

# **DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**KAPOSVÁRI EGYETEM**  
**ÁLLATTUDOMÁNYI KAR**  
Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézet

Doktori iskola vezetője:  
Dr. Horn Péter  
az MTA rendes tagja

Témavezető:  
Dr. Romvári Róbert  
egyetemi docens

**FIZIKAI AKTIVITÁS ÉS A TAKARMÁNY ZSÍRFORRÁSAINAK**  
**HATÁSA A NYÚL IZOM ZSÍRSAVÖSSZETÉTELÉRE**

Készítette:  
Szabó András

Kaposvár

2004

## 1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A táplálkozástudomány folyamatos fejlődése kapcsán az állati eredetű termékek vizsgálatában egyre hangsúlyosabb szerepet kapnak a biokémiai, illetve az élettani szempontok. Miután állati termékek adják az összes zsírsavforrás több, mint a felét, azok összetétele igen fontos tényező, különös tekintettel bizonyos zsírsavak esszencialitására. Az izom zsírsavösszetétele meglepően nagy változatosságot mutat; jelen közelítésben mindenek előtt a fokozott fizikai aktivitás, valamint a takarmányozás ilyen irányú hatásait vizsgáltuk.

A kísérletek során alkalmazott emelt fizikai aktivitás és az elektromos kezelés eltérő céllal ugyan, de ismert módszerek. A rendszeres aerob terhelés membránlipidekre gyakorolt hatásai bizonyos mértékben ismertek, ugyanakkor az *in vivo* transcutan izomstimuláció ilyen irányú befolyása eddig nem vizsgált terület. A takarmányeredetű zsírsavak szöveti lipidekben való megjelenése szintén ismert jelenség, míg azok átépülési kinetikája kevésbé vizsgált folyamat.

A fentiek alapján két típusú (jellemzően aerob és anaerob) terhelési metodikát, valamint telített és telítetlen zsírsavkiegészítésű kísérleti takarmányok etetését alkalmaztuk. Kísérletes munkánk fő célkitűzéseit az alábbiakban foglaltuk össze:

- Rendszeres, alacsony intenzitású aerob tréning (futószalag (“treadmill”) gyakorlat) hatásának részletes elemzése nyúl vázizmának zsírsavösszetételére, komplex lipidekből, illetve izolált foszfolipidekből (strukturális lipidek) és trigliceridekből (“tároló lipidek”) meghatározva. A kezelések hatását az izom mellett vörösvértest membránon is vizsgálni kívántuk.
- Ugyanezen terhelési protokoll hatásának részletes vizsgálata, sorozatos mintavételekkel, szérum metabolitok és enzimek segítségével, különös tekintettel a zsírok és szénhidrátok anyagforgalmában történő arányváltozásra.
- Rendszeresen végzett transcutan elektromos izomstimuláció (anaerob, lokalizált terhelés) hatásának leírása nyúl vázizom zsírsavösszetételére, komplex lipidekből, valamint izolált foszfolipidekből és trigliceridekből meghatározva.
- Az izomstimulációs kezelési protokoll metabolikus hatásainak elemzése szérum klinikai-kémiai paraméterek alapján növendéknyulakban, sorozatos mintavételekre alapozva.
- Takarmánnyal bevitt, tisztán növényi eredetű telítetlen, illetve telített zsírsavak vázizomba történő beépülésének nyomonkövetése, valamint a takarmányváltást követő ún. átépülési (“remodeling”) folyamat jellemzése, teljes izom homogenizátumból vizsgálva.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat minden esetben Pannon Fehér baknyulakon végeztük. A kezelésekre négyhetes kortól (választástól) került sor. A kísérletekbe vont állatok számát, a mintavételek jellemzőit, illetve az egyes kísérleti célokat a következő táblázat tartalmazza.

