

Halolaj hatása a sertések takarmányozásában – irodalmi összefoglalás

Effect of fish oil in swine nutrition – literature review

ERDÉLYI Márta  – BALOGH Krisztián  – ZÁNDOKI Erika  –
MÉZES Miklós  

ÖSSZEFOGLALÁS

Az irodalmi összefoglalóban a halolajnak mint jelentős hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsav-tartalmú zsírkiegészítőnek hatásait mutatjuk be a sertések termelésére és egészségi állapotára. A halolaj különösen gazdag n3 zsírsavakban, így eikozapentaénsavban és dokozahexaénsavban, amelyeknek szerepe van számos létfontosságú élettani folyamatban. Ezek a hatások lényegesen fontosabbak, mint a halolaj energiaszolgáltató szerepe. A halolaj elsősorban a kocák szaporodásbiológiai folyamataira kifejtett hatása révén ismert. Elősegíti a tüszőfejlődést, az ovulációt, a megtermékenyítést követően pedig a beágyazódást és a magzati fejlődést. Kedvező hatását leírták a kocák tejtermelésére, majd a választást követően az első szabályos ovulációig eltelt időpontra is. Malacok esetében legfontosabb hatása a gyulladáshoz vezető folyamatok iránti érzékenység csökkentésében nyilvánul meg. A fertőző betegségek elleni védekezés, azaz az immunválaszkétség intenzitásában is kimutatták hatását minden sertéskorcsoportban. Hízósertéseknél a bekeverés mértékétől függően befolyásolja a hústermelést és a hús érzékszervi minőségét és eltarthatóságát.

Kulcsszavak: halolaj, n3 zsírsavak, szaporodásbiológiai folyamatok, immunrendszer, húsminőség

SUMMARY

In this literature review, we present the effects of fish oil, a fat supplement containing long-chain polyunsaturated fatty acids, on pig production and health. Fish oil is particularly rich in long chain n3 fatty acids, such as eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid, which are required for some vital physiological processes. These effects are significantly more important than the role of fish oil as an energy source. The effect of fish oil is primarily known through its effect on the reproductive biology of sows. On the one hand, it promotes follicular development, ovulation, and, after fertilization, implantation, and foetal development. The beneficial effect of fish fat supplementation has positive effect on the milk production of sows and on the time to first regular ovulation after weaning. In piglets, its most important effect is the reduction in sensitivity to inflammatory processes. Fish oil effects the protection against infectious diseases, i.e., the intensity of the immune response in all age groups of pigs. In fattening pigs, depending on the amount added, it influences meat production and the sensory quality and shelf life of the meat.

Keywords: fish oil, n3 fatty acids, reproductive processes, immune system, meat quality

1. Zsírok és hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak

Az aktuális szükségletnek megfelelő energiaellátás a sertés minden korcsoportjában, így malacoknál, növendék-, hízó- és tenyészállatoknál egyaránt kulcskérdés. Jól ismert például, hogy nagy szaporodóképességgel és jó malacnevelő képességgel rendelkező kocák genetikai teljesítő képessége teljes mértékben csak megfelelő energiaellátás mellett használható ki (Roszkos, 2022). A lipidek ideális energiaforrások, mert energiakoncentrációjuk a szénhidrátokhoz és fehérjékhez viszonyítva 2,25-szörös. Emiatt a takarmányok zsírokkal vagy olajokkal történő kiégésítésével jelentősen növelhető a takarmány energiakoncentrációja. Az energiakoncentráció növelése mellett a lipidek élettani szempontból is fontos hatásokkal rendelkeznek, mert többszörösen telítetlen, ezen belül esszenciális zsírsavakat, linolsavat (C18:1 n6) és α -linolénsavat (C18:2 n3) is tartalmaznak (Das, 2006).

A zsírok és olajok közül nagy linolsavtartalma van a kukorica-, a szója- és a repceolajnak. Az α -linolénsav pedig nagyobb mennyiségben a szója, a repce, és különösen a len olajában fordul elő (Haslam és Melis, 2023).

A gerinces állatok, így például a sertés számára az n3 és n6 zsírsavcsaládok kiindulási vegyületei, az α -linolénsav, illetve a linolsav esszenciálisak, mert megfelelő enzimek hiányában nem képesek a zsírsavláncban n3 és n6 pozícióban kettős kötést kialakítani (Kaur és mtsai., 2014). Egyes algafajok, így például a tengeri mikroalgák ugyanakkor képesek a linolsav, az α -linolénsav, illetve hosszabb szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak szintézisére (Wu és mtsai., 2022).

