 600 μg
 5. *Limnomysis benedeni*, gesättigte (feste) Säuren : 600 μg
 6. *Limnomysis benedeni*, ungesättigte (flüssige) Säuren : 600 μg

nyebbnek mutatkoztak a planktonrákoknál. Sem a *Dicerogammarus*ban, sem a *Corophium*ban sztearinsavnál magasabb C-atomszámú telített sav nem fordult elő. A jelenlevő három telített sav közös a planktonrákokéval. A telítetlen savaik közül, mint láttuk, az olaj-, linol- és linolénsav szintén előfordul a planktonrákokban, de itt a linolénsav mennyisége a foltnagyság alapján magasabbnak látszik. Mindkét fajnál a linolénsav felett van még egy folt, amely azonosnak mutatkozott a balatoni plankton hasonló elhelyezkedésű foltjával, azonban ennél nagyobb mennyiségű.

Az Aszófői-pataokban gyűjtött *Gammarus roeseli* zsírsavgarnitúrája csupán annyiban tér el a balatoni rokonától, hogy mirisztinsavat nem tartalmaz. Ugyanez a helyzet a *Limnomysis benedeni* esetében is (5. ábra).

Áttekintve és összehasonlítva a megvizsgált fajok, illetve csoportok zsírsavgarnitúráját, érdekes és úgy látszik jellegzetes differenciákat találunk minőségi tekintetben. A telített savak közül mindegyik fajnál előfordul a palmitin- és sztearinsav, a balatoni eredetű fajoknál emellett még — a *Limno-*

mysistól eltekintve — a mirisztinsav is. Ez a sav azonban sem a Belső-tóban gyűjtött crustaceaplanktonban, sem az Aszófői Sédből származó *Gammarus roeselii*-ben nem fordul elő. Amíg azonban az Amphipodáknál a telített frakciót csupán e két, ill. három sav alkotja, addig a planktonrágókénál, kis mennyiségben ugyan, de újabb savak jelennek meg bizonyos esetekben. Az eddigi vizsgálatok alapján azonban ezzel kapcsolatban csak annyit lehet mondani, hogy az őszi és téli mintákban gyakoribbak, mint nyáron. A telítetlen savak közül mindkét csoportban együttesen előfordulnak az olaj-, linol- linolén-savak. A linolénsav mennyisége azonban alacsonyabb a balatoni planktonban, mint a másik két gyűjtőhelyen. A planktonrágókban az említett savakon és a palmitoleinsavon kívül még más telítetlen savak is vannak, amelyeknek azonosítása még a jövő feladata.

Ily módon a zsírsavgarnitúra (előforduló zsírsavak száma) tekintetében különbséget tudunk tenni az Entomostraca és Amphipoda rákok között. Ezeket a differenciákat még jobban kihangsúlyozhatjuk azáltal, ha figyelembe vesszük a gliceridekben való kombinációjukat. HILDITCH formulája alapján* ui. az Amphipodáknál 7 zsírsavat számításba véve, az elméletileg lehetséges trigliceridek száma 84, a planktonrágókban ez a szám 11 zsírsav alapján 269-re ugrik.

Az eddigiekből már kitűnt, hogy e rákokban főként C_{16-18} telített és telítetlen savak dominálnak. LOVERN (1932) az édesvízi lények (főképp a halak és 3 rákfaj) zsírjának analizisekor arra a megállapításra jutott, hogy az édes- és tengervízi eredetű zsírok között jellemző különbségek vannak. Ezeket a különbségeket a következőkben jelölte meg :

1. magas C_{18} savtartalom az édesvizekben,
2. C_{20-22} savak csökkentett mennyisége az édesvizekben,
3. palmitoleinsav mennyisége magasabb az édesvízben, mint a tengerben.

Amint látjuk, ezeket a kritériumokat a most megvizsgált rákok zsírja teljesen kielégíti. Úgy látszik bizonyos ingadozások vannak ezen belül, amelyek esetleg jellemzőek az élőhelyre. Ez a kérdés még további vizsgálatra szorul.

A fent említett különbségek bepillantást engednek nyerni a vizek anyagforgalmába is. Ma a depózsírok eredetéről, ill. összetételéről az az elfogadott álláspont (BOURNE KIDDER 1953), hogy azt a diéta nagymértékben befolyásolja. Ha ezt a megállapítást az alacsonyabbrendű rákokra is elfogadjuk, beleértve a balatoni crustaceaplankton, különbséget tudunk tenni a különböző természetes vizek között. Amint már említettem, a planktonrágók természetes táplálékának javarésze algákból és szerves törmelékből áll és így az előbbi feltevés szerint zsírsavkészletüket is innen kapják. Az algák azonban valamilyen ok miatt az egyik esetben szintetizálnak bizonyos savakat (pl linolénsav), ill. bizonyos savból többet szintetizálnak, a másik esetben viszont nem. *Azok a tényezők, amelyek hatására egy sav vagy éppen egy vegyület típus*

