

# Animal welfare, etológia és tartástechnológia



## Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 10

Issue 2

Gödöllő  
2014

# MIKROALGA ALAPÚ TAKARMÁNYKIEGÉSZÍTŐK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEINEK FELTÉRKÉPEZÉSE

(Irodalmi áttekintés)

*Szabó Rubina Tünde, Bodnár Ákos, Pajor Ferenc, Póti Péter, Weber Mária*  
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Állattenyésztés-tudományi Intézet  
2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.  
Szabo.Rubina@mkk.szie.hu

## Összefoglalás

Földünk népessége nő és ez magával hozza az élelmiszerek iránti egyre fokozottabb igényt. Ennek megoldása létfontosságúvá válik, amellyel, hogy ezt fenntartható módon kell kivitelezni. Megoldást jelenthet, ha visszanyúlunk egy régi táplálékhoz, vagy ha melléktermékeket próbálunk hasznosítani, takarmányozási célra. Az algákban számos létfontosságú anyag található, így érthető az algák kedvező biológiai hatása. Kémiai összetételük ismeretes, bár élettani folyamatokban betöltött szerepük még nem teljesen tisztázott. A gazdasági állatok takarmányához hozzáadott mikroalga erősíti az immunrendszert, csökkenti a koleszterol mennyiséget, antikarcinogén hatású, védelmet nyújt a toxikózisokkal szemben. Az algaliszt javítja az állatok egészségi állapotát, növeli a súlygyarapodást, javítja a takarmányértékesítő képességet, illetve kedvező hatást gyakorol a szaporasági mutatókra. Számos hatásuk ellenére a mikroalgák területe még nem egészen feltérképezett. 10000 faj létezését feltételezik, de csak néhány ezerből tartanak fent tenyészetet és csak néhány száznak ismertük meg a kémiai összetételét.

**Kulcsszavak:** mikroalga, takarmánykiegészítő, kémiai összetétel

## DETECTION OF APPLICATION OF MICROALGAE FEED SUPPLEMENTS (Review)

### Abstract

Earth's population is increasing so that brings more need for food. Solution of this problem is become vital, however this implementation should be sustainable. It can be a solution, if we go back to an old feed or we choose by-product as a forage. Algae contain many vital material, so its' positive biological effect is clear. Their chemical composition is known although their role in physiological processes are not yet fully understood. Microalgae –add to the farm animals' forage- strengthens the immune system, reduce the amount of cholesterol, anticarcinogenic, and protects against toxicosis. The algae flour improves the health status of the animals and feeding parameters, increases weight gain and has a positive effect on the reproductive characteristics. Despite a number of positive effects, the area of micro-algae have not quite discovered. 10.000 species existence is assumed but a few thousand culture are maintained and only a few hundredths' chemical composition are known.

**Keywords:** microalgae, feed supplement, chemical composition

## Algaliszt a takarmányban

„A mikro algák összetétele megközelíti az állati test összetételét, ezért kezdetben a takarmányozásban olyan mértékben használták, hogy a fehérje szükséglet 50 %-át az fedezte. Az ilyen próbálkozás egyelőre zsákutcának tűnik, mert az algaliszt előállításának költsége igen magas. Az algaliszt kis adagban történő felhasználása a takarmányiparban is elkezdődött. Ma már elfogadott az egész világon, hogy a kis adagban etetett mikroalga pozitív hatással bír a gazdasági állataink takarmányozásában. Vannak, akik ennek jelentőségét elsősorban az immunrendszer erősítésében látják. Legfontosabb hatása, hogy csökkenti a koleszterol mennyiségét, hatékony a toxikózisok ellen, antikarcinogén hatású, véd a káros sugárzások ellen, anti-vírus és immun erősítő hatású. Mások a termelésre gyakorolt pozitív hatását abban látják, hogy javul az állatok egészségi állapota, a betegséggel szemben rezisztencia javul, jobb lesz a súlygyarapodás és a takarmányértékesítés, kedvezőbb a reprodukció” (Vincze, 2012). A mikroalgákra vonatkozó beltartalmi eredményeket az 1. táblázat szemlélteti.

**1. táblázat: Mikroalgák beltartalmi és egyéb analizisének eredményei**  
(Vincze, 2012)

<b>Átlagos összetételük a szárazanyag százalékában (%) (1)</b>	
Nyers fehérje (2)	55-67
Nyers zsír (3)	7-15
Szénhidrát (4)	10-19
Ásványi anyag (5)	5-9
<b>Az esszenciális aminosavak közül (6)</b>	
Lizin (7)	2,9-6,5
Metionin (8)	1,3-2,5
Treonin (9)	3,1-6,3
Triptofán (10)	0,9-2,4
<b>Zsírsvak (11)</b>	
Palmitin sav (12)	0,2-0,4
Olajsav (13)	0,05-0,1
Linol sav (14)	0,65-0,99
Gamma linolsav (15)	0,92-1,60
<b>Színanyagok (16)</b>	
Fikocin (17)	0,6-1,5
Klorofill (18)	0,1-0,15
Karotinoidok (19)	0,03-0,05

Table 1.: Nutritional and other analysis results of microalgae

(1): The average composition (percentage of dry matter) (2):raw protein (3): raw fat (4): carb (5): mineral (6): essential amino acids (7): lysin (8): methionine (9): threonine (10):tryptophan (11): fatty acid (12): palmitic acid (13): oleic acid (14): linoleic acid (15): Gamma linoleic acid (16): pigment (17): fikocin (18): chlorophyll (19): carotenoids

Adatok főként: *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus dimorphus*, *Spirulina platensis* esetében találhatók.

- **Scenedesmus sp.** – magas keményítő- és olajtartalmú zöldalga, mely minden olyan felhasználási területen megfelelő alapanyagként használható, ahol a feldolgozás magas keményítőtartalmat igényel.
- **Haematococcus pluvialis** – magas astaxantin (antioxidáns) tartalmú (25-35%) algafaj, felhasználási területe: gyógyszeripar.
- **Chlorella sp.** – magas fehérjetartalmú zöldalga, például állati takarmányozás céljára kiválóan alkalmas lehet.

