

SZAKDOLGOZAT

Somodi Glória

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus
Állattenyésztési Tudományok Intézet
Lótenyésztő, lovassport szervező agrármérnöki Szak

Lenolaj kiegészítés hatása lovak szőrmintáinak zsírsavprofiljára

Konzulens: **Dr. Szabó András**
tanszékvezető,
egyetemi tanár
és
Omeralfaroug Ali
PhD hallgató,
tudományos segédmunkatárs

Intézet/Tanszék:
Élettani és Takarmányozástani Intézet
Élettani és Állategészségügyi Tanszék

Készítette: **Somodi Glória**
MYKITA
nappali tagozatos hallgató

Kaposvár
2023

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
1. Irodalmi áttekintés.....	4
1.1. A ló élettani és emésztésélettani sajátosságai.....	4
1.1.1. Fogazat.....	4
1.1.2. A gyomor felépítése.....	5
1.1.3. A vékonybél felépítése.....	6
1.1.4. A vastagbél felépítése.....	6
1.2. A szénhidrátok emésztése.....	7
1.3. Fehérjeemésztés.....	8
1.4. A zsírok emésztése lovakban.....	8
1.4.1. Zsíremésztés és a zsírok intermedier anyagcseréje.....	9
1.4.2. A „lovak számára ideális zsírsavprofil”.....	11
1.4.2.1. Növényi eredetű zsírsavak a lovak takarmányában.....	11
1.5. Lovak szöveteinek zsírsavprofilja.....	13
1.6. A táplálékeredetű zsírok és a faggyú összetétele.....	14
1.7. A faggyúmirigyek működése, a faggyú bioszintézise.....	15
1.7.1. Az emlősök bőrfelületének és szőrének lipidjei.....	17
1.7.1.1. Szabad zsírsavak és gliceridek.....	17
1.7.1.2. Egyértékű alkoholok és monoészter viaszok.....	18
1.8. A ló takarmányozási szükségleteinek áttekintése.....	20
1.8.1. A lótakarmányokban előforduló zsírok, olajok áttekintése.....	20
1.8.2. Leggyakrabban előforduló lótakarmányok bemutatása.....	22
1.8.2.1. A legelő.....	22
1.8.2.2. Legelő összetétel.....	22
1.8.2.3. Szálas és tömegtakarmányok.....	23
1.8.2.4. Abraktakarmányok.....	24
1.8.2.5. Keveréktakarmányok.....	26
1.8.2.6. Kiegészítők, vitaminok.....	27

1.8.3. A lovak táplálóanyag szükséglete.....	27
2. Anyag és módszer.....	30
2.1. Vizsgálati minták.....	30
2.2. Zsírtartalom kivonás.....	31
2.3. A zsírtartalom metilészterezése.....	31
2.4. Gázkromatográfiás zsírsavmeghatározás.....	32
3. Eredmények és értékelésük.....	33
3.1. A takarmányminták zsírsavprofilja.....	33
3.2. Szőrminták zsírtartalmának zsírsavprofilja.....	35
3.3. A takarmányeredetű alfa-linolénsav beépülése és exkréciója.....	36
3.4. Az alfa-linolénsav hatása a zsírsavprofil további elemeinek arányára.....	39
4. Összefoglalás.....	41
5. Következtetések és javaslatok.....	42
6. Felhasznált irodalom.....	43
7. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	46
8. Mellékletek.....	48
9. Nyilatkozatok.....	49
10. Köszönetnyilvánítás.....	51

Bevezetés

A dolgozatom tárgyául választott téma, a lovak kültakarójának szisztematikus vizsgálata egyik legfontosabb hazai nagyállatunk eddig nem érintett területe. Azért választottam ezt a témát, mert ismereteim szerint a veleszületett immunitás nagyon fontos része a kültakaró védelme, amelyben a többszörösen telítetlen zsírsavak fontos szerepet játszanak. Arra kerestem a választ, hogy viszonylag alacsony dózisban alkalmazott takarmánykiegészítő alkalmas-e kedvenc állatunk kültakarója zsírtartalmának összetételi módosítására. A dolgozat célja valójában nemcsak annak a tesztelése volt, hogy a takarmányban biztosított n3 típusú zsírsav megjelenik-e a kültakaróban, hanem arra is kíváncsi voltam, hogy ez mennyi idő után történik meg, illetve hogy ez milyen mértékű. A dolgozatban alkalmazott vizsgálati metodika egy nem invazív eljárás volt, és lehetőségeimhez mérten igyekeztem azt szisztematikusan kivitelezni. Bízom abban hogy a munkám eredménye hozzájárulhat a lovak kültakarójáról rendelkezésre álló ismeretek bővítéséhez.

1. Irodalmi áttekintés

1.1. A ló élettani és emésztésélettani sajátosságai

1.1.1. Fogazat

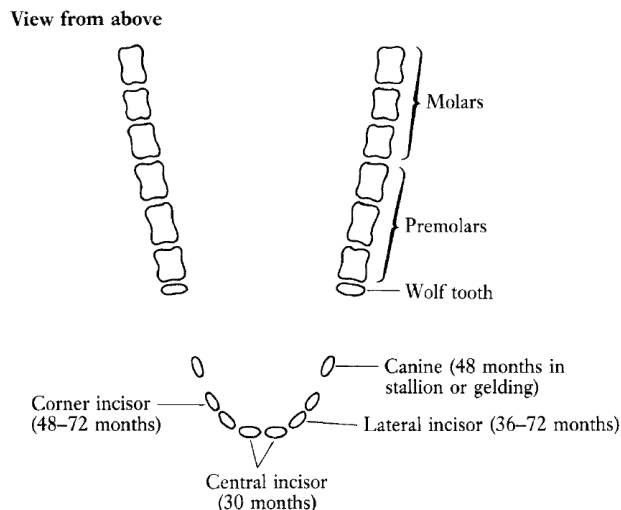
A lovak fogazatának megemlítése, és rövidebb ismertetése elengedhetetlen mivel a táplálékfelvétel, és az emésztés folyamata is a szájüregben kezdődik el, és a jó állapotban lévő fogazat nélkülözhetetlen a ló megfelelő életszínvonalának fenntartásához. A fogazat, és a fejezet további részeinek áttekintéséhez Tóthi (2021) oktatási segédletét vettem alapul.

