

Különböző zsírsavak etetésének hatása a tejelő szarvasmarhák szaporodásbiológiai teljesítményére Irodalmi áttekintés

Effect of different fatty acids on the reproductive performance in dairy cows Literature review

BALOGH Eszter – VARGA-BALOGH Orsolya – KERN László –
BODÓ Szilárd – SZABARI Miklós

ÖSSZEFOGLALÁS

A tejelő tehenek megfelelő termékenységéhez, ezáltal a tejtermeléséhez elengedhetetlen a szaporodásbiológiai jellegzetességek ismerete. A sikerességet számos tényező mellett az alkalmazott takarmány és annak beltartalma is meghatározza, így alapvető fontosságú az állattenyésztési döntések meghozatala során. Cikkünkben a szarvasmarha takarmányozása során kiegészítésként alkalmazott különböző zsírsavakat és azok hatásait foglaltuk össze. A zsírsavak rövid jellemzését követően, számos kísérleti eredményen keresztül a szaporodásbiológiai folyamatokra ható, a takarmánnyal bejuttatott többféle zsírsavak, változó mennyiségben alkalmazott, eltérő hatásait ismertetjük.

Kulcsszavak: szarvasmarha, szaporodásbiológia, zsírsavak, takarmányozás

SUMMARY

Objective: the aim was to summarize some different fatty acids supplemented to the diet on dairy cattle reproduction.

Methods: After a brief description of the fatty acids, there will be explained the divergent effect of the fatty acids on reproduction processes through numerous experimental results.

Results: Based on the results of the experiments, supplemented polyunsaturated fatty acids (given in the right amount, quality, ratio, and at the optimal time) have a different, yet remarkable effect on cattle reproduction. Overall, the reproductive biology performance of animals can be improved by fatty acid supplementation.

Conclusions: Using fat sources in animal dietary has been investigated for decades. Their effects on embryo and ovum quality as well as the pregnancy rate are still the subject of debate. Probably using of different fat sources, their quantitative differences, the different duration of the experiment and its setting conditions, the environmental conditions, the different health conditions of the animals all contribute to the different results.

Keywords: cattle, reproduction, fatty acid, feed supplementation

1. Bevezetés

A gazdasági állatok, azon belül a tejelő szarvasmarha állományokban is az állatok egészségének, valamint a gazdaságos termelés hosszú távú fenntartása érdekében kiemelkedően fontosabbak között a takarmányok védett zsírsvav összetétele. Számos kutatási kísérlet alapozta meg az optimális zsírsvav-összetétel etetésének hatékonyságát szarvasmarhában. Megfelelő arányú zsírsvavetetésnek bizonyítottan pozitív hatása van a termelt tej mennyiségére, minőségére, amelynek fogyasztása kedvezően hat az emberi szervezetre, másrészt az állatok optimalizált energiaellátottságában is kiemelt szerepük van. A megfelelő energiaellátásnak fontos szerepe van a mind a tejtermelésben, mind a szaporodásbiológiai folyamatokban, mivel mindkét folyamat energiafüggő. Ennek tudatában áttekintettük, majd összefoglaltuk az elmúlt évtizedekben zsírsvav-kiegészítéssel végzett kísérletek eredményeit, valamint szaporodásbiológiai folyamatokra gyakorolt hatásait.

2. Zsírsvavak

A zsírsvavak az élőlények szerves vegyületei (szénhidrátok, lipidek, fehérjék, nukleinsavak) közül a lipidek közé tartoznak. Természetes zsírokban és olajokban észterek formájában fordulnak elő és általában egyenes láncsal, páros szénatom számmal rendelkeznek. Megkülönböztetünk telített (nem tartalmaz kettős kötést a szénlánc) vagy telítetlen (kettős kötést tartalmaz a szénlánc), valamint szénhidrogénlánc hossza alapján rövid (2-5), közepes (6-11) és hosszú (12 és annál több) szénláncú zsírsvavakat. A telítetlen zsírsvavak lehetnek egyszeresen telítetlenek (egy kettős kötés, monounsaturated fatty acid, MUFA), többszörösen telítetlenek (polyunsaturated fatty acid, PUFA), kettő vagy több kettős kötés) és eikozanoidok. A szénlánc hossza és a láncban lévő kettős kötések száma mellett az egyes kettős kötések által alkotott izomerek (cisz, transz) típusa nagymértékben meghatározza a zsírsvavak metabolikus funkcióit. Attól függően, hogy a metilvégtől hol helyezkedik el az első kettős kötés, a telítetlen zsírsvavakat n-3, n-6 és n-9 családba soroljuk. Ennek megfelelően a 18 szénatomos és két kettős kötéssel rendelkező linolsav (C18:2) az n-6 család tagja (első kettős kötés a metilvégtől számítva a hatodik pozícióban), a linolénsav (C18:3) az n-3 családba (az első kettős kötés a harmadik szénatomon), az olajsav (C:18:1) pedig az n-9 családba tartozik. A konjugált linolsav (CLA) a linolsav izomerek csoportja, konjugált helyzetben tartalmaznak két kettős kötést (általában 9,11,10,12). A kettős kötések lehetnek cisz, illetve transz konfigurációjúak (Ha és mtsai, 1987).

A 3 PUFA család közül az n-9 család tagjait az állati szövetek képesek szintetizálni, azonban az omega (n) 3 és 6 család kiindulási vegyületei (linolsav és az ω -linolénsav, vagy prekursorok hiányában azok származékai) az élő szervezet által nem szintetizálhatóak a szükséges deszaturázok hiánya miatt, ezért táplálkozási, takarmányozási szempontból esszenciális zsírsvavaknak (essential fatty acid, EFA) tekintjük őket (Fischer, 1989; Mayes, 1996).

A zsírsvavak esszenciális jellegét először Burr és Burr írta le 1929-ben. Szintén Burr és Burr (1930) által patkányokon végzett kísérlete bizonyította a zsírsvav szükségességét, pozitív hatását: alacsony zsírsvav tartalmú takarmánnyal etetett patkányok fejlődése visszamaradt, ovulációs zavarok léptek fel, amelyek linolsav

és α -linolénsavban gazdag takarmány etetésének hatására javulást mutattak. *Abayasekara és Wathes* (1999) szerint a zsírmentes takarmányozás esszenciális zsírsav hiányt vált ki, amely számos patofiziológiai hatást okozhat, többek között dermatitist, szaporodásbiológiai problémákat, papilláris nekrozist. A hiányos állapotban az n-3 és n-6 zsírsavak csökkenését, az n-9 zsírsavak felhalmozódását tapasztalták. Az n-3 és n-6 zsírsavak tehát alapvető funkciók ellátásért felelősek. A linolénsavból származó dokozahexaénsav (DHA 22:6n-3) például az agy fejlődésében és a látásban játszik fontos szerepet (*Innis*, 1991), míg a linolsav az eikozanoidok prekursora (*Kinsella és mtsai*, 1990), és nélkülözhetetlen az újszülöttek megfelelő fejlődéséhez (*Carlson és mtsai*, 1992). Az arachidonsav metabolizmusaként keletkező eikozanoidok (mint például: tromboxánok, prosztaglandinok) fontos szerepük van a vérnyomás szabályozásában (*Zahradnik és mtsai*, 1992) továbbá számos szaporodásbiológiai folyamat, többek között a peteérés, méh összehúzódás (*Mitchell és Phil*, 1990) során. A linolsav-hiányos takarmányozás a vér és a szövetek arachidonsav tartalmának csökkenését, ezáltal gyengébb növekedést eredményezhet (*Holman*, 1978). Számos növényi olajban megtalálható, mint például napraforgó-, repce-, lenmag és kukoricaolaj (*Sargent*, 1997). Az α -linolénsav legnagyobb mennyiségben a zöld levelű zöldségekben, fűben, lenmag-, és halolajban található, emellett a hal eredetű termékekben dokozahexaénsav és eikozapentaénsav is előfordul (*Neuringer és mtsai*, 1988; *Sargent* 1997). Az említett zsírsavakat (linolsav, linolénsav) a magasabb rendű állati szervezetek, közöttük a kérődzők sem képesek szintetizálni, azonban létfontosságú szerves vegyületek, így a táplálékkal, takarmánnyal szükséges biztosítani a szervezet számára. Az arachidonsav már nem tekinthető esszenciálisnak, mivel a linolsavból a szervezet képes előállítani (*Bezard és mtsai*, 1994; *Zsinka*, 1997). Az állati takarmányozás során a zsírsavforrásként szolgáló leggyakrabban etetett növény és olajosmag a napraforgó, a lenmag, a gyapotmag, a repce és a szójabab. Mindegyik zsírforrás biológiai tulajdonságát nagymértékben meghatározza a bennük lévő telítetlen kettős kötések száma és azok elhelyezkedése, a zsírsavak összetétele (1. táblázat).