Az algákat fogyasztó, valamint az ezekkel táplálkozó ragadozó halak jelentős mennyiségben akumulálják ezeket a zsírsavakat, majd azokból hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavakat szintetizálnak (Simopoulos, 1991). A halolaj linol- és α -linolénsav-tartalma kisebb ugyan, mint a növényi olajoké és az állati zsíroké, de nagy mennyiségben tartalmazza az α -linolénsavból keletkező n3 csoportba tartozó hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavakat. Ezek közül számos élettani szerepe van az eikozapentaénsavnak (EPA; C20:5 n3) és dokoza-hexaénsavnak (DHA; C22:5 n3) (Calder, 2012). Az EPA-nak preventív szerepe van például a szív- és érrendszeri megbetegedéseknél, mert csökkenti a trigliceridszintet, a vérnyomást, továbbá előnyaga a gyulladásgátló eikozanoidoknak, valamint hatása van egyes agyi funkciókban (Nassar és mtsai., 2023). A DHA elsődleges hatása, hogy az agy strukturális komponense, hatása van a jelátviteli folyamatokra és retinafunkciókra. Ezek mellett csökkenti a gyulladós folyamatokat és a szív- és érrendszeri betegségek kialakulását, mert csökkenti a trigliceridszintet és a vérnyomást (Echeverría és mtsai., 2017).

2. A halolaj esszenciális zsírsavösszetétele

A hosszú szénláncú n3 többszörösen telítetlen zsírsavakat jelentős mennyiségben tartalmazó takarmány-alapanyagok tehát tengeri eredetűek, amelyek közül legfontosabb a halolaj. A „sovány halak” a lipideket a májban, míg a „zsíros halak” a harántcsíktolt izmokban (halhús) halmozzák fel. Az egyes halfajok közötti különbségek (anyagcsere, táplálkozás, környezet) hatására azok lipidtartalma és annak zsírsavösszetétele jelentősen mértékben eltérő (*Lee és mtsai., 2019a*). Egyes tengeri halak mája olyan nagy – a nedves tömeg akár 60%-át elérő – zsirtartalommal rendelkezik, ami lehetővé teszi kereskedelmi mennyiségű halolaj előállítását (*Guil-Guerrero és mtsai., 2011*). A halolaj zsírsavösszetétele az egyes halfajok között, sőt egy adott fajon belül is eltérő (1. táblázat). Általánosságban azonban elmondható, hogy takarmányozási szempontból a tengeri halak olaja azért kedvező, mert azokban az n6/n3 zsírsavak aránya általában <1, emellett kiemelkedően nagy az EPA- és DHA-tartalmuk (*Ward és mtsai., 2022*). Az n3 zsírsavak szempontjából a leginkább kedvező a tonhal, a lazac- és a menhadenolaj (*Codex Alimentarius, 2024*).

Takarmányozási szempontból lényeges, hogy a halolaj etetésének hatására javul a táplálóanyagok, főképp a zsírok emészthetősége, ami annak nagy telítetlen, ezen belül n3 zsírsav tartalmával van összefüggésben (*Wang és mtsai., 2024*).

1. táblázat. Tengeri halak olajának egyes zsírsavösszetétele (összes zsírsav %)

Zsírsav (1)	Szardella (2)	Tonhal (3)	Menhaden (4)	Lazac (5)
C14:4 mirisztinav (6)	2,7–11,5	ND–5,0	8,0–11,0	2,0–5,0
C16:0 palmitinsav (7)	13,0–22,0	14,0–24,0	18,0–20,0	10,0–16,0
C16:1 palmitoleinsav (8)	4,0–12,6	ND–1,25	9,0–13,0	4,0–6,0
C18:0 sztearinsav (9)	1,0–7,0	ND–12,5	2,5–4,0	2,0–5,0
C18:1 (n9) olajsav (10)	3,6–17,0	10,0–25,0	5,5–8,5	8,0–16,0
C18:2 (n6) linolsav (11)	ND–3,5	ND–3,0	2,0–3,5	1,5–2,5
C18:3 (n3) linolénsav (12)	ND–7,0	ND–2,0	ND–2,0	ND–2,0
C18:4 (n3) sztearidonsav (13)	ND–5,0	ND–2,0	1,5–3,0	1,0–4,0
C20:4 (n6) arachidonsav (14)	ND–2,5	ND–3,0	ND–2,0	0,5–2,5
C20:5 (n3) eikozapentaénsav (15)	5,0–25,0	2,5–9,0	12,5–19,0	6,5–11,5
C22:6 (n3) dokozahexaénsav (16)	4,0–26,5	21,0–42,5	5,0–11,5	6,0–14,0

ND = nem kimutatható (17)

Table 1 Some fatty acid composition of seawater fish oils (total fatty acid %)

fatty acid (1); anchovy (2); tuna (3); menhaden (4); salmon (5); miristic acid (6); palmitic acid (7); palmitoleic acid (8); stearic acid (9); oleic acid (10); linoleic acid (11); linolenic acid (12); stearidonic acid (13); arachidonic acid (14); eicosapentaenoic acid (15); docosahexaenoic acid (16); ND = not detectable (17)

3. Halolaj hatása a kocák szaporodásbiológiai folyamataira

A halolaj mint n3 zsírsav forrás, kedvező hatása a kocák szaporodásbiológiai mutatóira (McDermott és mtsai., 2020). Kocák, illetve választott malacok etetése során a halolajat 2% vagy 2,5% mennyiségben alkalmazva a szövetek n3 zsírsav tartalma szignifikáns mértékben nőtt (Tanghe és mtsai., 2015). Ez az eredmény azt jelzi, hogy a kedvező hatások a halolaj n3 zsírsav tartalmára vezethető vissza.