A *Chlorella*-ban található lipidösszetétel nagymértékben hasonlít az európai olajnövények összetételéhez (Bai és mtsai., 2012)

Az algák megkötik a szén-dioxidot és a napfényt felhasználják, hogy oxigént termeljenek, ezért a Föld légkörének kialakításában jelentős szerepük van.

Fogyasztásuk előnyei rég ismertek: láz- és fájdalomcsillapításban, fáradtság ellen, gyulladás csillapítására, erősítik az immunrendszert, vas felszívódás elősegítésére, kedvező diétás tulajdonságai miatt (*http1*). Azonban kevés adat áll rendelkezésre a takarmányozási célú mikroalga kiegészítés hatásairól.

Nemcsak közvetlen fogyasztással fejthetik ki a hatásukat, hanem közvetetten is, funkcionális élelmiszereinken keresztül. Ismeretes, hogy kecskékkal és szarvasmarhákkal esetében az mikroalga kiegészítés kedvező irányban változtatta az általuk nyert tej zsírsav és egyéb összetételét.

Az algák összetétele a külső körülmények által nagymértékben befolyásolható (*http5*). A mikroalgák 16 - 18 szénatomszámú telített zsírsavakból képesek többszörösen telítetlen  $\omega$ -3 EPA és DHA zsírsavakat előállítani. E két zsírsavat az állati és emberi szervezet megfelelő enzimek hiányában csak linolsavból és linolénsavból, mint prekursorból képes előállítani. Ismert, hogy egyes algák sejtjeiben, mint anyagcsere termékek, lipidek halmozódnak fel. Gazdaságossági szempontból megfelelő alternatív EPA, DHA forrásnak tekinthetőek. A mikroalgák alacsony telítettségű zsírsavakat, emellett élettanilag aktív klorofilokat, karotinoidokat, xantofilokat, vitaminokat és vitamin előanyagokat (biotin, béta-karotin) is tartalmaznak.

Az emlősök és madarak szervezetében a PUFA-ak bioszintézisének a zsírsavak telítetlensége és a lánchossza egy bizonyos mértékben változhat. Nem jön létre az első hat szénatom között a kettős kötés, így a tápláléknak ezeket tartalmaznia kell. Ismeretes, hogy esszenciális PUFA ellátottsága hatással van a tenyészállatok (tojótyúk) tojásainak méretére, minőségére. Ha a takarmány esszenciális zsírsav tartalma csökken, az a tojás nagyságában is negatív változásokat idéz elő (*http2*). A mikroalgák kedvező zsírsav összetétele ezért megalapozza a takarmányozásra irányuló lépéseket. Mikroalgák olajának zsírsavösszetételét az 2. táblázat, a zsírsav- és EPA összetételét a 3. táblázat szemlélteti.

**2. táblázat: Különböző mikroalgák olajának zsírsavösszetétele**

Mikroalga (2)	Teljes zsírsavtartalom %-ban, 25°C (1)									
	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	ARA	EPA	DHA
<i>Cyclotella cryptica</i>	12	19	42	3	2	na.	na.	na.	6	na.
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	6	22	31	na.	16	3	3	na.	20,7	na.
<i>Chlorella minutissima</i>	na.	21,1	7,4	0,7	7,3	6,1	14,7	3,2	4,6	3,6

Table 2.: Fatty acid composition of different microalgae oil

(1): total fatty acid (2): microalgae

**3. táblázat: Mikroalgák zsírsav- és EPA összetétele rázott lombikos kultúrában**

Mikroalga (1)	Biomassza zsírsav tartalma (%) (3)	EPA tartalom (%) (2)	
		Lipidben (4)	Biomasszában (5)
<i>Cylindrotheca fusiformis</i>	24,4	7,2	1,8
<i>Navicula pelliculosa</i>	25,4	9	2,3
<i>Nitzschia angularis</i>	7,7	24,7	2,2
<i>Porphyridium cruentum</i>	6,8	3,7	0,3
<i>Pavlova gyrans</i>	21	8,3	1,7
<i>Prymnesium parvum</i>	12	23,3	2,8

Table 3: Fatty acid and EPA composition of microalgae in shaken flask culture

(1)microalgae, (2)content of EPA, (3)fatty acid content of biomass, (4)lipid, (5)biomass

A mikroalgák nem csak a biogáz előállításban felhasználhatóak, hanem lehetőséget adnak baromfi, sertés és szarvasmarha takarmányozásra is.

Sertések esetében a kukorica és szója mennyiségének 15% alatti mikroalgákra történő cseréje nem okozott csökkenést az állatok növekedésében.

Brojlerek esetében a 7,5%-os szója mennyiségének cseréje mikroalgákra az első 3 hétben testtömeg csökkenést eredményezett, majd a következő 3 hét során a különbségek kiegyenlítődték. A mikroalgával kiegészített csoport, mely esszenciális aminosavakat tartalmazott kontroll csoporthoz képest nem mutatott eltérést.

Nyulak esetében a 10%-ban mikroalgát tartalmazó tápot fogyasztó és a kontroll csoport hasonló végső testtömeggel és vércukor szinttel rendelkeztek (*http3*).

A mikroalgák emberi fogyasztásra is alkalmasak, számos országban hagyományai vannak táplálékként való felhasználásának. A Spirulina, és a Chlorella algák igen értékes és gazdag összetevőikkel tűnnek ki a mikroalgák közül, ez látható a 4. táblázatban is.