3. Zsíriégésztés alkalmazása

A gazdasági állatok közül a kérődzők takarmánya döntően telítetlen zsírsavakat tartalmaz, a takarmányban lévő zsírok azonban a bendőben módosulhatnak. A bendő mikroorganizmusainak aktivitása révén a trigliceridek, foszfolipidek, galaktolipidek glicerinvázáról zsírsavak szabadulnak fel. Ennek következtében a felszabadult zsírsavak kettős kötéseinek egy része csökken, az izomerek helyzete változik, így a szövetek, a vér és a tej telített zsírsavakban gazdaggá válik. A folyamatot a bendő zsírsav bihidrogénezésének hívjuk (*Ward és mtsai*, 1864; *Ashes és mtsai*, 1992). A faggyú, valamint a telített zsírsavak kalciumsóinak nagy része a bihidrogénezés során beépül a zsír szövetbe és a tejbe, a telítetlen zsírsavak megközelítőleg 85%-a és a telített zsírsavak 15%-a szívódik fel a vékonybélben, így befolyásolva a zsírok vékonybélben, majd a kérődzők vérében történő szállítását (*Doreau és Cilliard*, 1997; *D'Mello*, 2000).

A szövetek, vér, a tej telítetlen zsírsav tartalmának növelése érdekében bendővédett (by-pass) zsírsavak etetése szükséges. *Süli és mtsai* (2018) többek között full fat lenmag kiegészítéssel, mint természetes n-3 zsírsavforrással növelték a

1. táblázat:

Egyes takarmányok zsírsvetösszetétele

Zsírforrás (1)	Zsírsvetavak (2)					
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
	Palmitin- sav (3)	Palmitinolaj- sav (4)	Sztearinsav (5)	Olajsav (6)	Linolsav (n-6) (7)	Linolénsav (n-3) (8)
Repceolaj (9)	4 ^a 4,5 ^b	< 1 ^a 0,3 ^b	2 ^a 1,3 ^b	63 ^a 58 ^b	19 ^a 24 ^b 20,5 ^c	9 ^{a,b} 9,8 ^c
Gyapotmag-olaj (10)	23 ^a 22 ^b	< 1 ^a 2 ^b	3 ^a 5 ^b	18 ^a 19 ^b	54 ^a 50 ^b	1 ^a 0 ^b
Lenmagolaj (11)	5 ^a 7 ^b	1 ^a 0 ^b	3 ^a 4 ^b	20 ^a 18 ^b	16 ^{a,c} 14 ^b	55 ^a 58 ^b 53 ^c
Extrudált lenmag (12)	7,6 ^a		5,2 ^a	20 ^a	14,5 ^a	51,3 ^a
Repceolaj (13)	5 ^a	< 1 ^a	2 ^a	54 ^a	22 ^a	11 ^a
Sáfrányolaj (14)	7 ^a	< 1 ^a	2 ^a	12 ^a	78 ^a	< 1 ^a
Szójababolaj (15)	11 ^a 10 ^b	< 1 ^a 0 ^b	4 ^{a,b}	23 ^a 21 ^b	54 ^a 56 ^b 53 ^c	8 ^{a,b} 7,4 ^c
Napraforgó-olaj (16)	7 ^{a,b}	< 1 ^a 0 ^b	5 ^{a,b}	19 ^a 23 ^b	68 ^a 63 ^b 65 ^c	1 ^{a,b} 0,3 ^c
Halolaj (17)	16 ^a	8 ^a	3 ^a	12 ^a	1 ^a 1,2 ^c	2 ^a 0,6 ^c
Faggyú (18)	25 ^a	3 ^a	18 ^a	43 ^a	3,8 ^a	< 1 ^a

^aThatcher és Staples (2007); ^bKralovánzsky és Mathné (1994); ^cTóth és mtsai (2021) nyomán

Table 1: Fatty acid composition of some feed sources

fat source (1); fatty acid (2); palmitic (3); palmitoleic (4); stearic (5); oleic (6); linoleic (7); linolenic (8); canola oil (9); cottonseed oil (10); flaxseed oil (11); extruded linseed (12); rapeseed oil (13); safflower oil (14); soybean oil (15); sunflower oil (16); fish oil (17); tallow (18)

nyersterj α -linolénsav arányát, nagyüzemi, intenzív technológiai rendszerben. A bendő biohidrogénezésétől védett zsírok növelésével a plazma progeszteron koncentrációja növelhető (Lopes és mtsai, 2009), ami pozitívan hat a vemhesülési arányra (Santos és mtsai, 2008). A biohidrogénezésnek részben ellenálló zsírkiegészítőkkel, a zsírok, olajok védelme érdekében kémiai (hosszú szénláncú zsírsvetavak kalciumsói) vagy fizikai (hőkezelés) eljárásokat alkalmaznak (Palmquist és Jewans, 1980; Ashes és mtsai, 1996; Mattos és mtsai, 2000).

3.1. A takarmány energiatartalma és a vemhesülési arány

Egyre több kísérletet végeznek tehének lipidekkel való etetésével, vizsgálva azok szaporodásbiológiai mutatókra, immunitásra és egészségre gyakorolt hatását. A kérődzők szaporodásbiológiai teljesítménye erősen energiatartalomtól függő folyamat.

Az ellést követően energiahányos állapot, acikliás petefészek működés jellemző, amelynek jó minőségű, illetve megfelelő mennyiségű energiadús takarmánnyal történő javítása kulcsfontosságú (Otto és mtsai, 2014a).

A tejelő szarvasmarhák takarmányadagjához adott zsírsavkiegészítés általában növeli a takarmányadag energiataralmát, ezzel csökkentve az energiahányos állapotot, hozzájárul a laktáció és a szaporodásbiológiai teljesítmény javulásához (Funston, 2004; Keresztes és mtsai, 2007), valamint csökkenthetők a katabolikus folyamatok, elkerülve ezáltal a máj elzsírosodását és a ketózis előfordulását, csökkenthető az involúciós idő és javítható a vemhesülési arány (Stockdale, 2001). A telítetlen zsírsavak hozzájárulhatnak a prosztaglandin, illetve szteroid hormonok (ovariális) szintéziséhez, ezáltal pozitívan befolyásolva a vemhesülés valószínűségét is (Staples és mtsai, 1998). A laktáció elején adott többlet energia azonban nem eredményez jelentős javulást a csökkent szárazanyag felvétel, és a csökkent emészthetőség miatt (Santos és mtsai, 2008). Az energiahányos állapot során alacsonyabb a luteinizáló hormon (LH) termelés, amely hatással van a tüszők fejlődésére, valamint hormontermelésére egyaránt, ezáltal a ciklus elhúzódhat, illetve ciszták is kialakulhatnak (Canfield és Butler, 1990; Beam és Butler, 1997). Ghasemzadeh-Nava és mtsai (2011) súlyos negatív energiaegyensúlyból fakadó gyenge szaporodásbiológiai teljesítményt mutató tehenek takarmányadagjához zsírpótlásként halolajat, illetve szójaolajat adtak, amelynek hatását vizsgálták többek között a petefészek működésére és a prosztaglandin szekrécióra. Ivarzás szinkronizációt követően a következő ciklus 12. napján PGF2 α , majd a 19. és 20. napján ösztadiol-benzoát injekció beadása történt. A vérvételek a ciklus 6., 10., 12. és 14. napján történtek. A tüszők száma, a sárgatest mérete és a plazma ösztadiol, progeszteron koncentrációja minden kezelés során hasonló volt. A legnagyobb tüsző mérete azonban szignifikánsan nagyobb volt azoknál a teheneknél, amelyek halolajat vagy szójaolajat tartalmazó takarmányt fogyasztottak.