Egy kifejlett állatnak nemtől függően 36, vagy ménnek esetében 40 foga van, melyek 3 csoportba sorolhatóak, elhelyezkedésük, illetve alakjuk szerint: szemfogak, zápfogak, és metszőfogak. Szám szerint 12 metszőfog, 24 zápfog és a ménnek esetében 4 szemfog található a szájüregben, ahogy azt az 1.ábra is szemlélteti. Mint az embernél, a lónál is egy fontos élettani esemény a fogváltás, ami egyéntől függően 2,5-5 éves korig tart, és a metszőfogakat és az előzápfogakat érinti. Ez alapján, és a fogak külleme alapján viszonylag pontos kormeghatározás lehetséges.

Ha a felépítést vesszük szempontul, az is megállapítható hogy Hypsodon típusú fogazatról beszélünk, melyre a hosszú korona, és az állandó növekedés jellemző, amit az állat folyamatosan koptat a táplálkozás során. Itt fontosnak tartom megemlíteni, hogy az egészséges és megfelelően karbantartott fogazat elengedhetetlen a lovak jólétének szempontjából. A különféle fogkopási rendellenességek, és fogbetegségek jelei lehetnek az étvágy csökkenése, takarmány visszautasítás, illetve az evés során a takarmány kiejtése a szájból. Ennek következményeképpen pedig hamar kialakulhat kondíció romlás, teljesítmény csökkenés, súlyosabb esetekben kólika is.

Clayton és mtsai (2007) megállapították, hogy a lovak állkapcsának mediolateralis elmozdulása jóval kisebb pelletált takarmány fogyasztásakor, szemben a szálastakarmány etetésével. Ezzel összefüggésben bizonyíthatóan gyakoribb fogászati kezelésre szorulnak a többségében pelletet fogyasztó lovak a kialakuló fogkopási rendellenességek miatt.

A dolgozatomban vizsgált lovak mindegyike megfelelő arányban jutott mind szálas, mind pelletált takarmányhoz, így ennek és a rendszeres állatorvosi ellenőrzésnek köszönhetően fogászati rendellenességek nem voltak fellelhetőek.



1.ábra: A ló fogazatát szemléltető rajz (Forrás: Frape, 2013a)

1.1.2. A gyomor felépítése

Az emésztés első lépései már a gyomorban elkezdődnek, ami a ló kifejlett súlyához képest igencsak kicsinek mondható, a gyomor-bél szakasznak 10%-a. Az elfogyasztott takarmány 2-6 óra hosszáig tartózkodik a gyomorban, ami a megfelelő tartási körülmények mellett ritkán teljesen üres.

A 8-15 l űrtartalmú egyrétegű, összetett gyomorban enyhén savas, 5-5,5 pH uralkodik. A gyomorszáj, mely erős záróizommal van ellátva, még erős hasi nyomás ellenére sem nyílik meg - ennek is következményeképpen a ló képtelen a hányásra.

Anatómiailag tekintve a gyomor két fő részből épül fel. Az alapi rész felelős a mikrobiális szénhidrát bontásért, ami növényi sejtekből származó keményítőbontó enzimek, és egyéb baktériumok, gombák segítségével történik, melyek jól bírják a gyomor ezen részén uralkodó 5.2-es pH értéket. A folyamat során főleg illózsírsavak keletkeznek, valamint tejsav (és gázok). A piloruszi rész ezzel ellentétben jóval savasabb közeg (pH: 2.7-3) és itt már az enzimes is megjelenik, viszont ez itt még csak kis hatékonysággal működik. Ezen kívül itt indul meg a takarmány zsírsavainak emésztése is, amely teljes hatásfokkal majd a vékonybélben emésztődik meg. Fontos megemlíteni, hogy ezen a területen választódik ki a gasztrin nevű hormon is, melynek fő feladata a gyomorsav, és a közel napi 10-30 liter gyomornedv kiválasztása (Tóthi, 2021)