kezelés	n	kor (hét)	minták	vizsgálat tárgya
treadmill	6 (x2)	4-8	m.longissimus dorsi, m. vastus lateralis, plazma	zsírsav összetétel teljes izomból, oxidatív stabilitás, vvt. membrán zsírsav összetétel, LDH
kontroll	6 (x2)			
treadmill	8	4-8	szérum, m. quadriceps femoris	szérum metabolitok és enzimek, heti mintavételekkel, vázizom foszfolipid és TG zsírsav összetétel
kontroll	8			
TENS	10 SAT + 10 UNSAT	4-8	m.longissimus dorsi	zsírsav összetétel teljes izomból, izom oxidatív stabilitás
kontroll	10 SAT + 10 UNSAT			
TENS	8	4-8	szérum, m. longissimus dorsi	szérum metabolitok és enzimek, heti mintavételekkel, izom foszfolipid és TG zsírsav
kontroll	8			
tak. zsírsavak be- és átépülése	30 SAT 30 UNSAT	8-9-12	m.longissimus dorsi	zsírsav összetétel teljes izomból, MDA, plazma lipidek

### 2.1. Aerob, treadmill terheléses vizsgálatok

Négyhetes periódusokban, minden esetben napi két alkalommal végeztünk treadmill kezelést, majd az utolsó alkalmat követően 24 órával próbavágtuk az állatokat. A késleltett mintavételt az indokolta, hogy kifejezetten nyugalmi értékek vizsgálatára, nem pedig akut hatások jellemzésére törekedtünk. Első beállításban a *m. longissimus dorsi* (m.l.d.) és a *m. vastus lateralis* (m.v.l.) teljes izom-homogenizátumából (komplex lipid) határoztuk meg a zsírsavösszetételt, azt követően pedig a *m. quadriceps femoris* (m.q.f.) vörös fejéből izolált PL és TG frakciók szelektív zsírsavprofil-elemzése történt meg.

A vérminták vizsgálatára hetenkénti mintavételeket végeztünk, hasonlóan négyhetes kezelés során. A klinikai-kémiai méréseinknél az alábbi paramétereket határoztuk meg vérszérumból: összfehérje, albumin, kreatinin, karbamid, triglicerid, össz- és HDL koleszterin, szabad zsírsav, alkalikus foszfatáz, alanin aminosztransferáz, aszpartát aminosztransferáz,  $\gamma$ -glutamil transzamináz, kreatin kináz, laktát dehidrogenáz és kortizol. A vörösvértest membrán vizsgálatát a négyhetes kezelés végén, a teljes vérmennyiségből végeztük.

## 2.2. Anaerob, izomstimulációs kezelések

A transcutan izomstimulációt, a treadmill kezelésekhez hasonlóan, naponta kétszer végeztük, a következő kezelési beállításokkal: 2 elektróda/állat, 20 perc/alkalom, 20 ms impulzushossz, 10 mA áramerősség, 30 Hz impulzusgyakoriság, 28 napos kísérleti időtartammal. Az öntapadó elektródákat a hosszú hátizom (m.l.d.) bal oldalán, az 1. és 4. lumbális csigolyáknál helyeztük fel, előbbi helyen a “+”, az utóbbin pedig a “-” pólust. Az izommintákat minden esetben a kezelt területről vettük, melyekből első közelítésben a teljes lipidtartalom, majd pedig frakcionált lipidek zsírsavösszetételét határoztuk meg. A vérminták elemzése során a treadmill kezeléssel megegyező mintavételi protokollt követtük, az összehasonlíthatóság érdekében.

## 2.3. Takarmányeredetű zsírsavak be- és átépülésének vizsgálata

A kísérletekben először jelentősen telített (SAT, hidrogénezett növényi olaj), illetve erősen telítetlen (UNSAT, napraforgóolaj) zsírsavösszetételű takarmányokat etettünk, 4-4 hétig, majd ezt követően takarmányváltást végeztünk mindkét csoportban. A takarmányváltáskor (8 hetes kor), illetve ezt követően 1 és 4 héttel vettünk m.l.d. mintákat. A zsírsavösszetételére átfogóbb jellemzésére minden esetben vérminták vételére is sor került (összlipid, össz- és HDL koleszterin, szabad zsírsav).