$$* N = \frac{n^3 + 3n^2 + 2n}{6}$$

N = a lehetséges trigliceridek száma

n = a zsírsavak száma

szintetizálódik vagy sem, jellemzők lehetnek magára az élettérre. A linolénsavnak az előfordulása már csak azért is említésre méltó, mert a linol és archidon-savvaleyütt az esszenciális zsírsavak közé sorolták (UNGLAUB & HUNTER 1957), és így hiánya vagy elégtelen mennyisége különböző következményeket vonhat maga után a táplálkozási láncban. Az a tény pedig, hogy ilyen — a magasabbrendű gerincesek életében — fontos vegyületek közül valamelyik egyik vagy másik fajban halmozódik inkább fel, alkalmas lehet a fajok táplálkozási láncban játszott szerepének az értékelésére. Uí, nemcsak az a fontos, hogy mennyi táplálék áll adott időben rendelkezésre, hanem az is, hogy a szükséges anyagok elegendő mennyiségben vannak-e jelen, ill. van-e olyan szervezet, amely ezeket képes tárolni.

Már történt említés a táplálék és a depózsír kapcsolatáról. Ezen az alapon feltehetőleg összefüggés van az algák, ill. detritusz-részecskék és a plankton-rákok zsírsavgarnitúrája között. Sajnos, balatoni vonatkozásban ilyen adatok még nem állanak rendelkezésre. LOVERN (1936) algaszír analízise alapján azonban a megegyezés a kétféle zsír között igen nagy. Anélkül, hogy kételkednénk ezeknek a vizsgálatoknak a helyességében, a kérdés ilyen módon való megoldását csak igen óvatosan fogadhatjuk el, mert végső fokon nem tudjuk milyen savak fordulnak elő a balatoni algákban. Komplikálja a helyzetet az is, hogy a tengeri crustaceaplankton sok komponensből álló zsírsavgarnitúráját nem tudták teljes mértékben összhangba hozni a tengeri kovamoszatok és crustaceaplankton táplálékául szolgáló más algák aránylag egyszerűbb zsírsavgarnitúrájával (LOVERN 1936).

Más a helyzet a *Leptodora* esetében. A *Leptodora kindtii* ui. ragadozó szervezet, és éppen a megvizsgált balatoni rákokból táplálkozik, vagyis zsírsavkészletét innen kapja. Azonban a kétféle zsírsavgarnitúra között, mint láttuk, nincs teljes azonosság. A lényeges differencia — bizonyos savak hiányán, illetve megjelenésén kívül — a linolénsavnak magasabb mennyisége. A különbség okát még szintén nem tudjuk pontosan magyarázni. Lehetséges, hogy az algákban szintetizálódott zsír a táplálkozási lánc folyamán bizonyos, talán jellemző elváltozásokon megy keresztül.

Különös a helyzet a *Dicerogammarus* esetében is. A *Dicerogammarus* zsírsavgarnitúrája is más, mint a rendelkezésére álló tápláléké. Zsír, táplálék formájában nagyobb mennyiségben a köveken levő kovamoszat bevonatról vehetnek fel. Bár a Gammaridák túlnyomórészt detrituszevők, ezt feltehetően meg is teszik. E mellett szől magas festéktartalmuk is. A gyűjtőhely kövein levő kovamoszat bevonat zsírsavgarnitúrája azonban, savakban sokkal szegényebbnek mutatkozott a kövek alól származó Gammaridákénál. A kovamoszatokban ui. csak telítetlen savakat találtam: olaj- és linolsavakat. Az ugyanitt gyűjtött detrituszban a telítetlen savakat szintén e két sav képviselte, a linolénsav jelenléte egyelőre bizonytalan. Vagy egyáltalán nem fordult elő, vagy igen alacsony koncentrációja miatt az alkalmazott előhívási módszerrel nem mutatható ki. A telített savak közül a *Dicerogammarus*-sal közös volt a palmitin- és sztearinsav. Mirisztinsav hiányzott a detrituszmintából, viszont az állatokból a detrituszban jelenlevő, sztearinsavnál magasabb molekulásúlyú savak hiányoztak. A palmitin, sztearinsav, sőt a mirisztinsav *Dicerogammarus*ban való előfordulását egyszerűen meg lehetne magyarázni még a detrituszban levő zsírsavak ismerete nélkül is, az olajsav bihidrogénezésével és az így keletkezett sztearinsav láncának két C-atomonkénti rövidítésével. Ez a folyamat a gerinceseknél ismeretes (STERREN 1940). Nehéz