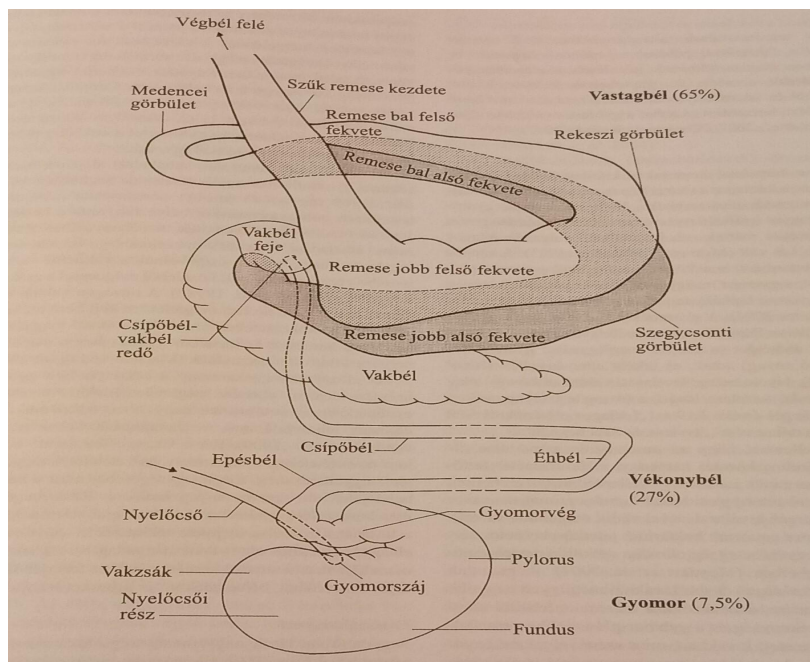
1.1.3. A vékonybél felépítése

A vékonybél hossza 18-25 méter, ami a teljes emésztőtraktus közel 30%-át teszi ki. Itt, erősen lúgos közegben (pH 7,0-8,5) a táplálék megközelítőleg 30-120 percet tartózkodik, ami alatt végbemennek az emésztés fő folyamatai. A vízben oldódó szénhidrátok, mint például a keményítő egy része egyszerű cukrokká bomlik le, további kétharmada pedig a vastagbélbe jut tovább. A ló zsíremésztése a gyomor után itt folytatódik ráadásul kiváló hatásfokkal, annak köszönhetően, hogy a lónak nincsen epehólyagja, ezáltal pedig folyamatosan ürül az epe (a májból). A gyomorban már megkezdett fehérjeemésztés szintén a vékonybélben folytatódik közel 70%-os hatékonysággal. Továbbá az emésztőrendszer ezen szakaszán különféle, a lónak nélkülözhetetlen vitaminok, illetve makro-, és mikroelemek is felszívódnak (Ca, Na, Mg, A-vitamin) (Tóthi, 2021).

1.1.4. A vastagbél felépítése

A vastagbél a vékonybélnél lényegesen rövidebb, és 2 fő szakaszra osztható. A ló vakbele 25-30 l űrtartalmú, a mikrobiális rostemésztés kezdeti helyszíne. Az emésztés fő színtere a már jóval tágasabb (80-100 l) remesebél lesz, ami 3-3,5 m tágremeséből és szintén 3-3,5 m hosszú szűkremeséből áll, a táplálék útja pedig 18-24 óra (passage idő). Az emésztőrendszer felépítése a 2. ábrán látható. Az itt történő emésztésben kivételesen nagy szerepet játszanak a különféle baktériumfajok, a közel 50 fajta protozoon, és 3 gombafaj is (*Piromyces equii*, *P. citreus*, *Caecomyces equi*). A már folyamatban lévő emésztés mellett itt kezdődik meg a cellulóz és hemicellulóz bontása is, illó zsírsavakra és tejsavra. A rövid szénláncú zsírsavak túlnyomó része felszívódás közben a ló energiaszükségletének mintegy 30-50%-át biztosítja, míg a rost mikrobiális emésztése az állat hőháztartásában játszik lényeges szerepet. Ezeken túl a gyomorban és vékonybélben teljesen fel nem dolgozott fehérje tovább bomlik aminosavakra, ammóniára, és szén-dioxidra (Tóthi, 2021).

Érdekesség, hogy Cuddeford és mtsai. (1995) megállapították, hogy a szamarak sokkal hatékonyabban emésztene, mint a pónik, viszont a póni jobban emészt, mint egy angol telivér. Az eredmény azzal magyarázható, hogy az állatok végbelének mérete nem azonos, így a béltartalom tartózkodási ideje is eltérő az egyes esetekben.



2. ábra: A ló emésztőrendszere (Forrás: Frape, 2013b)

1.2. A szénhidrátok emésztése

A dolgozatom szempontjából kisebb, de a lovak szempontjából igen jelentős táplálóanyag, a szénhidrátok emésztését csak röviden, Cunha (1991) forrásmunkájára támaszkodva tekintem át alább. A ló szénhidrát emésztésének helye főleg a vékonybél, ahol a könnyen emészthető szénhidrátok hidrolízise zajlik. A hidrolízis végeredményei egyszerű cukrok, melyek a vékonybélből fel is szívódnak. A szénhidrátok vékonybélben nem emésztett hányada a vastag- és vakbél szakaszokban, bakteriális fermentáció segítségével hasznosul. A fermentáció során illózsírsavak keletkeznek, melyek közül legnagyobb arányban ecetsav, propionsav és vajsav keletkezik. Az illósavak a vastag- és vakbélből szívódnak fel és energiatermelő folyamatokban hasznosulnak. Az említett folyamatokban főleg a nem keményítő típusú szénhidrátok hasznosulnak, elsősorban az emészthető rostra jellemző a fenti folyamat. Irodalmi adatok szerint (Evans és mtsai, 1977) a lovak rostemésztése (fűszéna esetében) kevésbé hatékony, mint a kérődzőké. Általánosan úgy jellemezhető a lovak rostemésztésének hatékonysága, hogy a kevésbé rostos, viszonylag jó minőségű takarmány emésztése hatékony, melyre jó példa a lucernaszéna.