Roszkos (2022) halolaj-kiegészítéssel végzett takarmányozási kísérlete során megállapította, hogy az n3 zsírsav kiegészítés kocáknál csökkentette a választástól az első szabályos ivarzásig eltelt időt, azaz az üres napok számát. Csökkentette továbbá a későn ivarzó kocák számát, illetve növelte a vemhesült és fiatal kocák számát is. Reese (2004) közleménye szerint az elléstől az első sikeres termékenyítésig alkalmazott n3 zsírsav kiegészítés, amihez lenolajat alkalmaztak, szintén növelte az alomszámot és a választáskori testtömeget. Ahn és mtsai. (2021) ugyanakkor az alomszámban nem találtak különbséget, de megállapították, hogy a választáskori testtömeget és a kocák választáskori kondícióját kedvezően befolyásolta az n3 zsírsav kiegészítés. A kedvező szaporodásbiológiai hatások egyik oka, hogy az n3 zsírsavak pozitív hatást gyakorolnak a tüszők növekedésére és érésére, ami korábbi ivarzást és több, érettebb tüsző ovulációját eredményezi. Emiatt a halolajjal kiegészített nagyobb n3 zsírsav tartalmú takarmány javította a fogamzási arányt (Yin és mtsai., 2017).

Az n3 zsírsav kiegészítés hatására javult továbbá az embriók túlélési esélye. Ezt a kedvező hatást annak tulajdonították, hogy az n3 zsírsavak gátolják az endometriumban a prosztaglandinok bioszintézisét, így egyrészt csökken a gyulladássos folyamatok valószínűsége, valamint a méh simaizom összehúzódások száma, ami a beágyazódási zavarokat és emiatt korai embrióelhalást idéz elő (Roszkos és mtsai., 2020).

A vemhesség, illetve a laktáció alatt alkalmazott n3 zsírsav kiegészítés pozitív hatással van a következő vemhességre is, mert a választást követő ciklusban ovuláló tüszők már az előző vemhesség végén majd a laktáció során fejlődésnek indulnak. Ezt bizonyítja, hogy a vemhesség ideje alatt már kis mennyiségű (3 g/kg takarmány) halolajjal történt n3 zsírsav kiegészítés hatására nagyobb alomsúlyt tapasztaltak a következő fialáskor (Smits és mtsai., 2011). A vemhesség, majd a laktáció során etetett takarmány halolajtartalmának hatására ugyanakkor Luo és mtsai. (2020) kísérletében a vemhesség alatt 2,5%, majd a laktáció során 2,8% halolajtartalmú takarmánynak nem volt hatása sem a kocák, sem pedig malacok termelésére. Megállapították ugyanakkor, hogy a 2,5% halolajetetés hatására nőtt a placenta, majd a kocákkal etetett 2,8% halolajtartalmú takarmány hatására a malacok vörösvérsejtmembránjainak DHA-tartalma. A placenta DHA-tartalmának növekedése a prosztaglandintermelés gátlása, ennek révén a zavartalan magzati fejlődés, míg a vörösvérsejtmembránok stabilitását segíti a nagyobb DHA-tartalom.

Roszkos és mtsai. (2020, 2021) valamint *Roszkos* (2022) kísérleteiben a kontrolltakarmány n6/n3 aránya 15 volt, míg a 10 g/kg mennyiségben halolajat tartalmazó kísérleti takarmány esetében 7,38. Ennek hatására a kocák tejében az n3 zsírsavak mennyisége szignifikáns mértékben nőtt. Ezt támasztja alá az n6/n3 arány eltérése is, ami a kontrolltakarmányt fogyasztó kocák tejében 13,42, míg a halolajat tartalmazó takarmányt fogyasztó kocák esetében 6,35 volt. Hasonló megfigyelést tettek *Luo és mtsai.* (2020) is, akik 2,8% halolajtartalmú takarmányt etettek. Ennek hatására csökkent az n6/n3 zsírsavak aránya a kolosztrumban és a kocatejben. A kontrolltakarmányt fogyasztó kocáknál 12,25, míg a halolajat tartalmazó takarmányt fogyasztó kocák kolosztrumában 2,66 volt ennek értéke. A kocatejben az n6/n3 arány értéke a kontrollcsoportban 11,12, míg a halolajjal kiegészített takarmányt fogyasztó csoportban 2,62 volt.

4. A halolaj hatásai malacokban

A halolajból származó és a kocatejben megjelenő telítetlen zsírsavaknak a malacokban való akkumulációjával kapcsolatban megállapították, hogy kocákat a laktáció során 2% és 2,5% halolajtartalmú takarmánnyal etetve malacaik egyes szerveinek, így a májnak vagy az izomnak a választást követően mért n3 zsírsav tartalma szignifikáns mértékben nagyobb volt, mint a kontrollcsoportban (*Tanghe és mtsai.*, 2015).