**4. táblázat: Különböző mikroalgák aminosav tartalma (g/100 g fehérje) (http3)**

Mikroalga (1)	Alanin (2)	Cisztein (3)	Glutamin (4)	Lizin (5)	Metionin (6)	Fenil-alanin (7)	Tirozin (8)
<i>Chlorella vulgaris</i>	9,4	na.	13,7	6,4	1,3	5,5	2,8
<i>Dunaliella bardawil</i>	7,3	1,2	12,7	7,0	2,3	5,8	3,7
<i>Spirulina platensis</i>	9,5	0,9	10,3	4,8	2,5	5,3	5,3
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	4,7	0,2	7,8	3,2	0,7	2,5	na.

Table 4: Different amino acid content of microalgae

(1): microalgae (2): alanine (3): cysteine (4): glutamine (5): lysin (6): methionine (7): phenylalanine (8): tyrosine

*Spirulina platensis* egy parányi, spirál formájú, kékeszöld édesvízi algafajta, mely magas klorofil tartalommal bír. A *Chlorella Vulgaris* egy egysejtű édesvízi alga, mely magas rosttartalmával emelkedik ki (http4, http7).

A *Spirulina* alga összetétele kiemelkedő, ezért teljes tápértékű alternatívának tekinthetőek. Összes aminosavat, illetve számos vitamint tartalmaz. Nem tartalmaz sejtfalai cellulózt, ez megkönnyíti az emésztését (http6).

Földünk népessége nő és ez magával hozza az élelmiszerek iránti egyre fokozottabb igényt. Ennek megoldása létfontosságúvá válik, amellet, hogy ezt fenntartható módon kell kiviteleznünk. Megoldást jelen az, ha visszanyúlunk nagyon régi táplálékhoz vagy ha melléktermékeket próbálunk hasznosítani takarmányozási célra. A takarmányozási költségek csökkentése, illetve a takarmányok fehérjetartalmának biztosítása nagy jelentőséggel bír az állattartó telepek, rajtuk keresztül a nemzetgazdaság szempontjából (Bai, 2013).

Számos hatásuk ellenére a mikroalgák területe még nem egészen feltérképezett. 10000 faj létezését feltételezik, de csak néhány ezerből tartanak fent tenyészetet és csak néhány száznak ismertük meg a kémiai összetételét (Spolaore és mtsai, 2006).

Az algákban nagy koncentrációban számos létfontosságú anyag található, így érthető az algák kedvező biológiai hatása. Kémiai összetételük ismeretes, bár élettani folyamatokban betöltött szerepük még nem teljesen tisztázott. Eddigi tapasztalatok szerint kis adagban az etetett mikro alga pozitív hatással bír gazdasági állataink takarmányozására, kiváltképp fiatal állatok esetében (Vincze, 2012).

Számos felhasználási mód mellett a mikroalgák felhasználási lehetősége azok fehérje kiegészítőként való alkalmazása. Azonban minden esetben mérlegelendő, hogy számos esetben negatív hatással vannak az algák az állati produkcióra, főként toxikus anyagtartalmuk miatt (1275/2013/EU).

Fontos megkülönböztetni az algákat a mikroalgáktól, hiszen a baromfifélék takarmányában az algák részarányának növelésével csökkent a teljesítményük, amely vélhetően annak nukleinsav tartalmával áll összefüggésben. Azonban erre sajnálatos módon az egyes publikációkban nem fordítanak kellő hangsúlyt. A brojler-takarmányok alkatartalmának növelésével (0, 3, 6, 9 mg/kg) csökkent az állatok testtömeg-gyarapodása (Alcazaren, 1987).

Fontos tényező, hogy nem figyelték meg a fenti teljesítménycsökkenést mikroalgák alkalmazása során sem brojlerek, sem tojótyúk esetében (Sochkan, 1992).

Számos publikáció beszámol arról, hogy az egyes alga fajok és azon belül is az egyes tételek között takarmányozási szempontból igen nagy különbségek lehetnek. Alkalmazásuk előtt így komplett analízis ajánlott.

Sertések esetében a mikro algával kiegészített takarmányozás kapcsán szignifikáns javulás volt tapasztalható a DHA mennyiségben a kontrol csoporthoz képest. Ez az eredmény nem meglepő, mivel a mikro algák természetes forrása a DHA-nak a tengeri táplálékláncban. Így takarmányozási szempontból javítja az állati takarmány DHA szintjét (Sardi és mtsai, 2006). Sertések testsúlybéli gyarapodását is növelte az alga kiegészítés, illetve egészségesebb státuszt eredményezett (Grinstead és mtsai, 2000).

A fehérje kiegészítés nyulak esetében szinte teljesen a szóját jelenti, miközben egyre kevésbé lehet genetikailag módosított szóját vásárolni. Ennek következtében felértékelődni látszódnak az alternatívák tekinthető fehérjeforrások. Több állatfajnál (pl.: sertés) leírták már a mikro algával való kiegészítés lehetőségét és már nyulak takarmányozására is történt precedens. Nyúltakarmányozási kísérlet lefolytatása után elmondható, hogy a végsúly, súlygyarapodás paraméterekben a mikro algával kiegészített takarmányt fogyasztó állatok nem maradtak el kontroll társaiktól. Tehát elmondható, hogy a mikro algák alkalmazhatóak nyúltakarmányozásban is, negatív növekedési tapasztalat nem jelentkezett (Peiretti & Meineri, 2008). Az algák az anyanyulaknak vemhesség és szoptatás alatti időszakában is adagolhatóak takarmányukba (Mordenti és mtsai, 2010).

Az algákkal kapcsolatosan azt is kimutatták, hogy képesek sejt szinten is jótékonyan hatni. Aflatoxinnal való kitettség esetében annak kártételét csökkenteni képes az oxidatív stressz kivédése által. A lipidperoxidáció mértékét csökkenti, ezáltal gátolja az apoptózis jelenségét. Az algákkal etetett csoport esetében a toxin jelenléte ellenére a GSH (redukált glutation) mennyiségét a kísérlet során növelni is tudta (Hassan és mtsai, 2012).