1.3. Fehérjeemésztés

A takarmányfehérjék emésztése lovak esetében a gyomorban kezdődik, de a legaktívabban a vékonybélben zajlik. Hasonlóan a monogasztrikus állatokhoz, az emésztés termékei a szabad aminosavak, melyek a vékonybélből szívódnak fel. A vékonybélemésztéstől eltérően is zajlik fehérjeemésztés, hiszen a vakbélben folyó fermentáció bakteriális-celluláris fehérjéi a poszt-ileális szakaszban keletkeznek és szükségszerűen innen is szívódnak fel. Ennek helye főleg a vastagbél, de hatékonysága Reitnour és mtsai (1973; cit.: Cunha, 1991) kísérletes eredménye szerint viszonylag gyenge. Cunha (1991) szerint a csikók aminosav ellátása nem elégséges a vastagbélben fermentált aminosavakra alapozva, ahhoz döntő mértékben a takarmány fehérjéje járul hozzá. Cunha (1991) azt is hangsúlyozza, hogy a vastagbélben zajló fermentáció során keletkező aminosavak összetétele nem ideális a csikók fejlődése szempontjából.

1.4. A zsírok emésztése lovakban

A lovak zsíremésztése tipikus monogasztrikus emésztési folyamat. Ennek megfelelően először a teljes emésztési folyamatot tekintem át, azt követően pedig kitérek a faji sajátosságokra.

A zsírok (a takarmányokban főleg trigliceridek) emésztésének elsődleges helye a vékonybél, a hasnyál eredetű lipáz és a kolipáz hatása segítségével. Ugyanitt a májból származó epesavak első lépésben emulgeálják a zsírokat, a savak sói aktiválják a hasnyál lipázt. Az emulzió partikulummérete és fizikokémiai tulajdonságai alapján részben micelláris oldatnak is tekinthető. A micellaképzést az epesavak segítik, a micellák és a vizes fázisban diszpergált lipidek (liposzómák formájában) mennyisége végső soron az epesavak mennyiségétől függ. A hasnyál lipáz nem feltétlen csak kolipázzal együtt hatékony, elválasztása már aktív formában történik. A kolipáz valójában a lipáz és a lipid partikulum felszíne közötti kapcsolatot teremti meg, a lipáz pedig az észterkötést (az 1 és 3 helyzetű zsírsavak esetében a glicerín „vázról”) hidrolizálja. A lipáz enzim által végzett hidrolízis mono és diglicerideket eredményez. Az emulzióképzésben nemcsak az epesavak, hanem az epe foszfolipidjei és a táplálék eredetű fehérjék is aktívak; ugyanilyen szerepűek a hidrolízis során keletkező mono- és digliceridek, így maga a hidrolízis kis mértékben öngyorsító folyamatként is értelmezhető.

A hidrolízis során keletkező szabad zsírsavak és monogliceridek felszívódása attól függően történik meg, hogy milyen hosszú a zsírsav lánc. A rövidláncú zsírsavak passzív, a C12

lánchossz feletti savak aktív transzporttal jutnak át a bélhámsejt membránján.

A bélhámsejtben a felszívódott partikulumok alkotórészeiből ismét valódi gliceridekké épülnek össze, melyek fehérje részekkel kondenzálódva a sejt bazális részén úgynevezett chilomikronokként kerülnek a nyirokkeringésbe. Innen a májba jutva a májsejtek a lipideket gyorsan felveszik, azokat pedig ismét alkotórészeire bontva tárolják. A májból a lipidek lipoproteinek formájában kerülnek a vérkeringésbe, mely ezeket a felhasználás helyére, leginkább a vázizmokhoz szállítja.

A ló anatómiai sajátossága, hogy nincs epehólyagja. Ennek ellenére hatékony a zsíremésztése, de mivel a lovak takarmányában a zsírok kis szerepet kapnak, ezek emésztési sajátosságaira vonatkozóan kevés információval rendelkezünk. A monogasztrikusokhoz hasonlóan a zsíremésztés a lóban is a vékonybélben történik. A ló testalkotó szöveteinek zsír-összetétele hasonló a takarmánnyal felvett zsírokéhoz, mivel a zsírsavak a benne, a vékonybélből szívódnak fel, azelőtt, hogy a vastagbélben élő mikroorganizmusok módosítanák azokat.

Az érett lovakat 15% marhafaggyúval etették az étrendben, jó eredménnyel.

A lovak zsíremésztésének hatékonyságát igazolja, hogy a takarmányban magas zsír-hányadot is elvisel. Bouwman és mtsai (1977) kimutatták, hogy a pónik 20% kukoricaolajat is el tudnak fogyasztani, olyan módon, hogy a 20%-os olaj-kiegészítés nem befolyásolta a látszólagos emészthetőséget nyersfehérje esetében. Egy texasi tanulmány (Frape 2004 cit. Scott és mtsai, 1987) pedig azt mutatta ki, hogy a 10% zsírt tartalmazó, magas energiatartalmú takarmány gyors súlygyarapodást idézett elő egyéves lovaknál, olyan módon, hogy a lovak csontváz-rendellenességeire utaló radiográfiai jelek nem voltak igazolhatók. Ugyanezen kutatócsoport (Frape, 2004 cit. Meyers és mtsai, 1987) egy másik tanulmányban kimutatta, hogy +10% zsír a „kíméli”, megőrzi az izom glikogéntartalmát terhelés alatt.