Megállapították továbbá, hogy amennyiben az n6/n3 arány értéke <4, csökkentek a választási stressz által előidézett gyulladásoz folyamatok, még abban az esetben is, ha a választást követően a malacok kevésbé kedvező körülmények közé kerültek (*Shin és mtsai.*, 2017). Ennek alapján levonható az a következtetés, hogy a kocák laktáció alatt etetett takarmányának halolajjal történt n3 zsírsav kiegészítése malacoknál ellensúlyozta a választással járó stressz hatásait (*Li és mtsai.*, 2017). Számos eredmény támasztja alá továbbá, hogy a malacokkal a választást követően etetett takarmány halolaj-kiegészítése növelte a malacok átlagos napi súlygyarapodását (*Duan és mtsai.*, 2014; *Shin és mtsai.*, 2017).

5. A halolaj hatása a hizlalási paraméterekre

Jaturasitha és mtsai. (2002) 90 kg testtömegig végzett hizlalási kísérlet során a takarmányokat 1%, 2%, illetve 3% tonhalolajjal egészítették ki. Megállapították, hogy a halolaj- kiegészítés nem befolyásolta a takarmányfelvételt és a takarmányértékesítést. *Song és mtsai.* (2020) viszont azt állapították meg, hogy a 6:1 n6/n3 arányhoz képest a nagy n3 zsírsav tartalmú takarmány etetésének hatására mind a 4:1, mind pedig a 2:1 n6/n3 arány esetén nőtt a hízók befejezési testtömege. A halolajbevitel mértéke azonban egy szint fölött kritikus tényező lehet. *Komprda*

és mtsai. (2020) vizsgálatában 8% halolaj-bekeverési arány hatására a napi átlagos testsúlygyarapodás szignifikáns mértékben kisebb volt, mint a kontrollcsoportban. Más oldalról viszont a 8% halolaj-kiegészítés hatására kedvezőbb volt a hosszú hátizom porhanyóssága, továbbá nőtt a hús EPA- és DHA-tartalma.

6. A halolaj esszenciális zsírsavtartalmának hatása a gyulladásos folyamatokra és az immunválaszkésztségre

A többszörösen telítetlen hosszú szénláncú zsírsavak lényegesek a gyulladásos mediátorok, különösen a pro-inflammatorikus citokinek túltermelésének megakadályozásában (Calder, 2008). A gyulladásos folyamatok csökkentése érdekében tehát olyan zsírforrások alkalmazása javasolt, amelyek nagy energiakoncentrációjuk mellett n6 és n3 hosszú szénláncú zsírsavakat is tartalmaznak. Ebben a tekintetben kiemelt jelentősége van az α -linolénsav metabolizmusa során keletkező hosszú szénláncú n3 telítetlen zsírsavaknak, így az EPA-nak, amelyről ismert, hogy gátolja egyes pro-inflammatorikus citokinek, például az interleukin-1 (IL-1) vagy a tumor nekrozis faktor α (TNF α) termelődését (Crup és Cuzzocrea, 2022). A halolaj az egyik legfontosabb EPA-forrás, ami gátolja a pro-inflammatorikus citokinek termelését, ennek révén gátolja a bakteriális fertőzések során kialakuló gyulladásos folyamatokat (Billiar és mtsai., 1988). Hasonló megállapítást tettek Lee és mtsai. (2019b) is, akik szopósmalacok vakcinázása során azt figyelték meg, hogy a halolajtartalmú takarmányt fogyasztó kocák malacainál kevésbé alakult ki lázas állapot, de az immunválasz, azaz az antitesttermelés nem változott. Li és mtsai. (2017) azt tapasztalták, hogy a laktáció során n3 zsírsav kiegészítést nem tartalmazó takarmányt fogyasztó kocák malacainál a választást követően megemelkedett a gyulladásos folyamatokat jelző citokin, a vérplazma TNF α -szintje, és magas maradt még a választás után 28 nappal is. Ez a növekedett érték az immunrendszer stresszállapotára utal, de a szoptató kocák takarmányának n3 zsírsav kiegészítése hatására a választást követően nem tapasztaltak ilyen eltérést a malacoknál.

7. Halolaj hatása a kocák és malacok bélmikrobiota-összetételére

Nagy n3 zsírsav tartalmú halolaj-kiegészítés hatására nőtt a mikrobiota diverzitása szopósmalacok és vemhes kocák bélsarában egyaránt. Ezen belül nőtt a kedvező hatású baktérium törzsek aránya. Szoptató kocák és malacok bélsarának mikrobiota-összetétele korrelációt mutatott egymással, azaz a kocák bélsarában kimutatott eltérések a baktériumok diverzitásában a malacok bélsarában is kimutatható volt (Llauradó-Calero és mtsai., 2022). Ez a hatás nem csak a kocákban érvényesül, mert a kocatejjel átjut a malacokba és kedvező hatását ott is kifejti. A

bél mikrobiota-összetételének megváltozása a takarmányok halolaj-kiegészítése, ezzel n3 zsírsav tartalmának növelése, a mikrobiota-összetételének befolyásolása mellett gátolja a takarmányokkal bekerült patogének által kiváltott gyulladós folyamatokat is. Ennek részben a szopási időszakban, de leginkább a választást követően van jelentősége (*Lauridsen, 2020*).