jelenlegi tudásunk alapján azonban a linolénsav jelenlétét magyarázni. E sav, mint már említettük, magasabb gerincesekben esszenciálisnak számít, vagyis az egyes szervezetek nem képesek szintetizálni. A *Dicerogammarus*-ban jelenlevő linolénsav ezek szerint táplálék eredetű, ha e szervezetre is érvényesek a gerincesekre megállapított törvényszerűségek. Viszont táplálékukból az eddigi vizsgálatok szerint hiányzik. Előfordulásának magyarázata így az lenne, hogy a linsav további dehidrogénezésének az eredménye. Ezzel viszont a *Dicerogammarus* egy, a magasabb gerinces értelemben esszenciális savat állított elő, -vagyis számára ez a sav nem esszenciális. Ha viszont maga sem képes szintetizálni és mégis a táplálékból veszi fel, ahol a mennyisége csak igen alacsony, akkor ez a tevékenysége a tó anyagforgalma szempontjából legalább olyan fontos, mint az előbbi feltevés összehasonlító élettani szempontból. Ez a kérdés természetesen a már eddig felvetett problémákkal együtt további vizsgálatokat kíván.

Végezetül köszönetet mondok DR. JÁKY MIKLÓSNAK a Növényolaj- és Háztartás vegyipari Kutatóintézet igazgatójának a modellvegyületek és a szakirodalom rendelkezésre bocsátásáért, valamint értékes szakmai tanácsaiért.

Összefoglalás

Alacsonyabbrendű rákokat tartalmazó hálós crustaceaplankton-minták (balatoni hálós plankton, *Diaphanosoma brachyurum*, *Leptodora kindtii*, belső-tavi és kővágóörsi hálós anyag) és magasabbrendű rákok (*Dicerogammarus villosus*, *Gammarus roeseli*, *Corophium curvispinum*, *Limnomysis benedeni*) zsírsavgarnitúráját vizsgáltam papírkromatográfiás módszerrel. A vizsgálatok az említett fajok zsírsavkészletére, a köztük levő különbségekre és részben a táplálékukban levő zsírsavakhoz való viszonyukra tértek ki.

A balatoni planktonrákokban maximálisan 7 telítetlen (főkomponens: olaj, linol, palmitolein, kisebb mennyiségben linolén és 3 még nem azonosított sav) és 5 telített (mirisztin-, palmitin-, sztearin- és két a sztearin-sav alá kifutó, eddig szintén nem azonosított) sav mutatható ki. A belső-tavi crustaceaplanktonból mindezek mellett még két, az olajsavnál alacsonyabb *R_f* értékű, kis mennyiségben jelenlevő sav mutatható ki. A planktonrákokban kis mennyiségben jelenlevő savakat néhány esetben nem lehetett kimutatni. Megjelenésük, illetve eltűnésük oka még nem ismeretes.

A magasabbrendű rákok zsírsavgarnitúrája egymáshoz igen hasonló és eltér a planktonrákoktól az ott kis mennyiségben jelenlevő savak hiányával. A telítetlen savakat az olaj-, linol-, linolén- és egy efelett elhelyezkedő -sav, a telítetteket pedig a planktonrákokban is előforduló C₁₄₋₁₆₋₁₈ savak képviselik, melyek közül a mirisztin sav a *Gammarus roeseli*-ből és a *Limnomysis benedeni*-ből hiányzik.

A *Leptodora kindtii* zsírsavgarnitúrája nem azonos teljes mértékben a táplálékát képező crustaceaplanktonéval. A *Dicerogammarus villosus* zsírsavgarnitúrájának egyes tagjait (linolénsav) sem lehet a táplálékul szolgáló kovamoszatok és detritusz zsírsavgarnitúrájára visszavezetni.

Valamennyi megvizsgált faj zsírja ugyanazokat a bélyegeket mutatja, amelyeket LOVERN jellemzőknek talált az édesvízi szervezetekre.