1.4.1. Zsíremésztés és a zsírok intermedier anyagcseréje

A lovak anatómiai sajátossága, hogy nem rendelkeznek epehólyaggal, ami azonban nem befolyásolja hátrányosan a zsírok emésztését (Cunha, 1991). Cunha (1991) szerint a lovak zsíremésztésére vonatkozóan kevés információ áll rendelkezésre. Mint monogasztrikus állatokban, a zsíremésztés helye a vékonybél, de fontos megjegyezni, hogy a lovak takarmányában a zsírok legtöbbször nem nagy jelentőségűek. Cunha (1991) szerint a ló testzsírjának összetétele elsődlegesen a takarmány zsírasvprofiljától függ, mert mint jellegzetes monogasztrikus, azon zsírsavakat veszi fel és építi be a szöveteibe. Jáky (1962) szerint a lózsír, mely főleg a zsigeri szervek körüli zsírdepókat jelenti, jellegzetesen sárga és lágy,

leginkább a baromfizsírra hasonlít. Összetételében 2-4% alfa-linolénsavat talál, amely egyértelműen a zöld növényi takarmánykomponensekből származik.

Jáky (1969) említést tesz még a lovakból származó pata-olajról is, mely alacsony dermedéspontú olaj és főleg finommechanikai alkalmazása jellemző.

Harris (2009) versenyeztetett lovak anyagcserefolyamataira irányuló közleményéből egyértelmű, hogy egy nagyon jelentős fizikai igénybevétel energiaigénye már nem fedezhető tisztán szénhidrátokból. Ezen terhelési forma esetében merül fel gyakrabban a jelentősebb arányú zsírbevitel, ismert ugyanis, hogy a rendszeres fizikai terhelés az anyagcserefolyamatokat az anaerobtól az oxidatív irányba módosítja (Turcotte, 1999). Az oxidatív anyagcsere alapvető szubsztrátjai a zsírok, melyek részben a vérben (lipoproteinek), a májban (trigliceridek) és a vázizmokban (intramuszkuláris trigliceridek) és a zsírdepókban vannak jelen (Turcotte, 1999). Ezen táplálóanyag elsődleges forrása nyilvánvalóan a takarmány zsírtartalma. Harris (1997) becslése szerint egy ~450 kg-os ló esetében 1400-2800 g intramuszkuláris triglicerid, 40 kg depózsír, de csak 3000-4000 g izomglikogén és 100 – 200 g májglikogén a „tartalék”. Természetesen van lehetőség táplálékeredetű szénhidrátból depózsírt előállítani, de ennek hatékonysága alacsony. Ennek megfelelően jelentősebb mennyiségű zsír felvétele teszi csak lehetségessé a zsírdepók megtartását vagy fizikai igénybevételt követő pótlását.

A ló takarmányozási sajátosságai okán főleg növényi zsiradékokkal, gyakorlatilag olajokkal találkozunk. A növényi olajok magas energiakonzentrációja további kedvező tulajdonságokkal, alacsony dinámiás (hőtermelő) hatással együtt optimális energiaadó („fuel”) táplálóanyagok (Kakuk és Schmidt, 1988). Harris (2009) szerint a lovak részére adott olajkiegészítés elsősorban energiabevitel szempontjából előnyös. Slade (1975, cit. Harris 2009) kísérletében lovak részére az alaptakarmány 3% zsírtartalmához +9% kukoricacsíra olajat adagoltak és ezt követően 8-10 órás lovaglásnak tették ki őket nehéz terepen. A magas olajtartalmú takarmányt fogyasztó lovak a kontrollhoz képest (3% zsírtartalom a takarmányban) a terhelés fázis végén magasabb vércukorszintet mutattak és a teljesítményük (terhelés ideje alatt) is jobb volt. Dunnett és mtsai (2002) eredményei a lovak metabolikus adaptációja kapcsán azt mutatták, hogy magas szinten biztosított olajkiegészítés (az emészthető energia akár 25-30%-a) mérhető szinten csökkenti a lovak glükózfelhasználását, összehasonlítva azt olajkiegészítést nem kapott kontrollal. Bár sok gyakorlati és kísérletes eredmény azt igazolja, hogy a lovak, mint monogasztrikusok jól emésztik a magasabb takarmány-zsírtartalmat, mely egyben hozzájárul

a teljesítmény fokozásához is (csökkenő glükózfelhasználás és fokozódó oxidatív anyagcsere). Harris (2009) információi szerint a lovak számára ideális (összetételű) olaj nem került eddig „kijelölésre”, mely alatt szerző a zsírsavprofil érti. Holland és mtsai (1998) összesen 10 típusú olaj vagy zsírforrással végeztek preferenciateszteket lovak számára. Érdekes módon a legkedveltebb a kukoricacsíra olaj volt, melyet a 4. helyen a gyapotmagolaj, majd a 9. helyen a marhafaggyú követett. Az eredmények azt mutatják, hogy a lovak a 15% összes nyerszsír tartalmú takarmányt szívesen fogyasztják, a legkedveltebb pedig a kukoricacsíra olaj. Holland és mtsai (1998) azt is hangsúlyozták, hogy a zsíretetés olyan módon is pozitív hatású a versenyző lovakra nézve, hogy a nagy energiadenzitás miatt az emésztőtraktus telítettségét ezen táplálóanyag mérsékli, összevetve azt a tömegtakarmányokkal, ezáltal elősegítve jobb a versenyeredményeket.

Pagan és mtsai (2002) munkájukban 5 lovon tesztelték az alacsony és magas olajszintek (az emészthető energia 7 és 29%-a diszkrét szinteken) hatását 5 és 10 hét adaptáció után. Eredményeik szerint alacsony intenzitású fizikai munka mellett is 30% körüli csökkenés volt kimutatható a glükózfelhasználásban, és fokozódott a lipidek oxidációja (már az 5. hétre is).