A baromfifélék takarmányadagjait tekintve akár 5-10%-os szintet lehet használni biztonságosan a hagyományos fehérjék részleges helyettesítésére (Spolaore és mtsai, 2006). Az algákkal történő takarmány kiegészítés a brojlerek kedvező sárga színét és a tojás sárgájának színét is képes befolyásolni (Becker, 2004; Spolaore és mtsai, 2006). Az asztaxantin tartalom megnövekedését tapasztalták mikro alga kiegészítés esetében a májban, bőrben, zsírban. Legnagyobb koncentrációban bőrben, izomban, és vérplazmában volt megtalálható az asztaxantin. Ez nem befolyásolta az állatok növekedését és takarmányfogyasztását. Az alga takarmányban való kiegészítése képes volt a hús mikrobiológiai állapotát javítani, a *Clostridium*ok visszaszorítása által (Waldenstedt és mtsai, 2003).

Ginzberg és mtsai (2000) is tanulmányozták az az algák szerepét: *Porphyridium* sp., mint takarmánykiegészítő metabolizmusát vizsgálták brojlercsirkén. Korábban ugyanabban a laboratóriumban végzett kísérletek során ezen takarmánykiegészítő hatására csökkenést mutatott a szérumban koleszterin-és triglicerid- szintje rágsálók esetében etetett vörös alga biomassza. Ebben a vizsgálatban a korábbiakkal ellentétben a liofilizált alga biomasszát etették brojlercsirkékkel, melynek aránya 5% vagy 10%-a volt a teljes értékű takarmánykeveréknek. A brojlerek a kiegészítés hatására 10%-kal kevesebb takarmányt fogyasztottak és nem utolsó sorban a szérumban koleszterinszintje szignifikánsan alacsonyabb volt (11% és 28%-kal volt alacsonyabb a koleszterinszint az 5% és 10% kiegészítést kapott csoportoknál). Összehasonlítva a megfelelő értékeket a kontroll csoport értékeivel (értelem szerűen ez a csoport nem kapott semmiféle kiegészítést), a tojássárgája koleszterin szintje csökkent az alga-kiegészítés hatására (10%) és

megnövekedett a linolsav és az arachidonsav szint (29% és 24%). Ezen túlmenően a tojássárga sötétebb lett, jelezve, hogy magasabb a karotinoid szint is (2,4-szer nagyobb).

Egyéb baromfifajok esetében is vizsgálták *Spirulina* fajok hatását, amelyeket legfeljebb 30%-ban keverték a takarmányba. Az eredmények azt mutatták, hogy az algák biztosította fehérje és energia „hatékonysága” hasonló volt más hagyományos fehérjehordozókhoz, illetve bizonyos esetekben akár 10%-kal is meghaladta azt (Becker, 2004). Szignifikánsan magasabb növekedési ráta és a nemspecifikus elhullások alacsonyabb mértéke volt megfigyelhető pulykák esetében 1-10 g/kg takarmány mennyiségű *Spirulina* etetését követően.

Waldenstedt és mtsai. (2003) is vizsgálták brojlercsirkék teljesítményét mikroalgák (*Haematococcus pluvialis*) etetése során. Céljuk az asztaxantin hatásának felmérése volt. Az eredmények azt mutatták, hogy a vizsgált szövetek asztaxantin és karotinoid koncentrációja is emelkedett a növekvő mértékű alga etetésének következtében. Az eredmények azt is jelzik, hogy az alga-kiegészítés csökkentheti vakbélben a *Clostridium perfringens* kolonizációját.

Abril és mtsai. (2003) DHA gazdag mikroalgák potenciális toxicitását tanulmányozta. *Schizochytrium* fajok takarmányban történő adagolásával növendék sertéseknél. Az egyetlen DHA gazdag mikroalgák adagolásával összefüggő változás a nagyobb súlygyarapodás és a hatékonyabb takarmányértékesítés volt. Az ajánlott adag ötszörösét adagolva sem volt összefüggésbe hozható egyik negatív hatás sem a kezelésekkkel. (Megjegyzés: Ezt a konklúziót a cikk szerzői vonták le, azonban az eredmények ismertetése során ezt nem támasztották alá meggyőző adatokkal.)

Belay és mtsai. (1996) felülvizsgálták az *Arthrospira* (*Spirulina*) potenciálját az állati takarmányokban. Azért döntöttek a *Spirulina* mellett, mert akkor a világ termelésének körülbelül 30%-át a 2000 tonna *Spirulina* tette ki, amelyből tetemes mennyiséget értékesítettek takarmányok kiegészítésére. A *Spirulina* növeli a növekedési rátát, javítja az állati termékek színét és általánosan azok szöveti minőségét (fehérjék terén) szintén javítja. Azonban az a tény, hogy a növekedési ráták javultak még 0,1 % *Spirulina* kiegészítés mellett is utalhatnak olyan anyagok jelenlétére, amelyek a növekedési hormonokhoz hasonlóan hatnak. A legígéretesebb hatás azonban az immunfokozás, azaz az immunválasz-készség fokozása lehet és ezen keresztül az antivirális és antibakteriális tulajdonságokkal történő kalkuláció, mivel ezek a hatások nagyon alacsony koncentrációjú kiegészítés mellett is jelentkeztek. *Spirulina* vagy annak kivonatának hatását fokozhatja, ha korai fejlődési stádiumban alkalmazzák az állatok takarmányaiban. Jelenleg az *Arthrospira* széles körben használt élelmiszer-adalékanyag, és akár 50%-os fehérjetartalmú diéta is eszközölhető vele, de az állatok takarmányozásában ekkora hányadban nem ajánlott az alkalmazása.

H. *pluvialis*-ból származó Astaxanthint hatásait érdemes összevetni más forrásokból származóval. A mikroalgákból származó astaxanthin Több, mint 80 %-a egy észterezett formában található, míg a szintetikus asztaxantin kémiaiilag szabad formában van jelen a takarmányokban. Kimutatták, hogy a madarak esetében az észterezett forma hatékonyabban felszívódik, mint a szabad asztaxantin (Latcscha, 1990).