8. A halolaj hatása a hús zsírsavösszetételére és minőségére

Az n3 zsírsav forrásoknak, így például a halolajnak, kedvező hatása van a hús zsírsavösszetételére, aminek humán egészségvédelmi szempontból van jelentősége, mert az n3 zsírsavak hatására csökken egyes szív- és érrendszeri betegségek kialakulásának kockázata (*Dugan és mtsai., 2015*). Emiatt lényeges, hogy a sertéshús megfelelő mennyiségben és arányban tartalmazza az n6 és n3 zsírsavakat. Az n6/n3 arány értéke célszerűen <4. Ennek az aránynak az elérése érdekében módosítani szükséges a hízósertések takarmányozását, de ezt a jelenleg általános alkalmazott takarmány-alapanyagoknál csak n3 zsírsavak többletbevitelével lehet biztosítani (*Wood és mtsai., 2004*). A sertések nagy n6-tartalmú takarmánya ugyanis értelemszerűen nagy n6-tartalmú húst eredményez, mert a sertés nem képes esszenciális n3 zsírsavakat előállítani sem n6 zsírsavakból, sem más forrásból. Erre a célra ugyanakkor megfelelő forrás lehet a halolaj mint n3 zsírsav forrás. A takarmány n3 zsírsav tartalmának növelésével az a húsban is akkumulálódik, így annak n3 zsírsav tartalma is nő (*Song és mtsai., 2020*). A sertéshús n3-tartalmának növelését egészségvédelmi célból javasolták a humán táplálkozásban például „funkcionális” élelmiszerek kialakításával (*Corino és mtsai., 2002*). Az n3 zsírsavaknak a sertés szervezetében való akkumulációjával kapcsolatban megállapították, hogy a halolajat 2% és 2,5%-ban alkalmazva a hús n3 zsírsav tartalma szignifikáns mértékben nőtt (*Tanghe és mtsai., 2015*).

A takarmány halolajjal történő kiegészítésének, azaz az n3 zsírsavak nagyobb mértékű bevitelének hatására az n3 zsírsavakon belül nő a hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak, elsősorban a dokozapentaénsav (C22:5n3; DPA) mennyisége. Ez kedvezőnek tekinthető humán egészségvédelmi szempontból, ugyanakkor kedvezőtlen hatások is jelentkezhetnek. Ilyen probléma lehet például a hús érzékszervi minőségének, elsősorban szagának és ízének megváltozása, továbbá eltarthatóságának csökkenése (*Hallenstvedt és mtsai., 2010*). *Lauridsen és mtsai.* (1999) eredményei szerint, ha halolajat 3%, illetve 6% dózisban etettek 60 kg testtömegig, akkor az ehető részek (máj, izom, szalonna) n3 zsírsav tartalma ugyan jelentősen nőtt, de a halolaj izrontó hatása még 100 kg élősúlyban vágva is érezhető volt. *Jaturasitha és mtsai.* (2002) 90 kg testtömegig végzett hizlalás során 1%, 2%, illetve 3% tonhalolaj-kiegészítést alkalmazva azt találták, hogy az n3 zsírsavak aránya és mennyisége is kedvezően alakult. A halolaj-kiegészítés hatására az EPA és a DHA mennyisége nőtt, az n6/n3 arány pedig jelentősen kisebb

volt, mint a kontrollállatokban. Az arány a hosszú hátizomban a kontrollcsoportban 6,57, míg az 1%, 2% vagy 3% halolaj-kiegészítés hatására 3,25, 2,98, 2,57 volt. Ugyanez a szalonnában a kontrollcsoportban 4,24, míg az 1%, 2% vagy 3% halolaj-kiegészítés hatására 2,29, 1,91, 1,71. A vágásig történő halolajtartalmú takarmány etetése mind az ízben, mind az eltarthatóságban kedvezőtlen hatást eredményezett, ami főképp a 3% kiegészítéskor nyilvánult meg. Az érzékszervi minőség romlása, valamint az eltarthatóság idejének csökkenése főképp avasodási folyamatokra vezethető vissza. Ez a probléma jelentős lehet, nemcsak a rövid, de a hosszabb távú mélyhűtött tárolás során is. Megállapították, hogy 2%, illetve 8% halolajtartalmú takarmány etetésének hatására már a vágáskor kimutatható a lipidperoxidációs folyamatokat jelző marker, a malondialdehid-tartalom magasabb szintje úgy az izomban, mint a szalonnában (*Guo és mtsai., 2020*). Jól ismert, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak fokozottan érzékenyek az oxidációra, amit számos belső és külső tényező egyaránt előidézhet. A húsok esetében ilyen külső tényező lehet a hűtési lánc megszakadása, a húsokban visszamaradó vérben lévő hemoglobin lebomlása során felszabaduló vas vagy a vérben lévő oxidáz enzimek, amelyek oxigén szabadgyökök kialakulását eredményezhetik, ezzel növelve az avasodás kockázatát (*Chaijan és Panpipat, 2017*).