1.4.2. A „lovak számára ideális zsírsavprofil”

Ebben a fejezetben egyfajta approximatív megközelítésben megpróbálom áttekinteni a lovak esetében az „ideális” zsírsavprofil. A feladatra nyilvánvalóan nem adható egyféle és egzakt megoldás, ugyanis:

- sokféle igénybevételi típus van, melyek fajták szerint is megoszlanak;
- többféle éghajlaton is élnek sport- és munkalovak, vagy csak kedvtelésből tartott egyedek;
- a fejezetben nem határoztam meg a lovak érintett szövettípusát (izom, stb...).

A fenti cím szisztematikus kifejtéséhez alapvetően azt próbálom meg áttekinteni, mely takarmányforrások milyen zsírsavakat tudnak biztosítani a lovak számára, illetve megpróbálom áttekinteni ezek preferenciáját a lovak takarmányozásában.

1.4.2.1. Növényi eredetű zsírsavak a lovak takarmányában

A növényi eredetű zsírsavak mint táplálóanyagforrások szöveti lipidekre gyakorolt hatásai áttekintése során több faktor is figyelembe vehető. Egyrészt az eltérő takarmánynövények zsírsavprofilja nagyon erősen eltér, másrészt a lovak legelő-preferenciája vagy maga az

istállózott tartáskor biztosított takarmány is diverz és sok esetben nyilvánvalóan rövidebb időszakonként is változhat. Ennek megfelelően csak röviden tekintem át Hulbert és Abbott (2011) közleménye alapján, hogy milyen főbb szabályosságok figyelhetők meg a növények esetében a zsírsavprofil eltéréseiben. A 4 fő zsírsav típus (telített, n9, n6, n3 egyszeresen vagy többszörösen telítetlen zsírsavak) közül a lovak (és legtöbb emlős) esetében csak az n6 és n3 típusok között található esszenciális zsírsav (a linolsav (C18:2 n6) és az alfa-linolénsav (C18:3 n3)). Ezt a tételt megfordítva: az esszenciális zsírsavakon túli zsírsavakat (telített és egyszeresen telítetlen) az állatok nem lipid természetű anyagokból (pl. szénhidrátokból) is elő tudják állítani.

A növények, szemben az állatokkal mindkét esszenciális zsírsavtípust elő tudják állítani, ezek a növényi anyagok így a teljes tápláléklánc alapvető forrásainak tekinthetők. Bár mindkét típusú esszenciális zsírsav a növények többségében együttesen is jelen van (pl. napraforgó zöld részei (n3) és magolaj (n6)), általánosításként elmondható, hogy az omega-3 priméren a zöld részekben, levelekben, míg az omega-6 a magokban (endospermiumban) dúsul. Ennek oka az lehet, hogy az omega-3 zsírsavak elengedhetetlen komponensek a kloroplaszt membránokban (Hulbert és Abbott, 2011). Fentiek alapján azon legelő állatok, melyek a növények zöld részeit preferálják és rövidre legelik a legelőfüvet (ló, kérődzők, viziszarvasok és növényevő rágcsálók bizonyos fajai) minden esetben omega-3 zsírsavakban gazdagabb testszöveteket mutatnak, mint azok, melyek a magokat fogyasztják (pl. monogasztrikus háziállatok, baromfifajok).

Hulbert és Abbott (2011) szakcikke alapján további szabályosság is alakítja a heterotróf élőlények szöveti zsírsavprofilját. A növényekből felvehető többszörösen telítetlen zsírsavak (esszenciális savak, C18:2 n6 és C18:3 n3) leginkább csak 18 szénatomszámúak, míg az állati szövetekben C20-C22-C24 omega-3 és omega-6 savak is előfordulnak. Az idézett szakcikk szerint egyes állatok szöveiben ez a szabályosság még intenzívebben érvényesül, pl. a halak húzában, illetve a hús zsírtartalmában már főleg a C20 és hosszabb zsírsavak dominálnak és C18 már csak kis mennyiségben fordul elő.

Mivel ezek a zsírsavak, melyek az állati szövetekben fordulnak elő sok esetben messze meghaladják szénlánc hossz és telítetlenség vonatkozásában a növényi forrásokban található zsírsavakat, ezért egyértelmű, hogy az állatok mint szénlánc hosszabbítással (elongáció), mind pedig a telítetlenség fokozásával (deszaturáció) hozzájárulnak ennek a kialakításához. Ez a megállapítás azért nagyon fontos a dolgozatom szempontjából, mert a lovak számára biztosított lenolaj-kiegészítés vonatkozásában nem volt arra vonatkozó előzetes támpontom,

hogy vajon a lenolaj domináns zsírsava, az alfa-linolénsav változatlan formában kerül a faggyúba, vagy esetleg lánchosszabbítás, esetleg telítetlen kötés beillesztését követően.

Viszont egyfajta önkényes döntés volt az, hogy a lovak számára éppen lenolajat (alfa-linolénsav forrást) választottam. Ennek során mindenképpen azt vettem figyelembe, hogy lehetőleg tisztán növényekre jellemző zsírsavforrást alkalmazzak, mely lovak számára is esszenciális, de amelyet a lovak takarmánya természetes esetben is tartalmaz.

Végző soron tehát egy olyan zsírsav került a lovak takarmányába, mely a szokásos diétában is jelen volt (5. táblázat), a lovak takarmányainak áttekintése zsírsavprofil szemszögéből).