## 2.4. Laboratóriumi analízisek

A zsírsavprofil vizsgálatokat *Folch*-extrakcióra alapoztuk. A foszfolipid frakcionáláshoz alacsony nyomású oszlopkromatográfiás elválasztási módszert adaptáltunk izommintákra, a triglicerideket pedig a neutrális frakció vékonyrétegen történő tisztításával nyertük. Minden zsírsav-vizsgálatot kapilláris gázkromatográfiás elválasztással végeztünk, zsírsav metilészterekből.

A vérmintákat (szérum) automata analizátoron, speciális reagensok felhasználásával elemeztük.

## 2.5. Statisztikai elemzés

Mind a zsírsavprofil eredmények, mind pedig a vérminták csoportonkénti összehasonlítására kétmintás független *t*-próbát használtunk. A takarmányeredetű zsírsavak elemzésére többtényezős varianciaanalízist használtunk, a kor, mint kovariáns bevonásával. Az értékelést az SPSS 10.0 szoftverre alapoztuk.

### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. Rendszeres aerob treadmill terhelés

A treadmilen végzett, rendszeres aerob terhelésre a m.l.d. és a m.v.l. zsírsavösszetétel tekintetében azonos tendenciájú "reakciót" mutatott, amennyiben minden arányváltozás (sztearát, oleát és arachidonsav), izomtípustól függetlenül megegyező irányú volt. Ebben valószínűleg az is szerepet játszott, hogy a két vizsgált izom viszonylag magas arányban tartalmaz fehér, glükolítikus rostokat. Jelen eredmények ismeretében annyi kiegészítést érdemes tenni, hogy a terhelésnek való kitettség, illetve az egyes izmok bizonyosan eltérő lipolitikus aktivitása ugyanazon zsírsavak esetében kifejezettebb aránymódosulásokat idézett elő.

A m.q.f. foszfolipid frakciójának zsírsavprofiljában markáns arányemelkedést tapasztaltunk a  $\gamma$ -linolénsav és az eikozaénsav esetében. A tréning a foszfolipidekben elsősorban a többszörösen telítetlen zsírsavak arányát befolyásolta: az összes polién zsírsav részaránya csökkenő tendenciát mutatott, ami a telítetlenségi index csökkenésében is jelentkezett. A membránlipidekkel ellentétben ugyanazon izom triglicerid frakciójában csak az arachinsav és a nervonsav mutatott igazolható szintű arányváltozást.

A szérumból történt sorozatos mérések alapján az LDH aktivitás-csökkenése szervezet-szintű adaptációra utalt, a terhelésnek kitett nyulakban. A szérum metabolitok közül a szabad zsírsavakat szállító albumin, a fokozott izommunkát tükröző kreatinin, valamint a triglicerid igazolhatóan magasabb koncentrációt mutatott a rendszeresen terhelt csoportban. Ezzel szemben sem a testtömeg, sem a takarmányfogyasztás nem tért el jelentősen a kontroll csoporttól. Az aerob terhelés a vörösvértest membránjában nem idézett elő mérhető módosulást. A szérum albumin magasabb koncentrációja, valamint az alacsonyabb nyugalmi szérum szabad zsírsav koncentráció egyértelműen utalt az oxidatív anyagcsere fokozódására. Mindemellett az enzimikus reakció viszonylag csekély volt, bár tendenciáját tekintve ugyanezen változást támasztotta alá. A kontroll és a kezelt csoport nyugalmi szérum kortizol szintje nem különbözött igazolható mértékben, a fent említett változások ennek megfelelően főleg a terhelés hatásainak tulajdoníthatók, nem pedig additív stressznek.

#### 3.2. Transcutan elektromos izomstimuláció

Eredményeink szerint az erősen lokalizált elektromos kezelés elsődlegesen anaerob jellegű anyagcserével jellemezhető. A komplex lipidek zsírsavprofiljában tapasztalt módosulások irodalmi adatokkal összevetve krónikus terheléses beállításra jellemzőek, bár a rendszeres miostimuláció izom-zsírsavprofilra gyakorolt hatásait eddig csak *in vitro* vizsgálatokban elemezték. Ezzel szemben, amikor a takarmányeredetű zsírsavak

között nagyobb arányban szerepeltek mesterségesen telített, illetve nagy valószínűséggel transz kettős kötésekkel (hidrogénezett növényi olaj, SAT takarmány) is rendelkezők, ez egyfajta atipikus intermedier anyagcserét idézett elő. Bár irodalmi adatok arra utalnak, hogy a transz zsírsavak anyagcseréje azonos a telített zsírsavakéval, jelen kísérletek alapján valószínű, hogy a transz zsírsav-izomerek a szintetikus folyamatokat bizonyos mértékben képesek blokkolni.