3.2. Follikuláris és luteális szakasz

A progeszteron és a prosztaglandin hormonok rendkívül fontos szerepet játszanak a szaporodásbiológiai folyamatok szabályozásában. A takarmányban lévő linolsav, linolénsav és arachidonsav, eikozapentaénsav és a dokozahexaénsav növelheti, illetve csökkentheti a progeszteron és a prosztaglandinok szintézisét, különösen a PGF2 α -t a petefészekből és a méhből. Emellett hatással lehetnek a tüszőfejlődésre, az ovulációra, az embrionális beágyazódásra és a vemhesülésre is (Soydan és mtsai, 2017). Az ovulációt követően a vemhesség fenntartásáért a petefészekken kialakuló sárgatest progeszteron termelése felel, ezt követően a méhlepény - a megfelelő hormontermelése révén - veszi át a szerepet (Ball és Peters, 2004). A vérben lévő progeszteron mennyisége a takarmánnyal felvett energia függvényében változik (Escherich és Lotthammer, 1987). Az emelkedő progeszteron szint hatására az embrió korai fejlődéséhez szükséges tápláló és stimuláló anyagok termelődnek (Geisert és mtsai, 1992). A termelődő progeszteron mennyisége ezért meghatározó az embrió életben maradása szempontjából. Kísérletek során zsírkiegészítés hatására megnövekedett a koleszterin (szteroid hormonok, progeszteron, ösztrogén prekursora) (Grummer és Carroll, 1991; Ball és Peters, 2004) és az arachidonsav (a PGF2 α prekursora) koncentrációja a follikuláris

folyadékban (Elliot és Elliot, 2005). További kísérletekben vérkoleszterinszint növekedést tapasztaltak pálmaolajból (amely elsősorban telített zsírsavakat tartalmaz) származó hosszú szénláncú zsírsavak kalcium sóival (Ca-LCFA) kiegészített takarmányozás során (Hightshoe és mtsai, 1991; Espinoza és mtsai, 1995). A koleszterin a progeszteron szintézis fő prekürzora a sárgatestben (Childs és mtsai, 2008). Az arachidonsav nagyrészt az endometriumban és a sejtmembránokban tárolódik (Davies, 2008). A PGF 2α , progeszteron és az ösztrogén eltérő módon, de részt vesznek az ovulációban, az ivarzási ciklusban és a vemhesség fenntartásában (Ball és Peters, 2004; Campbell és mtsai, 2003; Field és Taylor, 2008). A PGF 2α és a PGE 2 prosztaglandinok, valamint arányuk változása jelentős hatással van a sárgatest regressziójára, az ellés megindulására (Senger, 2003; Hatvani, 2012), továbbá az ellést követő involúció folyamatára, illetve a petefészkek szabályozására (Földi és mtsai, 2006). Scott és mtsai (1995) tanulmányukban kimutatták, hogy hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavval (LC-PUFA) takarmányozott tehenek aktívabb petefészkek működést és kifejezettebb ivarzási tüneteket mutatnak, továbbá eredményeik alapján kevesebb exogén PGF 2α volt szükséges az ivarzásindukcióhoz. Robinson és mtsai (2002) lenmag, illetve szójabab kiegészítés hatását vizsgálták, amelyek közül a lenmag nagy koncentrációban tartalmaz linolénsavat (LNA, n-3), illetve a szójabab linolsavat (LA, n-6). Mindkét PUFA hatására csökkent a plazma progeszteronszint, kiemelten a korai luteális fázisban, továbbá nőtt a közepes méretű (5-10 mm átmérőjű) tüszők száma. Soydan és mtsai (2017) vizsgálatai során, n-3 zsírsavakkal való takarmányozás növelte a tejelő tehenek sárgatest átmérőjét és a progeszteron koncentrációját.

3.3. Zsírsavak hatása a vemhesülési arányra

A korai vemhesség idején magas eikozapentaénsav és dokozahexaénsav tartalmú (halliszt kiegészítés) vagy linolénsav-tartalmú (lenmag kiegészítés) takarmány csökkentette a PGF 2α -termelést és megnövelte a vemhesülési arányt. A magas linolénsavat tartalmazó takarmány a szárazon állásakor növelheti a placenta visszatartásának előfordulását, amelynek oka éppen a kisebb PGF 2α szint lehet, annak a méh simaizomzatára gyakorolt hatása miatt. A kiválasztott többszörösen telítetlen zsírsavak takarmány kiegészítése az ellés utáni időszakban potenciálisan javíthatja a tejelő tehenek termékenységet. Halliszttal (Armstrong és mtsai, 1990) illetve faggyúval (Son és mtsai, 1996) történő takarmány kiegészítés hatására kedvező termékenyülési arányt tapasztaltak. Sklan és mtsai (1991) zsírsavak Ca-szappanjaival (CSFA: palmitinsav, 48,1%; sztearinsav, 4,4%; olajsav, 40,2% és linolsav, 7,4%; Ca 8,2%) történő etetési kísérletükben szintén javuló vemhesülési arányt tapasztaltak a kiegészítés hatására emelkedett progeszteron koncentráció következtében. De Fries és mtsai (1998) beszámolója szerint a takarmányadagban 5,2% lipidet fogyasztó Brahman tehenek esetében magasabb vemhesülési arány volt megfigyelhető a 3,7% lipid-kiegészítést tartalmazó takarmányt fogyasztó állatokkal szemben. Bellows és mtsai (2001) vizsgálataikban megfigyelték, amennyiben az ellés előtti 65 napon pórsáfránymag (4,7% zsirtartalom), szójabab (3,8% zsirtartalom), illetve napraforgómag (5,1% zsirtartalom) kiegészítést kapnak az üszők, nő a későbbi vemhesülési arány a kontrollhoz képest (2,4% zsirtartalom).

Nagyobb mennyiségű (6,5%) zsírkiegészítéssel és jó minőségű takarmánnyal az ellést megelőző 68. napon viszont a vemhesülési arány nem mutatott jobb eredményeket a kontrollhoz (2,2% zsír) képest. *Petit és mtsai* (2001) jobb vemhesülési eredményeket tapasztaltak, linolénsavban gazdag lenmag etetésekor (87,5%), a palmitinsavban és olajsavban (n-9) gazdag pálmaolaj Ca-sóinak etetésével (50%) összehasonlítva. *Bilby és mtsai* (2006) szarvasmarha szomatotropin (bST) és zsírsavak hatását vizsgálták tejelő tehenek szaporodásbiológiai teljesítményére. Összehasonlították a gyapotmag kiegészítő lipidjeit tartalmazó izoenergetikus takarmányt a lipidben gazdag halolajjal dúsított kalciumsóival. A kísérletben többek között halolajat kapó bST-kezelt (500 mg) és bST-vel nem kezelt ciklusos teheneket vizsgáltak. A halolajjal történő takarmányozás növelte az 1. osztályú tüszők számát (2-5 mm). Az endometrium IGF-I mRNS-e csökkent a vemhes teheneknél, és csökkent a halolajjal takarmányozott teheneknél. A halolajjal etetett tehenek IGF-II mRNS koncentrációja emelkedett bST hiányában. Eredményeik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a halolaj módosítja a reproduktív válaszokat, ami előnyös lehet az embrió fejlődésre és a vemhesülési arányra. *Roszkos és mtsai* (2018) szintén halolaj kiegészítés hatását vizsgálták a termékenyítési indexre, vemhesülési arányra és a korai embrióelhalás arányára. Az eredmények alapján a kiegészítés javította a vemhesülési arányt, valamint a csökkentette a korai embrióelhalást. Szójaliszt részben történő (szárazanyag 3,5%-a) helyettesítése halliszttel (*Carroll és mtsai*, 1994) történő takarmányozás hatására csökkent a termékenyülési arány az első termékenyítést követően.