Halolaj-kiegészítés hatására megváltozik a hús technológiai minősége is. Egy összefoglaló tanulmányban (*Rosenvold és mtsai., 2003*) arra a következtetésre jutottak, hogy halolajetetés hatására 5,5% mennyiségig jelentős technológiai minőség változás nem következik be, de a hús „lágyabb” lesz és csökken annak oxidatív stabilitása. Emellett hosszú távú mélyhűtött tárolás során kedvezőtlen szag is kialakulhat. Az n6/n3 arány 6:1-ről 4:1, illetve 2:1 arányra történő csökkentésének hatására ugyanakkor a hosszú hátizomban csökkent a főzési veszteség (*Song és mtsai., 2020*).

9. Összefoglaló

Összefoglalóan megállapítható, hogy a halolaj, ezen belül kiemelten a nagy n3 zsírsav tartalommal rendelkező tengeri halak májából nyert olaj számos kedvező hatással rendelkezik sertéseknél is. Ezek közül kiemelkedően fontos az n3 zsírsavaknak a kocák szaporodásbiológiai folyamataira kifejtett kedvező hatása. A kedvező hatások mellett azonban számításba kell venni a halolaj, azaz n3 zsírsav kiegészítés, kedvezőtlen hatásait is, ami nem elsősorban a termelési paraméterekben, hanem a hús érzékszervi és technológiai minőségének romlásában nyilvánul meg. Irodalmi adatok alapján az egyes sertéskorcsoportokban meghatározható az a halolaj-mennyiség, amelynek hatására a kedvező hatások vannak túlsúlyban.

10. Köszönetnyilvánítás

A közlemény a 2023-1.1.1-PIACI_FÓKUSZ-2024-00050 számú „Fenntartható termelésből származó alapanyagok felhasználása a magas minőségű élelemiszer-előállítás támogatására és hatásuk a sertések termelési, állatjóléti, szaporodásbiológiai és gazdaságossági eredményességére” című projekt támogatásával készült.

6. Felhasznált irodalom

- Ahn, J. M. – Hoque, M. R. – Choi, Y. J. – Kim, I. H. (2021): Effects of flaxseed oil supplementation on lactating sows and their offspring. *Korean J. Agric. Sci.*, 48. 11–19. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200059>
- Billiar, T. R. – Bankey, P. E. – Svingen, B. A. – Curran, R. D. – West, M. A. – Holman, R. T. – Simmons, R. L. – Cerra, F. B. (1988): Fatty acid intake and Kupffer cell function: Fish oil alters eicosanoid and monokine production to endotoxin stimulation. *Surgery*, 104. 343–349. PMID: 3041642
- Calder, P. C. (2008): Polyunsaturated fatty acids, inflammatory processes and inflammatory bowel diseases. *Mol. Nutr. Food Res.*, 52. 885–897. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700289>
- Calder, P. C. (2012): Mechanisms of action of (n-3) Fatty Acids. *J. Nutr.*, 142. 592S–599S. <https://doi.org/10.3945/jn.111.155259>
- Chaijan, M. – Panpipat, W. (2017): Mechanism of oxidation in foods of animal origin. In: Banerjee, R. – Verma, A. K. – Siddiqui, M. W. (szerk.): *Natural antioxidants. Applications in foods of animal origin.* Apple Academic Press, Oakwille, 2–37.
- Codex Alimentarius* (2024): Standards for fish oils. CXS 329-2017. FAO/WHO, Rome
- Das, U. N. (2006): Essential fatty acids – a review. *Curr. Pharmacol. Biotechnol.*, 7. 467–482. <https://doi.org/10.2174/138920106779116856>
- Dugan, M. E. R. – Vahmani, P. – Turner, T. D. – Mapiye, C. – Juárez, M. – Prieto, N. – Beaulieu, A. D. – Zijlstra, R. T. – Patience, J. F. – Aalhus, J. L. (2015): Pork as a source of omega-3 (n-3) fatty acids. *J. Clin. Med.*, 4. 1999–2011. <https://doi.org/10.3390/jcm4121956>
- Corino, C. – Magni, S. – Pagliarini, E. – Rossi, R. – Pastorelli, G. – Chiesa, L. M. (2002): Effects of dietary fats on meat quality and sensory characteristics of heavy pig loins. *Meat Sci.*, 60. 1–8. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00095-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00095-X)
- Crup, R. – Cuzzocrea, S. (2022): Role of EPA in inflammation: mechanisms, effects, and clinical relevance. *Biomolecules*, 12. 242. <https://doi.org/10.3390/biom12020242>
- Echeverría, F. – Valenzuela, R. – Hernandez-Rodas, C. M. – Valenzuela, A. (2017): Docosahexaenoic acid (DHA), a fundamental fatty acid for the brain: New dietary sources. *Prostagl. Leukot. Essent. Fatty Acids.*, 124. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2017.08.001>
- Guil-Guerrero, J. L. – Venegas-Venegas, E. – Rincón-Cervera, M. Á. – Suárez, M. D. (2011): Fatty acid profiles of livers from selected marine fish species. *J. Food Composit. Anal.*, 24. 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.07.011>
- Guo, Q. – Li, F. – Wen, C. – Zhang, L. – Duan, Y. – Wang, W. – Huang, R. – Yin, Y. (2020): The changes in growth performance and lipid metabolism of pigs with yellow fat induced