IRODALOM

- BOURNE, G. H., KIDDER, G. W. (1953): Biochemistry and Physiology of Nutrition. — *Academic Press Inc., Publishers New York*, 1953.
- HILDITCH, T. P., LOVERN, J. A. (1936): The evolution of natural fats. A general Survey. — *Nature (London)* **137**, 478—481.
- HANSEN, R. P., SHORLAND, F. B., COOKE, J. N. (1955): Occurrence of n-Nonadecanoic acid in Ox Perinephric Fat. — *Nature (London)* **176**, 882.
- JÁKY M. (1956): Zsíradékok papirkromatográfiai viszonyai. — *Élelmezési Ipar* **10**, 44—50.
- KAUFMANN, H. P., NITSCH, W. H. (1954): Die Papierchromatographie auf dem Fettgebiet. XVI. Weitere Versuche zur Trennung von Fettsäuren. — *Fette, Seifen*: **56**, 154—158.
- 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.
- LOVERN, J. A. (1935): Fat metabolism in fishes. VI. The fats of some plankton crustacea. — *Biochem. J.* **29**, 847—849.
- LOVERN, J. A. (1936): Fat metabolism in fishes. IX. The fat of some aquatic plants. — *Biochem. J.* **30**, 387—390.
- SHORLAND, F. B., JESSOP, A. S. (1955): Isolation of Heptadecenoic Acid from Lamb Caul Fat. — *Nature (London)* **176**, 737.
- STETTEN, D., SCHOENHEIMER, R. (1940): The conversion of Palmitic acid into Stearic and Palmitoleic acids in Rats. — *J. of Biol.-Chem.* **133**, 329—341.
- UNGLAUB, W. G., HUNTER, F. M. (1957): Essential fatty acids. — *Amer. J. Med. Sci.* **233**, 90—98.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE FETTSÄUREGARNITUR EINIGER FÜR DEN STOFFKREISLAUF EINHEIMISCHER GEWÄSSER WICHTIGEN CRUSTACEEN

Tibor Farkas

(Vorläufige Mitteilung)

Zusammenfassung

Über die Fettsäuregarnitur der im Stoffkreislauf der Süßwasserbiotope wichtigen niederen und höheren Crustaceen-Arten stehen in der Literatur nur wenige Daten zur Verfügung. Die vorliegende Arbeit befasste sich mit den in einigen niederen (Netzplankton vom Balaton-See: *Diaphanosoma brachyurum* LIÉVIN, *Leptodora kindtii* FOCKE, Netzproben vom Belső tó-Teich und Kóvágóörs) und höheren (*Dicerogammarus villosus* bispinosus, *Gammarus (Rivulogammarus) roeseli* GERVAIS, *Corophium curvispinum* G. O. SARS f. *devium* WUNDSCH, *Limnomysis benedeni* CZERN.) Krebsen vorkommenden Fettsäuren und mit den in den einzelnen Gruppen möglichen Unterschieden. Es wurde weiterhin auch das Verhältnis in den Tieren gefundenen Fettsäuren zu denen der im Futter der Krebse vorkommenden Komponenten untersucht.

Als Methode wurde die durch KAUFMANN empfohlene papierchromatographische Trennung angewandt. An Hand der Lösungsfähigkeit ihrer Bleisalze im Alkohol wurden die Fettsäuren vor der papierchromatographischen Trennung in feste und flüssige Fraktionen geteilt.

In den Planktoncrustaceen des Balaton-Sees konnten maximal 7 flüssige (Hauptkomponente: Öl, Linol, Palmitolein, in kleinerer Menge Linolen und drei, bisher noch nicht identifizierte Säuren) und 5 feste (Myristin-, Palmitin-, Stearin-Säure und zwei weitere unter die Stearinsäure auslaufende, bisher ebenfalls, nicht identifizierte Säuren) nachgewiesen werden. In dem Crustaceenplankton des Belső tó wurden in der flüssigen Fraktion neben den schon erwähnten noch zwei weitere Fettsäuren festgestellt, deren *R_f*-Werte niedriger sind als jene der Ölsäure. Die in den Planktonkrebse in geringer Menge vorhandenen Säuren konnten nicht in allen Fällen nachgewiesen werden. Die Ursache ihrer Anwesenheit oder Abwesenheit ist noch nicht bekannt.

Die Fettsäuregarnituren der höheren Krebse sind in den untersuchten Arten einander sehr ähnlich und grenzen sich von der Garnitur der Planktonkrebse durch die

Abwesenheit der in diesen Arten in geringer Menge vorkommenden Säuren ab. Die flüssigen Säuren werden durch Öl, Linol, Linolen und durch eine über die letztere auslaufende Säure, die festen Säuren durch die in den Planktonkrebsen auch vorkommenden C₁₄₋₁₆₋₁₈-Säuren vertreten. Die Myristinsäure fehlt in *Gammarus roeseli* und *Limnomysis benedeni* CZERN. völlig.

Die Fettsäuregarnitur von *Leptodora kindtii* FOCKE stimmt nicht völlig mit der des als Nahrung dienenden Crustaceenplanktons überein. Auch einige Glieder (Linolensäure) der Fettsäuregarnitur des *Dicerogammarus villosus bispinosus* können nicht auf die Fettsäuregarnitur der als Nahrung dienenden Diatomeen und des Detritus zurückgeführt werden. Die Fettsäuregarnituren der untersuchten Arten weisen übereinstimmend dieselben Eigenschaften auf, welche durch LOVERN als charakteristisch für Süßwasser-Organismen gefunden wurden.