A m.l.d. foszfolipid frakciójának zsírsavprofiljában eltérő irányú palmitát-palmitoleát arányváltozást, valamint a linolsav és a  $\gamma$ -linolénsav aránycsökkenését tapasztaltuk, rendszeres elektromos stimulációt követően. Érdekes módon a kezelés hatására a C20 zsírsavak közül különösen a többszörösen telítetlenek (arachidonsav, EPA, DHA) aránynövekedése volt tapasztalható, valószínűleg erre vezethető vissza a telítetlenségi index határozott emelkedése is. Emellett a  $\Delta 5$  deszaturáz becsült aktivitása is emelkedett. A kezelés tehát egyértelműen a membrán telítetlenségének fokozódásához vezetett.

Az izom-trigliceridek zsírsavösszetételében leírt változások egyező tendenciájúak voltak más emlősökben terhelés alatti plazma szabad zsírsav arányokban leírtakkal, ami arra utal, hogy az intramuscularis TG-ből történő mobilizáció (zsírsav-hidrolízis) során az adiposa szövetrel megegyező zsírsavspecifitás állhat fenn.

A vérminták elemzése során a szérum albumin és a triglicerid koncentrációváltozás arra utalt, hogy jelentősebb arányváltozás valósult meg az energiaadó szubsztrátok sorrendjében. Az enzimatis "válasz" a metabolitokkal ellentétben viszonylag kis mértékű volt. A LDH aktivitása - a treadmill kezeléssel azonos módon - a rendszeres terhelésnek kitett nyulakban volt jelentősen alacsonyabb. A fent említett koncentráció- és aktivitásváltozások arra utalnak, hogy a triglicerid és szabad zsírsav frakciók még az erősen lokalizált, külsőleg indukált izommunka esetén is előtérbe kerülnek, mint energia-szolgáltató szubsztrátok.

### *3.3. Takarmányeredetű zsírsavak be- és átépülése*

Az m.l.d. komplex lipidjeinek zsírsavösszetétele igen hatékonyan módosítható volt olyan takarmányokkal, melyek zsírsavprofilja erősen eltérő telítettségű. Növendék nyulakban ez négy hét alatt statisztikailag igazolható mértékben megvalósíthatónak bizonyult. A telített vagy telítetlen zsírsavakkal "prekondicionált" nyulakban a takarmányváltást követő időszakban erős zsírsav-átépülés ("remodeling") zajlott. Ebben a periódusban számos zsírsav esetében a beépülési kinetika lineáris modellel volt jellemezhető. A prekursor-termék zsírsavpárok kapcsolt elemzése, illetve a becsült enzimaktivitás mutatók (deszaturázok, elongáz) egyértelműen jelezték az emlős zsírsavszintézis enzim-mediált folyamatait. A sztearát-oleát, linolsav-arachidonsav és az  $\alpha$ -linolénsav-EPA párok eredményei alapján úgy tűnik, a prekursor relatív többlete nem okozza a termék zsírsavak arányának növekedését. Ugyanakkor a prekursor

viszonylagos hiánya érzékenyen tükröződik a termék-zsír-sav arányában, míg kevésbé annak szöveti részarányában. A sztearát-oleát pár esetében, ahol közvetlen az enzimatis kapcsolatot, a  $\Delta 9$  deszaturáz aktivitásának fokozódása jelezte az oleát endogén szintézisének aktiválódását.