- by high dietary fish oil. *Can. J. Anim. Sci.*, 100. 154–164. <https://doi.org/10.1139/cjas-2019-0094>
- Haslam, R. P. – Melis, S.* (2023): The properties, distribution and functionality of cereal lipids. In: *Shewry, P. R. – Koksel, H. – Taylor, J. R. N.* (szerk.): *ICC Handbook of 21st Century Cereal Science and Technology*, Academic Press, New York, 103–110. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95295-8.00043-5>
- Jaturasitha, S. Y. – Rurksasen, W. P. – Kreuzer, M.* (2002): Enrichment of pork with omega-3 fatty acids by tuna oil supplements: Effects on performance as well as sensory, nutritional and processing properties of pork. *Asian Aust. J. Anim. Sci.*, 15. 1622–1633. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.1622>
- Karrick, N. L.* (1967): Nutritional value of fish oils as animal feed. In: *Stansby, M. E.* (szerk.): *Fish oils*. Chapter 24. *Avi Publishing Company*, Westport.
- Kaur, N. – Chugh, V. – Gupta, A. K.* (2014): Essential fatty acids as functional components of foods - a review. *J. Food Sci. Technol.*, 51. 2289–2303. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0677-0>
- Komprda, T. – Juzl, M. – Matejovičová, M. – Levá, I. L. – Piechowiczová, M. – Nedomová, S. – Popelková, V. – Vymazalová, I. P.* (2020): Effect of high dietary level (8%) of fish oil on long-chain polyunsaturated fatty acid n-3 content in pig tissues and plasma biochemical parameters. *Animals*, 10. 1657. <https://doi.org/10.3390/ani10091657>
- Llauradó-Calero, E. – Climent, E. – Chenoll, E. – Ballester, M. – Badiola, I. – Lizardo, R. – Torrallardona, D. – Esteve-Garcia, E. – Tous, N.* (2022): Influence of dietary n-3 long-chain fatty acids on microbial diversity and composition of sows' feces, colostrum, milk, and suckling piglets' feces. *Front. Microbiol.* 13. 982712. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.982712>
- Lauridsen, C.* (2020): Effects of dietary fatty acids on gut health and function of pigs pre- and post-weaning. *J. Anim. Sci.* 98. skaa086. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa086>
- Lauridsen, C. – Andersen, G. – Andersson, M. – Danielsen, V. – Jakobsen, R. K.* (1999): Effect of dietary fish oil supplied to pigs from weaning to 60 kg liveweight on performance, tissue fatty acid composition and palatability of pork when slaughtered at 100 kg liveweight. *J. Anim. Feed Sci.*, 8. 441–456. <https://doi.org/10.22358/jafs/69110/1999>
- Lee, S. A. – Whenham, N. – Bedford, M. R.* (2019a): Review on docosahexaenoic acid in poultry and swine nutrition: Consequence of enriched animal products on performance and health characteristics. *Anim. Nutr.*, 5. 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.09.001>
- Lee, A. V. – You, L. – Oh, S. Y. – Li, Z. – Code, A. – Zhu, C. – Fisher-Heffernan, R. E. – Regnault, T. R. H. – De Lange, C. F. M. – Huber, L. A. – Karrow, N. A.* (2019b): Health benefits of supplementing nursery pig diets with microalgae or fish oil. *Animals*, 9. 80. <https://doi.org/10.3390/ani9030080>
- Li, Q. – Brendemuhl, J. H. – Jeong, K. C. – Badinga, L.* (2014): Effects of dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids on growth and immune response of weanling pigs. *J. Anim. Sci. Technol.*, 56. 7. <http://www.janimscitechnol.com/content/56/1/7>
- Luo, W. – Xu, X. – Luo, Z. – Yao, J. – Zhang, J. – Xu, W. – Xu, J.* (2020): Effect of fish oil supplementation in sow diet during late gestation and lactation period on litter characteristics, milk composition and fatty acid profile of sows and their offspring. *Italian J. Anim. Sci.*, 19. 8–17. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1685917>

