

### A szabad zsírsav (FFA) meghatározásának lehetősége és jelentősége közép infravörös (MIR) spektrométerrel

Szakirodalmi cikkek alapján összeállította: Jankó Szilvia

Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft.

Ma már nem csak a tej táplálkozási értéke, hanem egyéb összetevőinek fiziológiai tulajdonságai is egyre inkább az érdeklődés középpontjába kerültek (*Miller et al, 2007*). Az emberi táplálkozásban a tej nagyon hangsúlyos szerepet tölt be a kalcium, fehérje, ásványianyag-tartalom szempontjából. Ezzel szemben a tejszír magasabb koleszterin- és a telített zsírsav-tartalma miatt - miszerint emiatt több a szív és érrendszeri megbetegedés (pl. szívinfarktus) - egyre több negatív megállapítással kerülnek szembe a fogyasztók. Az összetétel szempontjából a szarvasmarha tej hozzávetőleg 87% vizet, 4,6% laktózt, 3,4% fehérjét, 4,2% zsírt, 0,8% ásványi anyagokat és 0,1% vitaminokat tartalmaz (*Lindmark, 2003*). A tej összetétele folytonos változásokon megy keresztül például a tenyésztési, takarmányozási stratégiák váltásának köszönhetően, illetve a laktációs szakasznak és az időjárás szezonnak megfelelően (*Lindmark, 2003; Walstra et al, 1999*).

A tejszír mintegy 400 különböző zsírsavat tartalmaz, amelyek által a legösszetettebb természetes zsírnak számít. A tejszírnak 70%-a telített zsírsav, amelynek mintegy 11%-a rövid szénláncú zsírsavak közé tartozik, ezeknek pedig csaknem fele vajsav. A zsírsavak körülbelül 25%-a egyszeresen, 2,3%-a többszörösen telítetlen és körülbelül 2,7%-a transz (telítetlen, de stabil konfiguráció) zsírsavakból áll.

A szarvasmarha tej lipidjei főleg gömböcske, ún. 'olaj-a-vízben emulzió' formában vannak jelen. A tejszír legnagyobb részét, körülbelül 98%-át triglicerid alkotja, míg a fennmaradó 2%-ot diglicerid, koleszterin (kevesebb, mint 0,5%), foszfolipidek (körülbelül 1%), és szabad zsírsavak (FFA) (körülbelül 0,1) teszik ki (*Jensen, 1995*).

A tejben található zsírsavak majdnem egyenlő arányban két forrásból származnak: a takarmányból és a bendőben zajló mikrobiális folyamatokból. Emberi fogyasztás során elfogyasztott tej triglicerid molekuláit a szájüreg és gyomor lipáz enzimek bontják szét (*Parodi, 2004*). A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint a tej zsírtartalmát, illetve a zsír zsírsavprofilját a következő tényezők befolyásolják: takarmányozás, évszakhatás, laktációs szakasz, fajta, fejési körülmények (*Viszket, 2011*).

A tejben található közel 400 zsírsavból szinte mindegyik csak igen kis (1% alatti) mennyiségben van jelen és csak körülbelül 15 zsírsav van jelen 1%-os, vagy magasabb mennyiségben. A szarvasmarha tej zsírsav palettája igen széles, amelyet nagyon sok tényező befolyásol (*Jensen, 2002; Palmquist, 1993*). A kutatások alapján ezek a következők lehetnek: az állat származása, azaz genetikai tulajdonságai, a laktációs szakasz, esetleges tőgygyulladás, bendő fermentáció, illetve lehetnek a takarmányokra vonatkozó tényezők, azaz a kapcsolódó rost és energia-bevitel, továbbá szezonális és regionális hatások. 2001-ben Svédországban vizsgált tejek tejszírja zsírsavösszetételét tekintve 69,4% telített, és 30,6% telítetlen zsírsavat (*Lindmark-Månsson, 2001*) tartalmazott. A vizsgálatok kiderítették, hogy a tej telített zsírsav mennyisége nyáron a legalacsonyabb, amikor a tehének a szabadban legelnek, és a legmagasabb a tél során a beltéri etetés miatt. A legnagyobb mennyiségben előforduló zsírsav a palmitinsav, amely körülbelül 30%-át teszi ki az összes zsírsavmennyiségnek. A mirisztinsav és a sztearinsav aránya 11-12% (*Lindmark, 2001*). A tejben található zsírsavak 25%-a egyszeresen-telítetlen, ezen belül az olajsav fordul elő a legmagasabb arányban: az összes zsírsav 23,8%-a. A többszörösen telítetlen zsírsavak (ún. esszenciális zsírsavak) körülbelül 2,3%-át alkotják a teljes zsírsavtartalomnak. Ide tartozik a linolsav (omega-6 zsírsav), és  $\alpha$ -linolénsav (omega-3 zsírsav). Ezek nélkülözhetetlenek az emberi táplálkozásban, mert a szervezet nem tudja előállítani, ezért az ilyen zsírsavakat kívülről kell pótolni (Ezért ezeket „F-vitaminnak” is

nevezik). A tej és a kérődzők húsa az omega-3 zsírsav bevitelét illetően fontos forrás lehet az emberi étrendben, mint például Franciaországban, ahol ezek az állati termékek teszik ki az étrend mintegy 40%-át (<http://www.afssa.fr>, 2002). A vizsgálatok szerint a tej omega-6 és omega-3 zsírsavainak aránya 2,3:1 (Lindmark, 2003).