A plazma összlipid korfüggő koncentráció-növekedést mutatott mindkét kezeléskombinációban, ami a plazma triglicerid esetében is megállapítható volt. Az összkoleszterin koncentrációt a telítetlen takarmányra történő áttérés szignifikánsan, de csak ideiglenesen csökkentette, miután ismét annak bizonyos korfüggő emelkedése.

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az izom lipidjeinek összetétele mind élettani, mind táplálkozási szempontból fontos jellemző. A disszertációban foglalt kísérletsorozat arra irányult, hogy e tulajdonság módosítási lehetőségeit tárja fel. Célunk volt ugyanakkor az alkalmazott kezelések általánosabb, metabolikus hatásainak elemzése is. Az alkalmazott terheléses vizsgálatok esetében fontos hangsúlyozni, hogy modell-kísérleteket végeztünk.

A **rendszeres, alacsony intenzitású fizikai** terhelés izom-lipidekre gyakorolt hatása elsősorban alkalmazott sportélettani vizsgálatok nyomán ismert. E tekintetben a nyúl megfelelő modell-állatnak tűnik, tekintettel a korábbi vizsgálatok (pl. patkány, ember) és a jelen nyúl-kísérletek eredményeinek jelentős hasonlóságára. Mind az izom **teljes lipidtartalma**, mind pedig a **frakcionált izom-lipidek** esetében a saját kísérletekben indukált változások más emlős fajokon leírt eredményekkel összevethetőnek bizonyultak. Eredményeinkből kitűnik, hogy a telített és a monén zsírsavak arányváltozásai elsősorban a TG frakcióra jellemzők, míg a polién zsírsavak főleg a PL frakcióra utalnak. A rendkívül kézimunka- és költségigényes szelektív analízisek eredményei azonban első közelítésben egyszerűbb, ugyanakkor még mindig nagyműszeres módszerekkel (kapilláris gázkromatográfia) bizonyos mértékben mintegy “előrejelezhető”.

Az **elektromos miostimuláció** hatásainak viszonylag részletes elemzését főképp annak számos területen történő alkalmazása indokolta. A külsőleg indukált kontrakciók izomra gyakorolt hatásai mellett a szervezetszintű adaptáció a szérumszintű mérések segítségével nyomonkövethetőnek bizonyult. A rendszeres miostimulációt ezek alapján úgy értelmeztük, mint a tréning egy sajátos formáját. Mind az izom teljes lipidtartalma, mind pedig a frakcionált lipidek elemzéseinek eredményei arra utalnak, hogy a rendszeres miostimuláció a treadmill gyakorlathoz hasonló, ugyanakkor annál intenzívebb hatást gyakorol az izom-lipidekre. Ezek közül különösen a strukturális lipidek összetétel-változásai voltak kifejezetten, ami közvetlenül utal a TG és a PL frakciók zsírsav-anyagforgalmában fennálló jelentős eltérésekre.

Amennyiben a fizikai terhelés általunk alkalmazott két formáját **takarmányozási kezeléssel** is kombináljuk, úgy egyértelműen erősebb takarmány-hatással kell számolni. A telített, illetve telítetlen zsírsavak etetése olyan markáns hatású volt a vázizmok teljes lipidtartalmából meghatározott zsírsavprofiljára, hogy a treadmill terhelés hatása gyakorlatilag nem volt kimutatható.

A **terheléses metodika és a takarmányozás együttes alkalmazása** során figyelembe kell venni, hogy a hidrogénezett növényi olaj etetése nyomán nagy valószínűséggel transz konfigurációjú kettős kötést tartalmazó zsírsavak bevitele is előfordul. Amennyiben *Privett és mtsai (1977)* korai eredményeire hagyatkozunk e tekintetben, úgy el kell fogadnunk, hogy a transz zsírsavak intermedier anyagcseréje bizonyos mértékben gátolt, bár azok beépülése a szöveti lipidekbe igen hatékony.