A fertőzött állatok algaörleménnyel történő etetésekor szignifikánsan csökkentette a bakteriális terhelést a *Helicobacter pylori* esetében a gyomorban (Wang és mtsai, 2000). Ezt azzal magyarázták, hogy az astaxanthin kifejtette jótékony hatását a citokinek exkréciójára, amelyek a *H. pylori* specifikus T-sejtekkel kerültek kapcsolatba (Bennedsen és mtsai, 1999). Mikroalgákat különböző százalékos arányban lehet a takarmányokban alkalmazni, attól függően, hogy melyik faj milyen hasznosítási irányú egyedeivel etetik. Takarmány összetevőként 20% alatti bekeverés javasolt, premixekben pedig 4-5%.



Bár a mikroalgák képesek fokozni a hagyományos élelmiszer- vagy takarmány-készítmények táplálóanyag-tartalmát, ezáltal pozitívan befolyásolják az ember és az állatok egészségét. A kereskedelmi forgalomba hozatal előtt azonban az alga-tartalmú anyagot elemezni kell annak érdekében, hogy a mérgező vegyületek jelenlétét kizárhassák. A következő lépés az alkalmazás felé, hogy a készítményre a megfelelő engedélyeket meg kell szerezni.

A mikroalga biomassa egyes komponensei korlátokat jelenthetnek az alkalmazás során, így a nukleinsavak, toxinok és nehézfém alkotók. Emellett az emészthetőség korlátozhatja a mikroalgák alkalmazását, továbbá a tengeri fajok esetében azok, vagy a mikroalgákból készült termékek sótartalma.

A fentiek értelmében a toxinok igen károsak lehetnek, azonban ez a terület nagyrészt feltártnak tekinthető. Az RNS- és DNS-tartalom a purin-bázisok nagymértékű jelenléte miatt okozhat az arra érzékenyen reagáló fajok esetében problémát. Bizonyos javaslatok alapján a napi bevétel nukleinsavak esetében nem haladhatja meg a 4,0 g/nap mennyiséget (Becker, 2004).

Szerencsés módon a tömegesen tenyésztett algák esetében nem számoltak be még cianobaktériumok által okozott kártételről, hiszen a tenyésztési körülményeket szigorúan ellenőrzik. A különböző kísérletekben azok hatásvizsgálatai során és a kémiai analízisek eredményeiben is negatív eredményre jutottak e tekintetben.

Az egyik fő probléma a nagyüzemi algatermelés esetében a különböző nehézfém-tartalom (pl.: ólom, kadmium, arzén). Jelenleg nincs hivatalos szabvány sem az algák nehézfém tartalmára, sem a mikroalga termékekre, de önkéntes alapon, bizonyos algagyártók tapasztalati értékek alapján belső iránymutatásokat hoztak létre a termékek nehézfém szintjét illetően.

A mikroalgák emészthetőségét a sejtfaluk cellulóz-tartalma okozza, mivel ez a gazdasági haszonállataink számára a nem emészthető anyagok közé tartozik. A mikroalgák teljes emészthetőségének megállapítására vizsgálatot még nem végeztek (2004!), azonban az bizonyos, hogy előzetesen kezelni szükséges a készítmények mikroalgáit, akár bizonyos sejtfal-bontó enzimek adagolásával, hogy a mikroalgák által előállított biomassa kedvező anyagai hozzáférhetővé váljanak potenciális takarmány-alapanyagként. További kezelések lehetnek fizikaiak is, úgy, mint például a magas hőmérsékleten történő szárítás (bizonyos mértékig még napon szárítás is célravezető lehet), és kémiai módszerekkel (pl.: autólízis) (Becker, 2004).

A gazdasági állatok takarmányához hozzáadott mikroalga erősíti az immunrendszert, csökkenti a koleszterol mennyiséget, antikarcinogén hatású, védelmet nyújt a káros sugárzásokkal és a toxikózisokkal szemben. Az algaliszt javítja az állatok egészségi állapotát, növeli a súlygyarapodást, javítja a takarmányértékesítő képességet, illetve kedvező hatást gyakorol a szaporasági mutatókra. Egy hazai kísérlet során választott malacokkal 40 kg-os élősúly elérésig Spirulina felhasználásával előállított lisztet etettek. A készítmény alkalmazása kedvezőbb súlynövekedést és takarmányértékesítő képességet eredményezett, emellett csökkent a selejt malacok aránya is. A kísérleti és a kontroll csoport közötti súlykülönbség a vágósúly eléréséig megmaradt.

## Nyerszsír és zsírsavak

A zsíroknak jelentős biológiai szerepük van: a legnagyobb energiatartalmú tápanyagok (1 g zsír = 37 kJ), a sejtek nélkülözhetetlen építőkövei, a zsíroldékony vitaminok és aromaanyagok hordozói, a bőr alatti zsírszövet mechanikai védőréteg és hőszigetelő réteg.

### Osztályozásuk:

1. Egyszerű lipidek: neutrális zsírok és olajok, növényi eredetűek

2. Összetett lipidek: poláros foszfolipidek, szfingolipidek, glikol, glicerinéterek, egyéb összetett lipidek (terpentinoidok, szteroidok)

A vágóállatok és vágóbaromfi húsa igen szegény  $\Omega$  6-9 zsírsavakban, tengeri halak húzában találhatóak magas koncentrációban, azonban az előző csoportok esetében ez a takarmányozással bizonyos mértékben befolyásolható.

Zsírsavnak nevezzük azokat a növényi, illetve állati eredetű zsírokat vagy olajokat, amelyeknek fő alkotórészei a monokarbon savak, valamint a hosszabb nyílt láncú el nem ágazó telített vagy telítetlen alifás szénláncok.