- McDermott, K. – Icelly, S. – Jagger, S. – Broom, L. J. – Charman, D. – Evans, C. M. – Miller, H. M. (2020): Supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids and effects on reproductive performance of sows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 267. 114529. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114529>
- Nassar, M. – Jaffery, A. – Ibrahim, B. – Bahaeldin Baraka, B. – Abosheishaa, H. (2023): The multidimensional benefits of eicosapentaenoic acid: from heart health to inflammatory control. *Egypt. J. Intern. Med.*, 35. 81. <https://doi.org/10.1186/s43162-023-00265-6>
- Reese, D. (2004): Update on omega-3 fatty acids and litter size in swine. *Nebraska Swine Reports*. 18. https://digitalcommons.unl.edu/coopext_swine/18
- Rosenvold, K. – Andersen, H. J. (2003): Factors of significance for pork quality - a review. *Meat Sci.*, 64. 219–37. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00186-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00186-9)
- Roszkos, R. – Tóth, T. – Mézes, M. (2020): Practical use of n-3 fatty acids to improve reproduction parameters in the context of modern sow nutrition - a review. *Animals*, 10. 1141. <https://doi.org/10.3390/ani10071141>
- Roszkos, R. – Bázár, G. – Tóth, T. – Fébel, H. – Mézes, M. (2021): Effect of n-3 polyunsaturated fatty acid feeding on the fatty acid profile and odor of milk in danbred sows. *J. Appl. Anim. Res.*, 49. 447–459. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.2005071>
- Roszkos, R. (2022): Az n-3 zsírsavak hatása nagy teljesítményű tenyészkocák fontosabb termelési és szaporodásbiológiai paramétereire. *Scientia et securitas*, 3. 250–259. <https://doi.org/10.1556/112.2022.00108>
- Shin, T. K. – Yi, Y. J. – Kim, J. C. – Pluske, J. R., – Cho, S. S. – Wickramasuriya, E. – Kim, S. M. – Heo, J. M. (2017): Reducing the dietary omega-6 to omega-3 polyunsaturated fatty acid ratio attenuated inflammatory indices and sustained epithelial tight junction integrity in weaner pigs housed in a poor sanitation condition. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 234. 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.022>
- Simopoulos, A. P. (1991): Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54. 438–463. <https://doi.org/10.1093/ajcn/54.3.438>
- Smits, R. J. – Luxford, B. G. – Mitchell, M. – Nottle, M. B. (2011): Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil. *J. Anim. Sci.*, 89. 2731–2738. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3593>
- Song, C. H. – Oh, S. M. – Lee, S. H. – Choi, Y. H. – Kim, J. D. – Jang, A. – Kim, J. S. (2020): The ratio of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids influences the fat composition and lipogenic enzyme activity in adipose tissue of growing pigs. *Food Sci. Anim. Resources.*, 40. 242–253. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e8>
- Tanghe, S. – Missotten, J. – Raes, K. – De Smet, S. (2015): The effect of different concentrations of linseed oil or fish oil in the maternal diet on the fatty acid composition and oxidative status of sows and piglets. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 99. 938–949. <https://doi.org/10.1111/jpn.12243>
- Yin, J., – Lee, K. Y. – Kim, J. K. – Kim, I. H. (2017): Effects of different n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids ratio on reproductive performance, fecal microbiota and nutrient digestibility of gestation–lactating sows and suckling piglets *Anim. Sci. J.*, 88. 1744–1752. <https://doi.org/10.1111/asj.12819>
- Wang, L. – Chen, Y. – Yang, Y. – Xiao, N. – Lai, C. (2024): Oils with different degree of saturation: effects on ileal digestibility of fat and corresponding additivity and bacterial

- community in growing pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 15. 21.
<https://doi.org/10.1186/s40104-023-00990-6>
- Ward, E. D. – Thomasson, K. – Fischer, K. R. (2022): Analysis of omega-3 fatty acid content in fish oil products. *J. Pharm. Pract.*, 35. 870–873.
<https://doi.org/10.1177/088307382111015051>
- Wood, J. D. – Richardson, R. I. – Nute, G. R. – Fisher, A. V. – Campo, M. M. – Kasapidou, E. – Sheard, P. R. – Enser, M. (2004): Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.*, 66. 21–32. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
- Wu, C. – Hong, B. – Jiang, A. – Luo, X. – Lin, H. – Zhou, Y. – Wu, J. – Yue, X. – Shi, H. – Wu, R. (2022): Recent advances on essential fatty acid biosynthesis and production: Clarifying the roles of $\Delta 12/\Delta 15$ fatty acid desaturase, *Biochem. Eng. J.*, 178. 108306.
<https://doi.org/10.1016/j.bej.2021.108306>

Szerzők/Authors

ERDÉLYI Márta

MATE Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék
Department of Feed Safety, Institute of Animal Physiology and Nutrition, Hungarian University of Agriculture and Life Science
H-2100 Gödöllő, Péter Károly u. 1., e-mail: ballane.erdelyi.marta@uni-mate.hu

BALOGH Krisztián

MATE Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék
Department of Feed Safety, Institute of Animal Physiology and Nutrition, Hungarian University of Agriculture and Life Science
H-2100 Gödöllő, Péter Károly u. 1., e-mail: balogh.krisztian.milan@uni-mate.hu

ZÁNDOKI Erika

MATE Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék
Department of Feed Safety, Institute of Animal Physiology and Nutrition, Hungarian University of Agriculture and Life Science
H-2100 Gödöllő, Péter Károly u. 1., e-mail: baloghne.zandoki.erika@uni-mate.hu

MÉZES Miklós

MATE Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék
Department of Feed Safety, Institute of Animal Physiology and Nutrition, Hungarian University of Agriculture and Life Science
H-2100 Gödöllő, Péter Károly u. 1., levelezőszerző, e-mail: Mezes.Miklos@uni-mate.hu

Érkezett/Recived: 2026. január
Elfogadva/Accepted: 2026. február



A cikkre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: [CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
The article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license: [CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)