Fontosnak tartjuk a terheléses vizsgálatok során a **stressz-faktor** lehetőség szerinti csökkentését, ami patkányban bizonyítottan befolyásolja pl. a szívizom PL zsírsavprofilját. Saját kísérleteink során a treadmill és a miostimulációs vizsgálatokat elemeztük ilyen aspektusból (szérum kortizol koncentráció meghatározás). Az eredmények alapján úgy ítéljük meg, hogy az alkalmazott terheléses metodikák nem okoztak jelentősebb stresszt. Ennek megfelelően mind a szöveti lipidek összetétel-változásai, mind pedig a CK és LDH aktivitásváltozások egyértelműen a tréningnek tulajdoníthatók.

A lipidek összetételével szoros kapcsolatban álló **oxidatív stabilitás** elemzése arra hívja fel a figyelmet, hogy a tréning jelentősebben képes emelni az antioxidáns kapacitást. E mutatók értelmezése során kiemelt figyelmet érdemelnek a takarmány útján felvett antioxidatív hatású szubsztrátok (E vitamin). A fokozott oxidatív stabilitás valószínű a rendszeres oxidatív jellegű terhelés következményeképpen alakult ki.

A **takarmányozási kísérlet** során figyelembe kellett vennünk, hogy Európa számos országában a növényevők nem fogyasztanak állati eredetű takarmánykomponenseket. Saját kísérletünk szempontjából ennek előnye is volt: miután az arachidonsav növényekben nem kimutatható, így későbbi kísérletünkben, növényi olaj etetése mellett jól jellemezhető volt a szöveti linolsav-arachidonsav viszony. Miután csak a prekursor zsírsav bevitelével kellett számolnunk, így az arachidonsav csak e forrásból származhatott.

A takarmányozási kísérletekben figyelembe kell venni, hogy a **takarmány** pontos, akár mikrokomponens szintű **összetételének** ismerete sem nélkülözhető. A takarmány zsírsavgarnitúrájának meghatározása megmutatja, volt-e esetleges állati eredetű összetevő a takarmányban. Az arachidonsav jelenléte informatív lehet e tekintetben. Ugyankor az oxidatív stabilitás kapcsán a takarmányokban alkalmazott zsírforrások E vitamin tartalma sokkal erősebben befolyásolta az izmok oxidatív stabilitásra utaló tulajdonságait. Miután a takarmánnyal felvett antioxidánsok gyakorlatilag elfedték a



bevitt zsírsavak "tisza" hatásait, úgy tűnik, a következő kísérletekben erre fokozottan kell ügyelni.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az alkalmazott analitikai módszerek és kísérleti beállítások megfelelőek a célkitűzésben megjelölt kérdések érdemi vizsgálatára.

## 5. ÚJ KUTATÁSI EREDMÉNYEK

1. A kísérleti eredmények megmutatták, hogy az eltérő intenzitású fizikai terhelések során az egyes lipidfrakciók zsírsavai hogyan vesznek részt az izomszövet energia ellátásában, illetve az eltérő intenzitású izomműködés során az izomban a lipidstruktúrák hogyan alakulnak.

2. Nyúlban rendszeres aerob tréning hatására megváltozott az oleát, a sztearát és az arachidonát aránya a *m. longissimus dorsi* és a *m. vastus lateralis* homogenizátum zsírsav összetételében.

3. A *m. quadriceps femoris* foszfolipidjeiben négyhetes aerob tréninget követően csökkent a  $\gamma$ -linolénsav aránya, az n-6 / n-3 zsírsavak aránya és a telítetlenségi index.

4. A *m. longissimus dorsi* membránlipidjeiben rendszeres elektromos stimulációt követően csökkent a linolsav és az  $\alpha$ -linolénsav, emelkedett az eikozaénsav, az arachidonsav, az EPA és a DHA, ellentétesen változott a palmitát-palmitoleát aránya, illetve nőtt a  $\Delta 5$  deszaturáz aktivitás és a telítetlenség.

5. Rendszeres aerob tréning és erősen lokalizált izommunka eredményeként bizonyításra került nyúlban a zsírsavak oxidációjának szelektivitása.

## 6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL ÍRT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

### 6.1. Idegen nyelvű, lektorált szakfolyóiratban megjelent közlemények

1. Szabó, A., Romvári, R., Fébel, H., Nagy, I., Szendrő, Zs. (2001): Fatty acid composition of two different muscles in rabbits: Alterations in response to saturated or unsaturated dietary fatty acid complementation. *World Rabbit Sci.* 9(4):155-158.