Ambrose és mtsai (2006) kísérletében lenmaggal (linolénsavban gazdag), illetve napraforgóval (linolsavban gazdag) kiegészített takarmány hatását vizsgálták a petefészek működésére, a korai embrió elhalásra, az implantáció hiányára tejelő tehenek esetében. A tüszők átlagos átmérője nagyobb volt a lenmaggal takarmányozott teheneknél, a napraforgóval takarmányozott tehenekhez képest (16,9 +/- 0,9 vs. 14,1 +/- 0,9 mm). A tüszőszám, a sárgatest mérete és a plazma progeszteron koncentrációjában nem mutatkozott változás. A korai embrió elhalás alacsonyabb volt a lenmaggal kiegészítésnél (9,8% vs. 27,3%). *De Veth és mtsai* (2009) konjugált linolsavval (transz-10, cisz-12 CLA) történő takarmányozási kísérlet sorozatokat vizsgáltak (metaanalízis vizsgálat), amelyek esetében az első ovulációig eltelt idő csökkenését tapasztalták, továbbá kimutatták, hogy a laktáció korai szakaszában a vemhesülés valószínűsége 26%-kal nő, ha a takarmányadagban 10 g/nap a linolsav mennyisége. *Csillik és mtsai* (2017) szintén az ellés és a következő ovuláció között eltelt idő csökkenését tapasztalták CLA (cisz-9, transz-11 és transz-10, cisz-12 CLA) kiegészítés hatására, amely magasabb poszt-ovulációs progeszteron emelkedést és jobb termékenységet eredményezett. CLA kiegészítéssel (63 g/nap lipidbe kapszulázott CLA: 7,1 g cisz-9, transz-11 és 2,4 g transz-10, cisz-12 CLA-t (CLA 75:25); vagy 76 g lipidkapszulázott CLA: 7,1 g cisz-9, transz-11 és transz-10, cisz-12 CLA (CLA 50:50)) (*Castañeda-Gutiérrez és mtsai*, 2007), továbbá 50 g cisz-9,transz-11 és transz-10, cisz-12 CLA-val (*Esposito és mtsai*, 2013) takarmányozott tehenek esetében megemelkedett az inzulinszerű növekedési faktor-I (IGF-I) plazmakoncentrációja. Hatására az ellés utáni első 12 hétben nagyobb a vemhesség valószínűsége azokkal az állatokkal szemben, amelyeknek a vérkeringésben lévő IGF-I szintje alacsonyabb. *Juchem és mtsai* (2010) pálmaolaj, illetve linolsavban és transz-oktadecénsavban gazdag kalciumsó (LTFA)

a proszttaglandin szintézisre gyakorolt hatását, az alapján a méh involúcióját és a vemhesülés arányát vizsgálták. Az LTFA-val takarmányozott első ellésű tehenek a proszttaglandin F2 α metabolitjának (PGFM, 13,14-dihidro-15-keto-PGF2 α) plazma koncentrációja magasabb volt, illetve jobb vemhesülés arányt figyeltek meg a termékenyítést követő 27. és 41. napon (37,9 vs 28,6%, illetve 35,5 vs 25,8%) a pálmaolaj kiegészítést kapó tehenekhez képest. *Fuentes és mtsai* (2008) extrudált lenmag etetésének hatását tanulmányozták egyebek mellett a proszttaglandin szekrécióra is. A proszttaglandin metabolit (PGFM, 13,14-dihidro-15-keto-prostaglandin F2 α) plazmakoncentrációja alacsonyabb volt a lenmag etetés hatására (106 pg/ml) a kontrollhoz (120 pg/ml) képest ($P = 0,16$), de a szaporodásbiológiai teljesítmény hasonló volt a kezeléseket között. *Zachut és mtsai* (2008) az ellés előtti időszakban bendővédett zsírkiegészítéssel adott linolsav és olajsav arányának hatását vizsgálva az ovulációs tüszők jellemzőire azt tapasztalták, hogy a preovulációs tüszők átmérője nagyobb volt a nagymértékben telítetlen zsírsavakkal (HUFA) takarmányozott, mint a kontroll takarmánnyal etetett teheneknél. A takarmány telítetlen zsírsavkiegészítéssel megnövelte a szteroid hormonok jelenlétét a preovulációs tüszőkben, ami előnyös lehet a petefészek működésére.

3.4. Petesejt és embrióminőség

Petit és mtsai (2008) zsírkiegészítés hatását vizsgálták tejelő tehenek embrióminőségére, valamint az embrióültetés sikerességére. Az n-3 zsírsavban gazdag takarmány rontotta a donor tehenek embrióinak minőségét a pálmaolaj kalciumsóival kiegészített takarmányozáshoz képest, de nem volt hatással az implantált 1-es stádiumú embriókat kapott üszők későbbi vemhességi arányára. *Cerri és mtsai* (2009) LTFA kiegészítés és pálmaolaj alkalmazásának hatását vizsgálták. Eredményeik alapján LTFA hatására javult az embriók minősége. Beszámolók (*Zeron és mtsai*, 2002; *Fouladi-Nashta és mtsai*, 2009) szerint az n-3 zsírsavak (például szójabab, lenmag és halolaj) hozzáadása a takarmányhoz pozitív hatást gyakorol a petesejtek érésére a follikuláris folyadék emelkedett zsírsavtartalmának révén (elengedhetetlenek a petesejt éréséhez). Arra a következtetésre jutottak, hogy a petefészek pufferelem a petesejteket a plazma n-3 és n-6 zsírsavak fluktuációinak hatásai ellen, amely csekély hatást fejt ki a fejlődési potenciálra. *Ponter és mtsai* (2012) lenmag (n-3) és szójabab (n-6) kiegészítés hatását tanulmányozták a petesejt minőségére és számára, valamint az embriók *in vitro* tenyésztésére. A kezelés nem befolyásolta a petesejtek jellemzőit (szám, minőség, megtermékenyített és osztódott (hasadt)), valamint az embrió jellemzőit (üzőnkénti szám és minőség) és az embrió fejlődési szakaszait. Valós idejű RT-PCR vizsgálat növekedett proszttaglandin E szintáz-1 expresszióját mutatta lenmagos kiegészítéssel etetett egyedeknél a szójababbal etetett üszőkhöz képest. *Gandra és mtsai* (2017) szintén lenmag és szójabab hatását vizsgálták a tüszők méretére és számára, a petesejt és az embrió minőségére, valamint a vér metabolitjaira az átmeneti időszakban és a korai laktáció során. Az n-3 és n-6 zsírsavban gazdag takarmánnyal etetett egyedeknél nagyobb volt a tüszőszám, mint a kontroll csoportban lévőknél. Nem volt különbség az n-3 és n-6 zsírsavban gazdag étrendek között a tüszők számát és méretét illetően. A petesejtek minősége hasonló volt takarmánytól függetlenül. Bár a zsírsavkiegészítés nem volt hatással az embrió minőségére (osztódott pete-

sejtek és életképes embriók száma), a szójabab kiegészítéssel etetett teheneknél alacsonyabb volt az életképes embriók száma a lenmaggal etetett tehenekekhez képest. A két zsírsavban gazdag takarmány emelte a frissen ellett tehének vérenek koleszterin koncentrációját, valamint a növelte tüszők számát. *Leroy és mtsai* (2013) korábbi kísérletükben bizonyították, hogy a takarmányhoz kiegészítésként adott zsírsavak hiperlipidémias állapotokat válthatnak ki, amelyek negatív hatást gyakorolhatnak az embrió fejlődésére és anyagcseréjére. *Albuquerque és mtsai* (2012) lenmaggal, illetve repcemaggal takarmányozott Nellore tehének szuperovulációs reakcióját, a termelést és az embrió minőségét, valamint a szezonális változások (négy évszakon keresztül) hatását vizsgálták az embrió előállításra. Eredményeik alapján szuperovulációs kezelésre reagáló tehének száma magasabb volt a téli időszakban (93,8%), mint nyáron (62,5%). A degenerált embriók átlagos száma magasabb volt a lenmaggal etetett teheneknél (2,48), a kontroll tehennel összehasonlítva (0,32).