Zsírsavaknak tekintjük továbbá a rövid láncú karbonsavakat is, mint például a vajsavat. A természetes olajokból és zsírokból nyert zsírsavak legalább 8 szénatomot tartalmaznak. A természetben előforduló zsírsavak általában páros számú szénatomból épülnek fel, ugyanis a bioszintézisükhöz az acetyl-koenzim a két szénatomos acetát csoportokat képes szállítani.

A zsírsavak szabad állapotban a sejtekben, a szövetekben csak kis mennyiségben fordulnak elő, és azok az elszappanosítható lipidek (pl.: neutrális zsírok, foszfolipidek) alkotóelemei. A zsírokból nagy mennyiségben csak néhány zsírsav fordul elő, bár természetes vegyületekben eddig több, mint hetvenféle különböző zsírsavat mutattak ki. A legtöbb természetben előforduló zsírsav hosszúsága C6 és C22 között fordul elő.

A természetes zsírsavak struktúrája mutatja az általános bioszintézisüket. A láncok páros szénatom egységekből épülnek fel, és a karboxil csoport szénatomjától számított meghatározott helyeken cisz kettős kötések lehetnek.

A növényi sejtekből nyert zsírok (olajok) összetétele változatos. Tartalmazhatnak szén-szén hármas kötést, hidroxil- és oxocsoportokat, valamint ciklopropán és ciklopentán gyűrűket.

### 5. táblázat: A különböző fajtájú sertések zsírjának zsírsavösszetétele

Zsírsav (1)	Fajta (2)		
	Mangalica, n=5 (3)	MNF x ML, n=5 (4)	Mangalica x Duroc, n=5 (5)
	Átlag ± szórás (6)	Átlag ± szórás (6)	Átlag ± szórás (6)
Kaprinsav (7)	0,071 ± 0,0087	0,08 ± 0,011	0,082 ± 0,0103
Laurinsav (8)	0,09 ± 0,0081	0,084 ± 0,010	0,086 ± 0,0068
Mirisztinsav (9)	1,64 ± 0,12	1,458 ± 0,116	1,53 ± 0,083
Pentadekánsav (10)	0,04 ± 0,0081	0,058 ± 0,012	0,038 ± 0,0062
Palmitinsav (11)	25,97 ± 0,81	25,04 ± 1,01	26,15 ± 0,978
Palmitoleinsav (12)	2,65 ± 0,47	2,27 ± 0,32	2,49 ± 0,424
Margarinsav (13)	0,28 ± 0,034	0,45 ± 0,098	0,262 ± 0,034
Sztearinsav (14)	11,56 ± 1,01	13,63 ± 0,698	12,71 ± 1,633
Olajsav (15)	44,81 ± 1,71	44,34 ± 1,282	43,57 ± 2,155
Nonadekánsav (16)	0,059 ± 0,012	0,074 ± 0,019	0,054 ± 0,0049
Linolsav (17)	11,47 ± 1,92	10,63 ± 1,609	11,15 ± 0,724
Arachinsav (18)	0,17 ± 0,017	0,23 ± 0,022	0,2 ± 0,034
Eikozénsav (19)	1,02 ± 0,208	0,75 ± 0,095	0,84 ± 0,139
Linolénsav (20)	0,57 ± 0,042	0,62 ± 0,081	0,63 ± 0,046
Eikozariénsav (21)	0,074 ± 0,0106	0,084 ± 0,022	0,068 ± 0,0091
Arachidonsav (22)	0,156 ± 0,027	0,196 ± 0,045	0,15 ± 0,021

Forrás/Source: Seenger, 2012

Table 5: Fatty acid composition of different types of pigs' fat

(1)fatty acid (2): species (3):mangalitsa (4): hungarian pigs (5): mangalitsa x duroc pig (6): mean ± sd (7): capric (8): lauric (9): myristic (10): pentadecanoic (11): palmitic (12): palmitoleic (13): margaric (14): stearic (15): oleic acid (16): nonadecane acid (17): linoleic (18): arachidic (19): eicosenoic (20): linolenic (21): eicosarian acid (22): arachidonic acid

Az állati szervezetben a C16 és C18 zsírsavak fordulnak elő a legnagyobb mennyiségben. A telítetlen zsírsavak közül a magasabb rendű szervezetekben legnagyobb mennyiségben az olajsav, a linolsav, a linolénsav, és az arachidonsav fordulnak elő (Csapó és mtsai., 1999). A különböző fajtájú sertések zsírjának zsírsavösszetételét az 5. táblázat, a tyúk és sertés zsírsavakra nézve történő összehasonlítását a 7. táblázat mutatja be.

A baromfihús zsírtartalma és zsírsavösszetétele is nagyban függ a takarmányozástól, de fajonként, és fajtánként is eltérő lehet. A baromfihús zsírtartalmát a 6. táblázat mutatja be.

**6. táblázat: A baromfihús zsírtartalma**

	<b>Csirke (1)</b>	<b>Pulyka (2)</b>	<b>Kacsa (3)</b>	<b>Liba (4)</b>
<b>Mell nyerszsír % (5)</b>	2.0	1.5	2.7	2.6
<b>Comb nyerszsír % (6)</b>	3.5	2.5	3.2	4.1

Table 6: The fat content of poultry meat

(1): chicken (2): turkey (3): duck (4): goose (5): crude fat % of breast (6): crude fat % of thigh

**7. táblázat: Zsírsavakra nézve történő összehasonlítás**

	<b>16:0</b> (1)	<b>16:1</b> (2)	<b>18:0</b> (3)	<b>18:1</b> (4)	<b>18:2</b> (5)	<b>18:3</b> (6)	<b>20:4</b> (7)	<b>PUFA</b> (8)	<b>Össz.</b> (9)
<b>Tyúk izom (10)</b>	23	6	12	33	18	1	6	-	99
<b>Sertés izom (11)</b>	19	2	12	19	26	-	8	-	86

Table 7: Comparison of fatty acids

(1): palmitinsav/palmitic (2): palmitoleinsav/palmitoleic (3): sztearinsav/stearic (4): olajsav/oleic acid (5) linolsav/linoleic (6): linolénsav/linolenic (7): arachidonsav/ arachidic (8): többszörösen telítetlen zsírsavak/ polyunsaturated fatty acids (9): all (10): chicken muscle (11): pig muscle

**Nyersfehérje és aminosavak**

Az emberi és állati szervezet sejtjeinek felépítésében és működésében a legfontosabb szerepet a fehérjék játsszák. A megfelelő mennyiségű és minőségű fehérjék hiánya a szervezet immunrendszerének leromlásához is vezet, azaz a szervezet nem tud kellően védekezni a mikrobás és vírusos fertőzésekkel, allergiával, gyulladásokkal és egyéb megbetegedésekkel szemben.