2. Szabó, A., Romvári, R., Fébel, H., Bogner, P., Szendrő, Zs. (2002): Training-induced alterations of the fatty acid profile of rabbit muscles. *Acta Vet. Hung.* 50(3): 357-364.

3. Szabó, A., Husvéth, F., Szendrő, Zs., Repa, I., Romvári, R. (2003): Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on the fatty acid profile of rabbit *longissimus dorsi* muscle (preliminary report). *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.* 87(9-10): 309-314.

4. Szabó, A., Romvári, R., Bogner, P., Hedvig Fébel, Szendrő, Zs., (2003): Metabolic changes in meat type rabbits induced by regular submaximal aerobic exercise. *Acta Vet. Hung.* 51(4): 503-512.

5. Szabó, A., Mézes, M., Dalle Zotte, A., Szendrő, Zs., Romvári, R. (2004): Changes of the fatty acid composition and malondialdehyde concentration in rabbit *longissimus dorsi* muscle after regular electrical stimulation. *Meat Sci.* (elfogadott)

6. Szabó, A., Fébel, H., Dalle Zotte, A., Mézes, M., Szendrő, Zs., Romvári, R. (2004): Reversibility of the changes of rabbit muscle fatty acid profile. *Ital. J. Food Sci.* (elfogadott)

#### 6.2. Magyar nyelvű, lektorált szakfolyóiratban megjelent közlemények

1. Szabó, A., Romvári, R., Fébel, H., Szendrő, Zs. (2002): Két eltérő izom zsírsavösszetétele, valamint annak változásai telített és telítetlen zsírsavkiegészítés hatására nyulakban. *Állattenyésztés és Takarmányozás.* 51(6): 617-625.

#### 6.3. Proceedingekben teljes terjedelemben megjelent közlemények

1. Szabó, A., Fébel, H., Romvári, R., Bogner, P. (2000): Examination of muscle and erythrocyte membrane lipid composition by means of gas chromatography on meat type rabbits. *Animal Science Days 2000, Eszék, szept. 21-23., pp. 77-78.*

2. Szabó, A., Fébel, H., Bogner, P., Szendrő, Zs., Romvári, R. (2001): Investigation of fatty acid metabolism under physical load by means of NMR spectroscopy and gas chromatography on meat type rabbits. *12. Arbeitstagung über Haltung und Krankheiten der Kaninchen, Pelztier und Heimtiere. Celle, 2001. május 10., pp. 176-182.*

3. Szabó A., Fébel H., Szendrő Zs., Romvári R. (2001): Telített és telítetlen zsírsavkiegészítés hatásának vizsgálata nyulak izom-zsírsavprofiljára. *13. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár, 2001. május 23., pp. 41-45.*

4. Szabó A., Fébel H., Szendrő Zs., Romvári R. (2002): Pannon fehér nyulak izom zsírsavösszetétele telített és telítetlen zsírsavkiegészítést követően. *VIII. Ifjúsági*

*Tudományos Fórum, Keszthely, 2002 márc. 28., CD kiadvány.*

**5.** Szabó, A., Husvéth, F., Szendrő, Zs., Romvári, R. (2002): Krónikus elektromos stimuláció hatása húсныulak hosszú hátizmának zsírsavprofiljára. *14. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár, 2002 május 22., pp. 41-45.*

**6.** Szabó, A., Romvári, R., Fébel, H., Bogner, P., Szendrő, Zs. (2002): Effects of physical training onto the muscle fatty acid profile of meat type rabbits. *9. Krmiva Konferencia, Opatija, 2002. május 29-31., pp. 174-177.*

**7.** Szabó, A., Romvári, R., Bogner, P., Fébel, H., Locsmándi L., Szendrő Zs. (2003): Szérum metabolitok és enzimek vizsgálata növendék nyulakban, rendszeres fizikai terhelés mellett. *15. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár, 2003 május 28., pp. 145-149.*