3.5. Zsírsavak mennyisége és hatásuk

A zsírkiegészítők fajtája, aránya eltérő módon befolyásolja a szaporodásbiológiai funkciókat. Húsmarhák szaporodásbiológiai tulajdonságaira hatást gyakorló zsírsavforrásokat (napraforgó, a pórsáfrány, a gyapotmag, a szójabab) vizsgált *Funston* (2004) az ellést megelőző és azt követő időszakban, a nevelési időszakban és az üszők fejlődése során. A zsírra adott válaszreakciót a testtömeg és a kondíció pontszám, a borjúkori időszak, az ellést követő időszak, a vemhesülési arány, az első termékenyítés sikeressége, a két ellés közti időszak, az ellési nehézség, valamint a borjú születési és választási súlyának mérésével vizsgálta. Tapasztalatai alapján az állatok válaszreakciója a kondíció pontszámtól, az ellések számától, a takarmányban lévő táplálóanyagoktól és a kiegészített zsír típusától is függ. Szarvasmarhán és más emlősön végzett vizsgálat kimutatta, hogy a különböző típusú, változó, többszörösen telítetlen zsírsav tartalmú zsírok etetése megváltoztathatja a prosztaglandin szintézist, ennek következtében a petefészek tüszőinek számát és méretét, az ovuláció sebességét, a sárgatest progeszteron termelését, a luteolízis időpontját és vemhesség hosszát (*Abayasekara és Wathes*, 1999). *Dawod és mtsai* (2020) extrudált lenmag (650 g/kg) és extrudált szójabab (150 g/kg) takarmánykiegészítő hatását vizsgálták, amely során nem tapasztaltak kiemelkedő hatást első termékenyülési arányra, illetve a tőgygyulladás előfordulási arányára. *Bork és mtsai* (2010) lenmag kiegészítéssel végzett tanulmánya szerint a 850 g/tehen/nap lenmag nem befolyásolja a tejelő tehének szaporodásbiológiai teljesítményét.

A folyamatok működéséhez nem csupán a zsírsavak jelenléte, hanem az n-3 és n-6 zsírsavak megfelelő arányban történő biztosítása is elengedhetetlen, amelyre példa *Caldari-Torres és mtsai* (2006) kísérlete is. Vizsgálatukban n-6 zsírsavak jelenlétének hatására csökkent az endometriális szövetkultúrában (szarvasmarha) az n-3 zsírsavak PGF₂ α szintézis gátló hatása. A lipidkiegészítés megváltoztathatja a petesejtek, valamint az embrió mikrokörnyezetét. További kísérletek szerint az n-3 és n-6 többszörösen telítetlen zsírsavak megváltoztatják a tüszők növekedését, valamint a petefészekben és a méhnyálkahártyán végbemenő szteroid szintézist és prosztaglandin metabolizmust. Ezen kívül véleményük szerint az n-6 zsírsavak

gyulladás előidéző és így PGF2 α -stimuláló tulajdonságának köszönhetően pozitívan hat a korai ellés körüli időszakban, az n-3 zsírsavak kiegészítésként alkalmazva pedig csökkenthetik az említett gyulladásos folyamatokat, ezzel javítva az embrió túlélési esélyeit a termékenyítés körüli időszakban (Leroy és mtsai, 2013). Santos és mtsai (2008) kísérletük során arra a következtetésre jutottak, hogy az n-6 és n-3 zsírsavak figyelemreméltó hatást fejtenek ki a szarvasmarhák szaporodásbiológiai mutatóira, azonban több tapasztalat szükséges a megértéséhez vajon ezeket a hatásokat maguk a zsírsavak, vagy közvetve a bendő bihidrogénezése során képződő intermedierek fejtik ki. További tapasztalatok alapján az n-6 zsírsavak etetése a vemhesség késői és a laktáció kezdeti szakaszában fokozza a tüszők növekedését, javítja az embrió minőségét és segíti a vemhesség fenntartását. Az n-3 zsírsavval történő takarmányozás során a laktáció alatt csökken a prosztaglandin felszabadulás a méhből és javul az embrió minősége, valamint a vemhesség fenntartása.

4. Következtetések és javaslatok

A zsírkiegészítéssel történő takarmányozás és annak hatása a gazdasági állatok teljesítményére évtizedek óta foglalkoztatja a kutatókat és a gyakorlatban résztvevő szakembereket egyaránt. Ennek ellenére a mai napig eltérőek a zsírsavak hatását

2a. táblázat:

Egyes zsírsavak hatása a szaporodásbiológiai folyamatokra

Alkalmazott zsírsav / zsírsavforrás és dózisaik	Hivatkozott szerzők	Zsírsavak hatása
1,5% és 3% halolaj, illetve 1,5% és 3% szójababolaj	<i>Ghasemzadeh-Nava és mtsai (2011)</i>	Tüszőméret növekedés
2.0 mM olajsav	<i>Grummer és Carroll (1991)</i>	Koleszterin koncentráció növekedés a follikuláris folyadékban
34% Megalac (pálmaolaj Ca szappanja), 49% szójabab; 125 g Megalac; lenmag (60 és 80 g/kg, linolénsav), szójabab (120 és 160 g/kg, linolsav) és Megalac (24 és 32 g/kg)	<i>Hightshoe és mtsai (1991); Espinoza és mtsai (1995); Gandra és mtsai (2017)</i>	Vérkoleszterin szint növekedés
4,2% pálmaolaj Ca sója	<i>Scott és mtsai (1995)</i>	Aktívabb petefészek működés; erősebb ivarzás
240 g LinPreme (linolénsav) és 270 g SoyPreme (linolsav)	<i>Robinson és mtsai (2002)</i>	Plazma progeszteronszint csökkenés; közepes méretű (5-10 mm átmérőjű) tüszők számának növekedése
	<i>Soydan és mtsai (2017) (összefoglaló)</i>	Sárgatest átmérő és progeszteron koncentráció növekedés
63 g CLA (7,1 g cisz-9, transz-11 és 2,4 g transz-10, cisz-12 (CLA 75:25) és 76 g 7,1 g cisz-9, transz-11 és transz-10, cisz-12 (CLA 50:50); 50g linolsav (CLA)	<i>Castañeda-Gutiérrez és mtsai (2007); Esposito és mtsai (2013)</i>	Inzulinszerű növekedési faktor-I (IGF-I) plazmakoncentrációjának növekedése

Table 2a: Effect of fatty dietary acid on reproduction

2b. táblázat:

Egyes zsírsavak hatása a szaporodásbiológiai folyamatokra

Alkalmazott zsírsav/zsírsavforrás és dózisaik	Hivatkozott szerzők	Zsírsavak hatása
0,8 kg halliszt; CSFA: palmitinsav, 48,1%; sztearinsav, 4,4%; olajsav, 40,2% és linolsav, 7,4%; Ca 8,2%; 3% faggyú; pórsáfránymag (4,2%), szójabab (3,3%), napraforgó (4,5%); lenmag (17%, linolénsav)	<i>Armstrong és mtsai</i> (1990); <i>Sklan és mtsai</i> (1991); <i>Son és mtsai</i> (1996); <i>De Fries és mtsai</i> (1998); <i>Bellows és mtsai</i> (2001); <i>Petit és mtsai</i> (2001)	Javuló termékenyülési arány
2,2% mirisztinsav, 41% palmitinsav, 4,2% sztearinsav, 30,9% olajsav, 0,2% olajsav transz, 8,0% linolsav, 0,5% linolénsav, 0,4% arachidonsav, 2,0% eikozapentaénsav, 2,3% dokozaheptaénsav; lenmag (60 és 80 g/kg, linolénsav), szójabab (120 és 160 g/kg, linolsav) és Megalac (24 és 32 g/kg)	<i>Bilby és mtsai</i> (2006); <i>Gandra és mtsai</i> (2017)	2-5 mm-es tüszők számának növekedése
0,4 kb GlükoRep (halolaj, 30-30% EPA és DHA)	<i>Roszkos és mtsai</i> (2008)	Javuló vemhesülési arány; csökkenő korai embrióvesztés
9% lenmag	<i>Ambrose és mtsai</i> (2006)	Tüszők átmérőjének növekedése; csökkenő vemhességvesztés
konjugált linolsav (transz-10, cisz-12 CLA; Csillik: 70 g CLA (cisz-9,transz-11 és transz-10,cisz-12);	<i>De Veth és mtsai</i> (2009); <i>Csillik és mtsai</i> (2017)	Első ovulációig eltelt idő csökkenés; vemhesülés valószínűségének növekedése
linolsav és transz-oktadecénsav (2%)	<i>Juchem és mtsai</i> (2010)	Plazma PGFM koncentráció növekedés; javuló vemhesülési arány
2% pálmajolaj Ca sója és linolsav és transz-oktadecénsav (LTFA)	<i>Santos és mtsai</i> (2008); <i>Cerri és mtsai</i> (2009)	Embrióminőség javulás
olajsav (33,6%) és linolsav (30,5%)	<i>Zachut és mtsai</i> (2008)	Preovulációs tüszők átmérőjének növekedése; szteroid hormonok jelenlétének növekedése
linolénsav és linolsav (33%)	<i>Ponter és mtsai</i> (2012)	Prosztaglandin E szintáz-1 expressziójának növekedése
linolsav (50-100 µM)	<i>Caldari-Torres és mtsai</i> (2006)	n-6 zsírsavak jelenlétének hatására az endometriális szövetkultúrában n-3 zsírsavak PGF2α szintézis gátló hatásának csökkenése

Table 2b: Effect of fatty dietary acid on reproduction

vizsgáló kísérletek eredményei. Többek között az embrió- és petesejtminőségre, a vemhesülési arányra gyakorolt hatások továbbra is vita tárgyát képezik. Valószínűleg az alkalmazott különböző zsírforrások, azok mennyiségi eltérése, a kísérlet eltérő időtartama, illetve beállítási körülményei, a környezeti feltételek, az állatok eltérő egészségi állapota mind hozzájárul az eltérő eredményekhez és következtetésekhez.