1.5. Lovak szöveteinek zsírsavprofilja

A lovak természetes takarmányválasztása kapcsán nem találtam irodalmat, de a lovak esetében számos olyan irodalmi forrás található, melyek a lóhús zsírsavprofilját elemzik. Ez egyfajta információt nyújthat a lovak által felvett zsírsavakról, főleg az esszenciális zsírsavakra irányulóan.

Belaunzaran és mtsai (2017) spanyolországi mintán mérték fel a lóhús (m. longissimus thoracis et lumborum) és lózsír (szubkután) zsírsavprofilját. A szerzők nagyon részletes elemzéséből munkámban csak az alfa-linolénsavat emelem ki: a húspan 5-6%, míg a zsírban 6-11% volt ennek részaránya. Szerzők összehasonlították a zsírsavprofil mintavételi évszakok szerint is, mely szerint a tavasszal és télen vett minták alfa-linolénsav részaránya nem tért el érdemben. Szerzők összehasonlították a lóhús és a gyakori hústípusok zsírsavprofilját is, mely során alfa-linolénsav részarány esetében a ló>csirke>nyúl>marha sorrendet állapították meg, oly módon, hogy a ló legalább 2x magasabb szintet mutatott, mint az azt követő csirke.

Belaunzaran és mtsai (2018) egy későbbi munkájukban lóhús esetében a neutrális és poláris lipidek zsírsavprofilját külön elemezték. A neutrális lipidek a munkám során azért kiemelkedően fontosak, mert a faggyú lipidjei éppen ugyanezen csoportba tartoznak. A Szerzők által tanulmányozott állatcsoport két típusba tartozott: legelőn nevelt 4 hónapos csikók és 12 hónapos korban vágott csikók, melyek koncentráltabb takarmányt is fogyasztottak. A húsmintákban az alfa-linolénsav aránya 14,7 vs. 3,64% volt, a legeltetett állatok javára.

1.6. A táplálékeredetű zsírok és a faggyú összetétele

A szakirodalom áttekintésekor azt tapasztaltam, hogy a „dietary fat sebum fatty acid” keresésre mindösszesen 9 találat létezik a PubMed felületen (2022.10.12-én). A találatok nagyrészt a humán akne vagy a víziszármányosok vonatkozásában értelmezhetők. Egzakt találat a faggyúmirigyek által szekretált zsír (sebum) és a takarmány zsírforrása közötti kapcsolatra nincsen/nagyon ritka és kevésbé releváns.

Részletesebben/célzottabban keresve egy releváns találat áll rendelkezésre, melyben O'Neill és mtsai. (2002) atópiás dermatitisz esetében tesztelték a takarmány lenolajjal való kiegészítését lovakban. A célzott vizsgálatban 6 ló vett részt, 42 napig etettek az állatokkal roppantott lenmag kiegészítést, pontosan annak érdekében, hogy a törpeszúnyogok (*Culicoides* nemzetség) okozta bőr hiperszenzitivitást/irritációt mérsékeljék. A Szerzők örölt/roppantott lenmaggal egészítették ki a lovak takarmányát, a dózis 1 font lenmag/1000 font testsúly/nap volt (500 kg élősúly esetén 0,5 kg lenmag, ami ca. 200 ml lenolajnak felel meg, naponta). A mintavétel bőr biopsziára és hagymás szőrszálakra terjedt ki, azt követően azok zsírsavanalízise készült el, gázkromatográfiás módszerrel.

A 42 napos etetési periódust követően a bőr zsírsavprofiljában nem találtak kezelt és kontroll csoport közötti eltérést a Szerzők. Szisztematikus különbség volt mérhető a szőrminták zsírtartalmának összetételében, melyekben a C22:0 (behénsav) és a lignocerinsav (C24:0) részaránya szignifikáns mértékben csökkent a kezelt állatok csoportjában. A Szerzők a két telített zsírsav aránycsökkenésének klinikai konzekvenciáját nem tárták fel, de fontos megemlíteni, hogy nem detektáltak omega-3 zsírsav arányemelkedést a takarmánykiegészítés hatására.

A releváns irodalmi találatok szűkössége miatt O'Neill és mtsai (2002) cikkének irodalomjegyzéke volt a következő forrás, melyet feltártam.

Itt közvetlen előzményként Friberg és Logas (1999) cikkét sikerült megtalálni. Szerzők ún. kétirányú takarmánykiegészítést végeztek: omega-3 (lenolaj) és omega-6 (kukoricacsíra olaj) zsírsavakban dús olajokat etettek lovakkal, napi 200 ml dózisban, 18 héten át, 17 lovon. A Szerzők az olajkiegészítést nem vizsgálták zsírsavprofil szempontjából, leginkább csak azt követték nyomon, hogy a viszkető, dermatitiszes területek nagysága 3 hetente mérve hogyan változik (6 mintavételi időpont). A Szerzők szakmai elemzése alapján a dermatitiszes területek nagysága nem változott érdemben egyik kezelésben sem a 18 hét alatt, de a kísérleti csoportok között sem találtak igazolható eltérést. A lovak magántulajdonúak voltak, és a

cikkben Szerzők azt említik, hogy a lovak állapota a tulajdonosok szerint javult – ezt azonban biológiai aspektusból nem igazolták. Feltételezhetően a viszketés mértéke csökkenhetett az állatoknál, bár a kezelésektől függetlenül történt a fenti megállapítás.