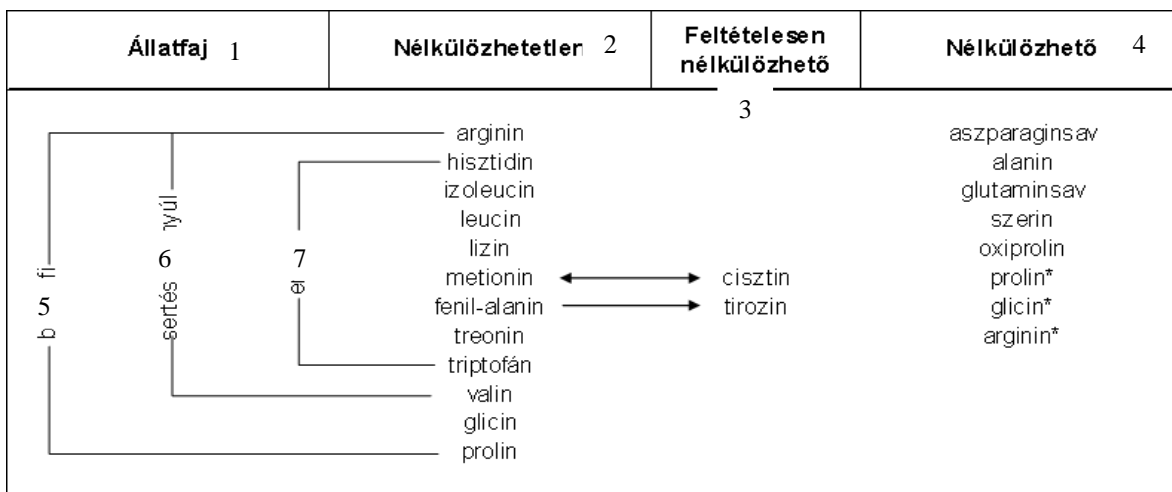
A szervezet az élelmiszer-fehérjéket aminosavakra bontja, és ebből építi fel saját fehérjéit. Azokat az aminosavakat, amelyeket a szervezet nem tud előállítani, esszenciális aminosavaknak nevezzük. Ezeket kívülről, a takarmányokkal készen kell bevinni. Az aminosavak takarmányozási jelentőségét az 1. ábra illusztrálja.

A húsok ezeket az esszenciális aminosavakat megfelelő arányban tartalmazzák, hasonlóan a tojás-, tej- és halfehérjéhez. A fehérjék hasznosulását a szervezetben a biológiai értékkel fejezzük ki.

Alapvető fontosságú (esszenciális) aminosavaknak nevezzük azokat az aminosavakat, amelyeket az emberi vagy állati szervezet nem, vagy csak elégtelen mennyiségben képes előállítani.

Az emberi szervezet számára 9 aminosav esszenciális, amelyeket táplálékkal, illetve táplálék kiegészítővel kell biztosítani. Húsok, a tejtermékek és tojás mellett sok növény is tartalmaz esszenciális aminosavat, mint például burgonya, kukorica, kelbimbó, sárgarépa, karfiol, zöldborsó, uborka, tök, az összes dióféle, szezám-, napraforgómag, gabonafélék, de még a paradicsom is.

**1. ábra: Az aminosavak takarmányozási jelentőség szerinti csoportosítása**



Forrás/Source:

Figure 1: Grouping amino acids by feeding importance

(1): species (2): invaluable (3): conditionally invaluable (4): unessential (5): poultry (6): pig, horse, rabbit (7): human

**Köszönetnyilvánítás**

Munkánkat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0007 „Izolált algafajok célzott alap kutatása”, a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0032 „Célzott alap kutatások – az omega zsírsavak állati szervezetbe való beépülésének vizsgálata”, valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma által biztosított Kutató Kari Kiválósági Támogatás - 8526-5/2014/TUDPOL pályázatok biztosították.