Az ismertetett kísérletek eredményei alapján a megfelelő mennyiségű, minőségű, arányú, valamint optimális időben adott többszörösen telítetlen zsírsvav takarmány kiegészítőként alkalmazva, eltérő módon, mégis figyelemreméltó hatást gyakorolnak a szarvasmarhák szaporodásbiológiai folyamataira. Összességében tehát az állatok szaporodásbiológiai teljesítménye (Royal és mtsai, 2000; Royal és mtsai, 2003; Butler, 2003) zsírsvav kiegészítéssel javítható (Soydan és mtsai, 2017).

A különböző zsírsvavakkal történő takarmány-kiegészítés hatással van egyes szaporodásbiológiai folyamatokra (2. táblázat).

A máj által termelt inzulinszerű növekedési faktor (IGF-I) például kölcsönhatásban a hipofízisben termelődő növekedési hormonnal (GH) hatást gyakorol az anyagcsere folyamatokra, hozzájárulva a tüsző, a petesejt és embrionális fejlődéshez (Thomas és mtsai, 2007). A takarmányhoz kiegészítésként adott speciális zsírsvavak segíthetik az optimális szaporodáshoz és termékenységhez szükséges hormonális szabályozást. Az n-3 zsírsvavak jelentős hatást gyakorolnak többek között az ivarzási ciklusra, az ovulációra, az embriók túlélésére, az ellés és az ellések közötti intervallumra (Otto és mtsai, 2014a). A PGF2 α , progeszteron és az ösztrogén, limitáló faktoroknak tekinthetők, elengedhetetlenek az ovuláció, az ivarzási ciklus és a vemhesség fenntartása során. Az embrió túlélése érdekében a progeszteron szintézis fő prekursoraként a megfelelő koleszterinszint, ezzel kölcsönhatásban a progeszteron koncentrációjának fenntartása és a PGF2 α hormon termelődésének a gátlása szükséges (Mattos és mtsai, 2000; Inskeep, 2004; Childs és mtsai, 2008).

A vemhesség során az embrió egy jelet (interferon-tau) bocsát ki az anya felé, jelezve a jelenlétét (Campbell és mtsai, 2003), visszaszorítva ezáltal a PGF2 α hormon termelődését a sárgatest progeszteron termelése, ezzel pedig a vemhesség fennmaradása érdekében (Ball és Peters, 2004).

Az LH jelenléte rendkívül fontos a petefészektüszők fejlődésének és érésének utolsó szakaszában (Ball és Peters, 2004). Az agyalapi mirigyből történő LH szekréció energiafüggő folyamat, amely zsírpoótlással javítható (Funston, 2004), további kutatások azonban cáfolták (Staples és mtsai, 1998; Mattos és mtsai, 2000) a zsírpoótlással történő szekréció pozitív hatását.

5. Felhasznált irodalom

- Abayasekara, D. R. E. – Wathes, D.C. (1999): Effects of altering dietary fatty acid composition on prostaglandin synthesis and fertility. PLEFA, 61. 275–287. <https://doi.org/10.1054/plef.1999.0101>
- Albuquerque, K. P. – do Prado, I. N. – do Prado, R. M. – Cavallieri, F. L. B. – Rigolon, L. P. – Barbosa, O. R. (2012): Superovulatory response, production and quality of embryos of cows fed on linseed or canola seed supplemented diets. Acta Sci. Anim. Sci., 34. 321–327. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i3.13372>
- Ambrose, D. K. – Kastelic, J. P. – Corbett, R. – Pitney, P. A. – Petit, H. V. – Small, J. A. – Zalkovic, P. (2006): Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in ω -linolenic acid. J. Dairy Sci., 89. 3066–3074. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72581-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72581-4)
- Armstrong, J. D. – Goodall, E. A. – Gordon, F. J. – Rice, D. A. – McCaughey, W. J. (1990): The effects of levels of concentrate offered and inclusion of maize gluten or fish meal in the concentrate on reproductive performance and blood parameter of dairy cows. Anim. Prod., 50. 1–10. <https://doi.org/10.1017/S0003356100004414>

- Ashes, J. R. – St Vincent Welch, P. – Gulati, S. K. – Scott, T. W. – Brown, G. H. – Blakely, S. (1992): Manipulation of the fatty acid composition of milk by feeding protected canola seed. *J. Dairy Sci.*, 75. 1090–1096. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77853-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77853-9)
- Ball, P. J. H. – Peters, A. R. (2004): *Reproduction in cattle*. 3rd ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Beam, S. W. – Butler, W. R. (1997): Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol. Repr.*, 56. 133–142. [10.1095/biolreprod56.1.133](https://doi.org/10.1095/biolreprod56.1.133)
- Bellows, R. A. – Grings, E. E. – Simms, D. D. – Geary, T. W. – Bergman, J. W. (2001): Effects of feeding supplemental fat during gestation to first calf beef heifers. *Prof. Anim. Sci.*, 17. 81–89. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31602-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31602-8)
- Bezard, J. – Blond, J. P. – Bernard, A. – Clouet, P. (1994): The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. *Reprod. Nutr. Dev.*, 34. 539–568. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31602-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31602-8)
- Bilby, T. R. – Sozzi, A. – Lopez, M. M. – Silvestre, F. T. – Ealy, A. D. – Staples, C. R. – Thatcher, W. W. (2006): Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: I. Ovarian, conceptus, and growth hormone-insulin-like growth factor system responses. *J. Dairy Sci.*, 89. 3360–3374. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72373-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72373-6)
- Bork, N. R. – Schroeder, J. W. – Lardy, G. P. – Vonnahme, K. A. – Bauer, M. L. – Buchanan, D. S. – Shaver, R. D. – Fricke, P. M. (2010): Effect of feeding rolled flaxseed on milk fatty acid profiles and reproductive performance of dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 88. 3739–3748. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2841>
- Burr, G. O. – Burr, M. M. (1929): A new disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *J. Biol. Chem.*, 82. 345–367. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(20\)78281-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(20)78281-5)
- Burr, G. O. – Burr, M. M. (1930): On the nature and role of the fatty acids essential in nutrition. *J. Biol. Chem.*, 86. 587–621. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(20\)78929-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(20)78929-5)
- Butler, W. (2003): Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Liv. Prod. Sci.*, 83. 211–218. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00112-X)
- Caldari-Torres, C. – Rodriguez-Sallaberry, C. – Greene, E. S. – Badinga, L. (2006): Differential effects of n-3 and n-6 fatty acids on prostaglandin F2 production by bovine endometrial cells. *J. Dairy Sci.*, 89. 971–977. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72162-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72162-2)
- Campbell, J. R. – Kenealy, M. D. – Campbell, K. L. (2003): *Animal sciences, the biology, care, and production of domestic animals*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Canfield, R. W. – Butler, W. R. (1990): Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. *Dom. Anim. Endoc.*, 7. 323–330. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(90\)90038-2](https://doi.org/10.1016/0739-7240(90)90038-2)
- Carlson, S. E. – Cooke, R. J. – Werkman, S. H. – Tolley, E. (1992): A first year growth of preterm infants fed standard compared to marine oil n-3 supplemented formula. *Lipids*, 27. 901–907. <https://doi.org/10.1007/BF02535870>
- Carroll, D. J. – Hossain, F. R. – Keller, M. R. (1994): Effect of supplemental fish meal on the lactation and reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 77. 3058–3072. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77248-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77248-9)
- Castañeda-Gutiérrez, E. – Benefield, B. C. – De Veth, M. J. – Santos, N. R. – Gilbert, R. O. – Butler, W. R. – Bauman, D. E. (2007): Evaluation of the mechanism of action of conjugated linoleic acid isomers on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90. 4253–4264. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0117>
- Cerri, R. L. – Juchem, S. O. – Chebel, R. C. – Rutigliano, H. M. – Bruno, R. G. – Galvão, K. N. – Thatcher, W. W. – Santos, J. E. (2009): Effect of fat source differing in fatty acid profile on metabolic parameters, fertilization, and embryo quality in high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92. 1520–1531. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1614>
- Childs, S. – Lynch, C. O. – Hennessy, A. A. – Stanton, C. – Wathes, D. C. – Sreenan, J. M. – Diskin, M. G. – Kenny, D. A. (2008): Effect of dietary enrichment with either n-3 or n-6 fatty acids on