### A zsírsav meghatározása

A tejtermékek szabad zsírsav tartalmának meghatározása a bevezetőben részletezett tények miatt egyre érdekesebb téma manapság. A zsírsav meghatározásának legismertebb módja a gáz-folyadék kromatográf módszer, mely hatékony, de ezzel szemben nagyon hosszás, drága eljárás, mivel szakképzett munkaerőt és költséges vegyszereket igényel. Ezt figyelembe véve és ezen hátrányok kiküszöbölésére a tejtermékek szabad zsírsav tartalmának meghatározására a MIR (közép infravörös) spektrométer egy jó alternatíva lehet, aminek nagyon sok előnye van, mint például a gyors mintavizsgálat, könnyű alkalmazás, egyszerű kezelés. Egy 2007-es tanulmány célja a MIR spektrométer kalibrációjának kidolgozása volt, hogy mind tejben, mind tejtermékekben könnyen meghatározhatóvá váljon a szabad zsírsav. Ebben a témában a közép infravörös tartományon belül a 1000-5000  $\text{cm}^{-1}$  közötti hullámhossz érdekes, mivel ez a tartomány nagyon magas érzékenységet mutat a kémiai háttérre, mivel a molekuláris rezgések ebben a régióban fordulnak elő leginkább (Belton, 1997).

A MIR spektrométereket főként tejszír, tejfehérje, karbamid, és laktóz meghatározására alkalmazzák, de a módszer lehetővé teszi a szabad zsírsavak mérését is. Az eljárás ezáltal olyan jelző indikátorként működhet, amely meghatározza a szabad zsírsav koncentrációt, ezáltal lehetőséget nyújtva az egyedi szelekcióhoz, mely által a szarvasmarha tej tápértékének minősége javítható. 2005 április és június között 600 nyerstej mintát vettek 7 tenyészet 275 egyedétől (több fajtától: pl. fehér-kék belga, holstein, jersey, montbeliarde, normande). A minták fele reggeli, másik fele esti mintavételből származott. A mintákat MIR spektrométerrel analizálták és a generált spektrumokat egy adatbázisba gyűjtötték. A tejszírt kivonták és azt gáz kromatográfiaival vizsgálták. A kromatográfiai eredmények és a spektrális adatbázis adatai alapján egy speciális programmal kalibrációt állítottak fel és kalibrációs egyenest dolgoztak ki PLS\* regressziót alkalmazva (részleges legkisebb négyzetek módszere) a szabad zsírsav meghatározására. Megállapították a korrelációt a tejszír és a különböző, tejben lévő zsírsavak koncentrációi között. Az eredmények azt mutatták, hogy a kalibrációval a kaprinsav, laurinsav, mirisztinsav, palmitinsav, palmitolsav, olajsav, linolénsav mennyiségi meghatározására nagyon jól alkalmazható a MIR spektrométer. Vannak olyan zsírsavak, amelyek jelen vannak a tejben, viszont olyan kis mennyiségben, hogy ezzel a módszerrel nem határozható meg. Ettől függetlenül a MIR spektrométer nagyon jól alkalmazható erre a feladatra és az általa kapott vizsgálati adatok hasznos eszközei lehetnek a tejipari szektornak. Másik lehetséges alkalmazási területe a már említett egyedi szelekcióban lehet, azzal a céllal, hogy fejleszhető legyen a tej táplálóértéke.

A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint a tejelő tehenek takarmányadagjában alkalmazott zsírforrások (pl. hidrogénezett zsírok, olajok) nemcsak a tehenek tejtermelését, hanem a tej táplálóanyag tartalmát, illetve a tejszír zsírsav-összetételét is befolyásolják (Viszket, 2011). Amíg az optimális omega-6 és omega-3 zsírsavainak aránya 4:1 (vagy kevesebb), addig a mai amerikai és európai típusú étrendben ez 10:1 vagy akár a 30:1 arányt is elérheti. Éppen ezért fontos lehet olyan élelmiszerek fejlesztése, amelyekben az omega-3 zsírsavak nagyobb arányban fordulnak elő. Ennek egyik lehetősége például **az omega-3 zsírsavakban gazdag tej és tejtermékek előállítás**a, mivel ezek a mindennapi táplálkozás fontos részét képezik (Viszket, 2011). Ennek nyomán követésére kínál lehetőséget a MIR spektrometria módszere, mely lehetővé teszi a nyerstej zsírsav koncentrációjának rutinszerű megállapítását.

\*A részleges legkisebb négyzetek (partial least squares, PLS) módszere egy olyan módszer, mely a spektrumot és a referencia adatokat egyszerre modellezi. A változók számának növelésével egyre nagyobb mértékben írja le az adathalmaz változékonyságát. A módszer ezekre a változókra részleges kalibrációkat alkalmaz, amelyeket a művelet végén egy átfogó kalibrációs egyenletbe összegyűjt.