## Irodalomjegyzék

- 1275/2013/EU RENDELETE (2013. december 6.) 2002/32/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv I. mellékletének az arzén, a kadmium, az ólom, a nitritek, az illékony mustárolaj és a káros botanikai szennyeződések maximális szintje tekintetében történő módosításáról.
- Abril R., Garrett, J., Zeller S. G., Sander, W.J., Mast R.W. (2003): Safety Assessment of DHA-rich microalgae from *Schizochytrium* sp. Part V: target animal safety/ toxicity study in growing swine. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 37. 73-82.
- Ali M. A.- Leeson S.(1995): The nutritive value of some indigenous Asian poultry feed ingredients. *Animal Feed Science Technology*, 55. 227-237.
- Bai A. (2013): Sertés-hígrágyára alapozott kapcsolt energia- és takarmány-előállítás. *Journal of Central European Green Innovation*, 1. 1. 11-20.
- Becker E.W. (2004): Microalgae in human and animal nutrition. In: Richmond A. (ed) *Handbook of Microalgae Culture. Biotechnology and Applied Phycology*. Oxford: Blackwell Science.
- Belay A., Kato T., Ota Y. (1996): *Spirulina* (Arthrospira): potential application as an animal feed supplement. *Journal of Applied Phycology*, 24. 202-207.
- Bennedsen M, Wang X, Willén R, Wadström T, Andersen LP. (1999): Treatment of *H. pylori* infected mice with antioxidant astaxanthin reduces gastric inflammation, bacterial load and modulates cytokine release by splenocytes. *Immunol Lett.*, 70. 3. 185-9.
- Da Silva R.L., Barbosa J.M. (2008): Seaweed meal as a protein source for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Phycology*, 21.193-197.
- Dhargalkar V.K., Verlecar X.N. (2009): Southern ocean seaweeds: a resource for exploration in food and drugs. *Aquaculture*, 287. 229-242.
- Ginzberg A., Cohen M., Sod-Mariah U.A., Shany S., Rosenshtrauch A., Arad S. (2000): Chickens fed with biomass of the red microalga *Porphyridium* sp. have reduced blood cholesterol level and modified fatty acid composition in egg yolk. *Journal of Applied Phycology*, 12. 325 -330.
- Grinstead G.S., Tokach M.D., Dritz S.S., Goodband R.D, Nelssen J.L. (2000): Effects of *Spirulina platensis* on growth performance of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 83. 237-247.
- Hassan A. M., Abdel-Aziem S. H., Abdel-Wahhab M. A. (2012): Modulation of DNA damage and alteration of gene expression during aflatoxicosis via dietary supplementation of *Spirulina* (*Arthrospira*) and whey protein concentrate. *Exotoxicology and Environmental Safety*, 79. 294-300.
- Latcscha T., (1990): *Carotenoids in Animal Nutrition*. Hoffman-La Roche Ltd., Basel, Switzerland, ISBN 3-906507-03-3.
- Mordenti A.L., Sardi L., Bonaldo A., Pizzamiglio V., Brogna N., Cipollini I., Tassinari M., Zaghini G. (2010): Influence of marine algae (*Schizochytrium spp.*) dietary supplementation on doe performance and progeny meat quality. *Livestock Science*, 128. 179-184.
- Muller-Feuga A. (2004): Microalgae for aquaculture. The current global situation and future trends. In Richmond , A. (ed). *Handbook of microalgae culture*. Blackwell, Oxford.
- Peiretti P. G., Meineri G. (2008): Effects of diets with increasing levels of *Spirulina platensis* on the performance and apparent digestibility in growth rabbits. *Livestock Science*, 118. 173-177.

- Piccardi R., Materassi R., Tredici M. (1999): Algae and human affairs in the 21st century. (Abstr Int Conf Appl Algal) Università degli Studi di Firenze, Firenze.
- Pulz O., Gross, W. (2004): Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl. Microbiol Biotechnol*, 65. 635-648.
- Sardi L., Martelli G., Lambertini L., Parisini P., Mordenti A. (2006): Effects of a dietary supplement of DHA-rich marine algae on Italian heavy pig production parameters. *Livestock Science*, 103. 95-103.
- Schreckenbach K., Thürmer C., Loest K., Träger G., Hahlweg R. (2001): Der Einfluss von Mikroalgen (*Spirulina platensis*) in Trockenmischfutter auf Karpfen (*Cyprinus carpio*). *Fischer Teichwirt*, 1. 10-13.
- Spolaore P., Joannis-Cassan C., Duran E., Isambert A. (2006): Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101.2. 87-96.
- Thajuddin N., Subramanian G. (2005): Cyanobacterial biodiversity and potential applications in biotechnology. *Current Science*, 89. 47-57.
- Vincze L. (2012): Mikro alga: a jövő takarmánya? *Magyar Állattenyésztők Lapja*, 12. 24-25.
- Waldenstedt L.- Inbarr J.-Hansson I.-Elwinger K. (2003): Effects of astaxanthin-rich algal meal (*Haematococcus pluvalis*) on growth performance, caecal campylobacter and clostridial counts and tissue astaxanthin concentration of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 108. 119-132.
- Wang X., Willén R., Wadström T. (2000): Astaxanthin-Rich Algal Meal and Vitamin C Inhibit *Helicobacter pylori* Infection in BALB/cA Mice. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 44. 9. 2452-2457.
- Yamaguchi, K. (1997): Recent advances in microalgal bioscience in Japan, with special reference to utilization of biomass and metabolites: a review. *Journal of Applied Phycology*, 8. 487-502.

### Internetes források

1. Bai A., Vaszkó G., Csányi F., Tózsér B. (2012) Algák: mikroméretben hatalmas lehetőségek? 2012. november  
[http://www.innoteka.hu/cikk/algak\\_mikromeretben\\_hatalmas\\_lehetosegek.542.html](http://www.innoteka.hu/cikk/algak_mikromeretben_hatalmas_lehetosegek.542.html)
2. [http1: http://algainfo.mindenkilapja.hu/](http://algainfo.mindenkilapja.hu/)
3. [http2: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/fermentacios/ch03s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/fermentacios/ch03s02.html)
4. [http3: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3881014/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3881014/)
5. [http4: http://wellstarsiker.hu/mikroalgak.html](http://wellstarsiker.hu/mikroalgak.html)
6. [http5: http://www.weborvos.hu/egeszsegmagazin/mikroalga\\_fiatalsag\\_titka/160531/](http://www.weborvos.hu/egeszsegmagazin/mikroalga_fiatalsag_titka/160531/)
7. [http6: http://www.spirulina-mikroalga.hu/newsitem-hu-34-tobbet\\_a\\_\\_spirulina\\_algarol](http://www.spirulina-mikroalga.hu/newsitem-hu-34-tobbet_a__spirulina_algarol)
8. [http7: http://www.mikroalga\\_gyogyaszat.abbcenter.com/?m=mikroalgak](http://www.mikroalga_gyogyaszat.abbcenter.com/?m=mikroalgak)
9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3881014/>
10. <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/fermentacios/ch03s02.html>
11. <http://www.ohki.hu/a-hus-szerepe-a-taplalkozasban.html>