- systemic metabolite and hormone concentration and ovarian function in heifers. *Animal*, 2, 883–893. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002115>
- Csillik, Z. – Faigl, V. – Keresztes, M. – Galamb, E. – Hammon, H. M. – Tröscher, A. – Fébel, H. – Kulcsár, M. – Husvéth, F. – Huszenicza, Gy. – Butler, W. R. (2017): Effect of pre- and postpartum supplementation with lipid-encapsulated conjugated linoleic acid on reproductive performance and the growth hormone-insulin-like growth factor-I axis in multiparous high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 100, 5888–5898. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12124>
- Mello, J. P. F. (2000): *Farm animal metabolism and nutrition*. CABI Publishing.
- Davies, J. A. (2008): *Arachidonic Acid*. Editors: Enna, S. J. – Bylund, D. B.: *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference*. Elsevier, 1–4.
- Dawod, A. – Ahmed, H. – Abou-Elkhair, R. – Elbaz, H. T. – Taha, A. E. – Swelum, A. A. – Alhidary, I. A. – Saadeldin, I. M. – Al-Ghadi, M. Q. – Ba-Awadh, H. A. – Hussein, E. O. S. – Al-Sagheer, A. A. (2020): Effects of extruded linseed and soybean dietary supplementation on lactation performance, first-service conception rate, and mastitis incidence in Holstein dairy cows. *Animal*, 10, 436. <https://doi.org/10.3390/ani10030436>
- De Fries, C. A. – Neuendorff, D. A. – Randel, R. D. (1998): Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *J. Anim. Sci.*, 76, 864–870. <https://doi.org/10.2527/1998.763864x>
- De Veth, M. – Bauman, D. – Koch, W. – Mann, G. – Pfeiffer, A. – Butler, W. (2009): Efficacy of conjugated linoleic acid for improving reproduction: A multi-study analysis in early-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92, 2662–2669. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1845>
- Doreau, M. – Chilliard, Y. (1997): Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *Br. J. Nutri.*, 78, 15–35. <https://doi.org/10.1079/BJN19970132>
- Escherich, J. – Lottahammer, K. H. (1987): Individuell und managementbedingte Einflüsse auf den Erfolg von sterilitätsbehandlungen bei Rindern. *Zuchthygiene*, 22, 134.
- Espinoza, J. L. – Ramírez-Godínez, J. A. – Jiménez, J. A. – Flores, A. (1995): Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive activity in beef cows and growth of calves. *J. Anim. Sci.*, 73, 2888–2892. <https://doi.org/10.2527/1995.73102888x>
- Esposito, G. – Absalón Medina, V. A. – Schneider, A. – Gilbert, R. O. – Butler, W. R. (2013): Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on the metabolism and reproduction of dairy cows. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 43, S33–S37. <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i5.6>
- Field, T. G. – Taylor, R. E. (2008): *Scientific farm animal production, an introduction to animal science*. 9th ed. New Jersey Columbus: Pearson, Prentice Hall.
- Fischer, S. (1989): Dietary polyunsaturated fatty acids and eicosanoid formation in humans. *Adv. Lipid Res.*, 23, 169–198. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-024923-7.50008-X>
- Fouladi-Nashta, A. A. – Wonnacott, K. E. – Gutierrez, C. G. – Gong, J. G. – Sinclair, K. D. – Garnsworthy, P. C. – Webb, R. (2009): Oocyte quality in lactating dairy cows fed on high levels of n-3 and n-6 fatty acids. *Repr.*, 138, 771–781. <https://doi.org/10.1530/REP-08-0391>
- Földi, J. – Kulcsár, M. – Pécsi, A. – Huyghe, B. – De Sa, C. – Lohuis, J. A. – Cox, P. – Huszenicza, Gy. (2006): Bacterial complications of postpartum uterine involution in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 96, 265–281. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.006>
- Fuentes, M. C. – Calsamiglia, S. – Sánchez, C. – González, A. – Newbold, J. R. – Santos, J. E. P. – Rodríguez-Alcalá, L. M. – Fontecha, J. (2008): Effect of extruded linseed on productive and reproductive performance of lactating dairy cows. *JLST*, 113, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.005>
- Funston, R. N. (2004): Fat supplementation and reproduction in beef females. *J. Anim. Sci.*, 154–161. https://doi.org/10.2527/2004.8213_supplE154x
- Gandra, J. R. – Verdúrico, L. C. – Mingotí, R. D. – Takiya, C. S. – Gardinal, R. – Vendramini, T. H. A. – Barletta, R. V. – Visintin, J. A. – Rennó, F. P. (2017): Whole flaxseed, raw soybeans, and calcium salts of fatty acids supplementation for transition cows: follicle development and embryo quality. *Ital. J. Anim. Sci.*, 16, 538–545. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1302823>

- Geisert, R. D. – Short, E. C. – Zavy, M. T. (1992): Maternal recognition of pregnancy. *Anim. Repr. Sci.*, 28. 287–298.
- Ghasemzadeh–Nava, H. – Fatahnia, F. – Nikkhah, A. – Zamiri, M. J. (2011): Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian function and prostaglandin secretion in lactating dairy cows. *Intern. J. Vet. Res.*, 5. 129–135. <https://doi.org/10.22059/IJVM.2011.23111>
- Grummer, R. R. – Carroll, D. J. (1991): Effects of dietary–fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, 69. 3838–3852. <https://doi.org/10.2527/1991.6993838x>
- Ha, Y. L. – Grimm, N. K. – Pariza, M. W. (1987): Anticarcinogens from fried ground beef: heat–altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8. 1881–1887. <https://doi.org/10.1093/carcin/8.12.1881>
- Hatvani Cs. (2012): Petefészek rendellenességek előfordulásának gyakorisága, hatása a szaporodásra és kezelésének lehetőségei nagyüzemi tehenészetben. Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Nagyállattenyésztési és Termelés technológiai Tanszék. Kaposvár
- Hightshoe, R. B. – Cochran, R. C. – Corah, L. R. – Kiracofe, G. H. – Harmon, D. L. – Perry, R. C. (1991): Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive function in beef cows. *J. Anim. Sci.*, 69. 4097–4103. <https://doi.org/10.2527/1991.69104097x>
- Holman, R. T. (1978): Essential fatty acid deficiency in animals. In: *Rechigl, Jr M.* (Ed.) Handbook series in nutrition and food, Section E: Nutritional disorders. Vol. 2. CRC. Boca Raton: CRC Press, 491–514.
- Innis, S. M. (1991): Essential fatty acids in growth and development. *Prog. Lipid Res.*, 30. 39–103. [https://doi.org/10.1016/0163-7827\(91\)90006-Q](https://doi.org/10.1016/0163-7827(91)90006-Q)
- Inskeep, E. K. (2004): Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. *J Anim Sci.* 82., 13, 24–39. [10.2527/2004.8213_supplE24x](https://doi.org/10.2527/2004.8213_supplE24x)
- Juchem, S. O. – Cerri, R. L. A. – Villaseñor, M. – Galvão, K. N. – Bruno, R. G. S. – Rutigliano, H. M. – DePeters, E. J. – Silvestre, F. T. – Thatcher, W. W. – Santos, J. E. P. (2010): Supplementation with calcium salts of linoleic and trans-octadecenoic acids improves fertility of lactating dairy cows. *Repr. Dom. Anim.* 45., 55–62. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01237.x>
- Keresztes, M. – Faigl, V. – Márton, A. – Ihnáth, Z. – Kulcsár, M. – Mézes, M. – Husvéth, F. – Huszenicza, GY. (2007): A védett zsírokkal történő takarmány-kiegészítés hatása a kérődzők szaporodásbiológiai jellemzőire. Irodalmi áttekintés. *Magy. Állato. L.*, 129. 525–530.
- Kinsella, J. E. – Lokesh, B. – Broughton, S. – Whelan, J. (1990): Dietary polyunsaturated fatty acids and eicosanoids: Potential effects on the modulation of inflammatory and immune cells: An overview. *Nutrition*, 6. 24–44.
- Kralovánszky, U. P. – Mathné–Shill, J. (1994): Adatok a kendermag beltartalmi és használati értékeléshez. *Növényterm.*, 43. 439–446.
- Leroy, J. L. M. R. – Sturme, R. G. – Van Hoeck, V. – De Bie, J. – McKeegan, P. J. – Bols, P. E. J. (2013): Dietary lipid supplementation on cow reproductive performance and oocyte and embryo viability: a real benefit? *Anim. Reprod.*, 10, 258–267.
- Lopes, N. – Scarpa, A. B. – Cappellozza, B. I. – Cooke, R. F. – Vasconcelos, J. L. M. (2009): Effects of rumen–protected polyunsaturated fatty acid supplementation on reproductive performance of *Bos indicus* beef cows. *J. Anim. Sci.*, 87. 3935–3943. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2201>
- Mattos, R. – Staples, C. R. – Thatcher, W. W. (2000): Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev. Repr.*, 5. 38–45. <https://doi.org/10.1530/ror.0.0050038>
- Mayes, P. A. (1996): Metabolism of unsaturated fatty acids and eicosanoids. In: *Murray, R. K. – Granner, D. K. – Mayes, P. A. – Rodwell, V. W.* (Eds.) Harper’s Biochemistry, 24th ed. Connecticut: Appleton and Lange, 236–244.
- Mitchell, M. D. – Phil, D. (1990): Eicosanoids in Reproduction. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, United States.

- Neuringer, M. – Anderson, G. J. – Connor, W. V. (1988): The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. *Ann. Rev. Nutr.*, 8. 517–544. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.08.070188.002505>
- Otto, J. R. – Freeman, M. J. – Malau-Aduli, B. S. – Nichols, P. D. – Lane, P. A. – Malau-Aduli, A. E. O. (2014a): Reproduction and fertility parameters of dairy cows supplemented with omega-3 fatty acid-rich canola oil. *Ann. Res. Rev. Biol.*, 4. 1611–1636. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/7689>
- Palmquist, D. L. – Jewans, T. C. (1980): Fat in lactation: review. *J. Dairy Sci.*, 63. 1–14. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82881-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5)
- Petit, H. V. – Dewhurst, R. J. – Proulx, J. G. – Khalid, M. – Haresign, W. – Twagiramungu, H. (2001): Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fats. *Can. J. Anim. Sci.*, 81. 263–271. <https://doi.org/10.4141/A00-09>
- Petit, H. V. – Cavalieri, F. B. – Santos, G. T. D. – Morgan, J. – Sharp, P. (2008): Quality of embryos produced from dairy cows fed whole flaxseed and the success of embryo transfer. *J. Dairy Sci.*, 91. 1786–1790. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0782>
- Ponter, A. A. – Guyader-Joly, C. – Nuttinck, F. – Grimard, B. – Humblot, P. (2012): Oocyte and embryo production and quality after OPU–IVF in dairy heifers given diets varying in their n-6 / n-3 fatty acid ratio. *Theriogenology*, 78. 632–645. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.03.009>
- Robinson, R. – Pushpakumara, P. – Cheng, Z. – Peters, A. – Abayasekara, D. – Wathes, D. (2002): Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Repr.*, 124. 119–131.
- Roszkos R. (2018): A jövő energiahordozói a tejelő tehenek takarmányozásában II. *Agró Napló*, 12. 11. 46–48.
- Royal, M. – Darwash, A. – Flint, A. – Webb, R. – Woolliams, J. – Lamming, G. (2000): Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim. Sci.*, 70. 487–501. <https://doi.org/10.1017/S1357729800051845>
- Royal, M. – Pryce, J. – Woolliams, J. – Flint, A. (2002): The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production, and linear type traits in Holstein–Friesian dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 85. 3071–3080. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74394-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74394-4)
- Santos, J. E. P. – Bilby, T. R. – Thatcher, W. W. – Staples, C. R. – Silvestre, F. T. (2008): Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reprod. Dom. Anim.*, 43. 23–30. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01139.x>
- Sargent, J. R. (1997): Fish oils and human diet. *Br. J. Nutr.*, 78. 5–13. <https://doi.org/10.1079/bjn19970131>
- Scott, T. A. – Shaver, R. D. – Zepeda, L. – Yandell, B. – Smith, T. R. (1995): Effects of rumen-inert fat on lactation, reproduction and health of high producing Holstein herds. *J. Dairy Sci.*, 78. 2435–2451. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76872-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76872-2)
- Senger, P. L. (2003): Pathways to pregnancy and parturition. 2nd Ed. Current Conceptions Inc. Washington State University, Pullman, WA, USA.
- Sklan, D. – Moallem, U. – Folman, Y. (1991): Effect of feeding calcium soaps of fatty acids on production and reproductive responses in high producing lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 74. 510–517. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78198-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78198-8)
- Son, J. – Grant, R. J. – Larson, L. L. (1996): Effects of tallow and escape protein on lactational and reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 79. 822–830. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76430-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76430-5)
- Soydan, E. – Şen, U. – Şirin, E. (2017): Relationship between dietary fatty acids and reproductive functions in dairy cattle. *Turkish J. Agri. Food Sci. Tech.*, 5. 1575. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1575-1579.1271>

- Staples, C. R. – Burke, J. M. – Thatcher, W. W.* (1998): Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 81. 856–871. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75644-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75644-9)
- Stockdale, C. R.* (2001): Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions: a review. *Anim. Prod. Sci.*, 41. 823–839. <https://doi.org/10.1071/EA01023>
- Süli, Á. – Garipoglu, A. V. – Csapó, J. – Béri, B. – Vargáné Visi, É. – Jónás, E.* (2018): Dietary manipulation to increase the concentration of n-3 fatty acids in milk fat. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 16. 1553–1562. https://doi.org/10.15666/aeer/1602_15531562
- Thatcher, W. W. – Staples, R. C.* (2007): Using fats and fatty acids to enhance reproductive performance. *Proceedings of the 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference*. 115 Zimmermann, N.G., ed., University of Maryland, College Park, MD 20742. USA, 116–129.
- Thomas, F. H. – Campbell, B. K. – Armstrong, D.G. – Telfer, E. E.* (2007): Effects of IGF-I bioavailability on bovine preantral follicular development in vitro. *Repr.*, 133. 1121–1128. <https://doi.org/10.1530/REP-06-0382>
- Tóth T. – Bázár Gy. – Roszkos R.* (2021): Omega-3 zsírsavforrások előnye gyakorlati megközelítésben - Tenyésztések és malacok. *AgroNapló*, 4. 69–70.
- Ward, P. F. V. – Scott, T. W. – Dawson, B. A.* (1964): Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. *J. Nutr.*, 124. 556–565.
- Zachut, M. – Arieli, A. – Lehrer, H. – Argov, N. – Moallem, U.* (2008): Dietary unsaturated fatty acids influence preovulatory follicle characteristics in dairy cows. *Repr.*, 135. 683–92. <https://doi.org/10.1530/REP-07-0556>
- Zahradnik, H.P. – Schäfer, W. – Neulen, J. – Wetzka, B. – Gaillard, T. – Tielsch, J. – Casper, F.* (1992): The role of eicosanoids in reproduction. *Eicosanoids*, 5. 56–59.
- Zeron, Y. – Sklan, D. – Arav, A.* (2002): Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. *Mol. Rep. Dev.*, 61. 271–278. <https://doi.org/10.1002/mrd.1156>
- Zsinka, Á.* (1997): Zsírsavak a szervezetben - zsírsavak a táplálékban. *Táplálkozás - Anyagcsere - Diéta*, 2. 1. 10–15.

Érkezett: 2024. július

Szerzők címe: Balogh, E. – Varga-Balogh, O. – Kern, L. – Bodó, Sz. – Szabari, M.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus
Author's address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.
*levelező szerző, e-mail: balogh.eszter.erika@uni-mate.hu