1.7. A faggyúmirigyek működése, a faggyú bioszintézise

A faggyú a faggyúmirigyek által kiválasztott termék. Ezek a mirigyek minden emlős állatban megtalálhatóak, a bálnák és a delfinek kivételével (Nikkari, 1974). A faggyú túlnyomó része főként semleges/neutrális lipidek keverékéből áll, melyeket a mirigy szintetizál (de novo). Ez a lipid holokrin szekréció során keletkezik, melynek során a lipid tartalmú sejtek „szétesnek” és váladékukat a faggyúcsatornán keresztül a bőrre, bőrfelszínre juttatják. A faggyú egyik fő feladata, hogy a szőrt és a bőrt vízhatlan védőbevonattal lássa el. A madarakban megtalálható „preen mirgy” is hasonló funkciót lát el, de azt nem soroljuk be faggyúmirigynek. A rágcsálók preputiális mirigyei speciális faggyúmirigyek, melyeknek a feromonok felszabadítása a feladatuk.

A faggyú összetétele igencsak érdekes, mert sok olyan alkotóelemből áll, mely sehol máshol nem található meg a testben. Wheatly (1956) korai közlése szerint a faggyú összetétele kifejezetten fajspecifikus. A modern kromatográfiás módszereknek hála az elmúlt két évtizedben nagymértékben nőttek annak kémiaiájára és részletes összetételére vonatkozó ismereteink. Bár megjelent néhány releváns tanulmány (Wheatley és James, 1957 ; Nicolaides és mtsai, 1968, 1970; Nikkari, 1969), de a legtöbbben csak egy adott fajt vizsgáltak. A jelen áttekintés a különböző eredményeket oly módon foglalja össze, hogy könnyebb legyen átlátni az egyes fajok közti különbséget.

Nikkari (1974) szerint gyakorlatilag lehetetlen tiszta, szennyeződésmentes faggyúhoz jutni. Még az izolált faggyúmirigyek lipidkivonatának tanulmányozása során is (Kellum, 1966, 1967) fennáll a bőr eredetű mintaszennyezés lehetősége; az éretlen sejtek nagy része is szerepel a mintában, és még megállapításra vár, hogy van-e különbség a lipidösszetételben ezen sejtek és az érett faggyúmirigyek között. Könnyebb elkülöníteni a bőr alatti mirigyek szennyezetlen termékét, de mint arról később szó lesz, annak összetétele feltűnően eltér az igazi faggyúmirigyek összetételétől.

Nikkari (1974) cikkében ismertetett összes, hivatkozott tanulmányban a faggyúmintákat a bőrfelület, vagy a szőr szerves oldószerekkel történő extahálásával nyerték ki (Nicolaides, 1963; Wheatley, 1963; Nicolaides és Kellum, 1965; Nikkari, 1965). Általánosan elfogadott, hogy a bőrfelszíni lipidek fő alkotóelemei faggyú eredetűek.

A hámsejtek bőrfelszíni lipidekhez való hozzájárulása viszonylag kicsi, de fontossá válik a kisebb összetevők, például az emberi bőrfelület szteroljainak vizsgálatában (Nikkari, 1974).

A bőrfelszínen megjelenő faggyú összetételének analitikai módszereit Haahti (1961), Nicolaides (1963), Wheatley (1963) és Nikkari (1965) ismertették (cit. Nikkari, 1974). A jelen áttekintésben idézett szerzők némileg eltérő, de alapjában kétféle módszert alkalmaztak.

Az első során hidrolízissel előállított termékek elemzése történt, ami magába foglalta a faggyú elszappanosítását vizes - alkoholos - kálium- vagy nátrium-hidroxid-oldatban történő melegítéssel, így a viaszok, szterin-észterek, és gliceridek észterkötései felbomlottak. (Ez a hidrolitikus kezelés nem befolyásolja az alkin- és alkin-1-enil- gliceridekben lévő éterkötéseket, és az eredeti mintában jelenlévő szkvalén vagy más szénhidrogének is változatlanok maradtak.) A semleges elszappanosodási termékeket (nem elszappanosítható lipidek) ezt követően kis polaritású szerves oldószerrel (általában n-hexánnal) extrahálták. A zsírsavakat (melyek elszappanosíthatók) az alkoholos fázis savanyítása után hasonlóan, hexánnal extrahálták. Egyes vizsgálatok során az elszappanosítható és nem elszappanosítható frakciókat együtt nyerik ki a savasított alkoholos fázisból, ezt követően kromatográfiás eljárásokkal elválasztják (Nikkari, 1965, 1969; Nicolaides és Ansari, 1968). Közös az eljárásokban, hogy a glicerin visszamarad/oldatban marad, ami szükség esetén általában kolorimetrikus kerül meghatározásra.

A fenti módszertan röviden tehát arra mutat rá, hogy a faggyú legnagyobb részben zsírsavtartalmú (neutrális) lipidekben gazdag, viszont vannak nem elszappanosítható frakciói is, melyeket általában célzottan szükséges extrahálni.

Nikkari (1974) cikkében a nem elszappanosítható anyagokat alumínium-oxid oszlopkromatográfiával, majd a szkvalén és a szterolok kolorimetriás kvantifikációjával választották el (Wheatley, 1954; Wheatly és James, 1957; Nicolaides és Wells, 1957; Dowling és mtsai., 1960), a 7-dehidrokoleszterin meghatározása adszorpciós kromatográfiával (Wheatley és James, 1957; Boughton és Whealtery, 1959) vagy vékony-réteg kromatográfiával (TLC) szilikagél G lapon történt, majd az összes frakció elemzése gázkromatográfiával (GLC) fejeződött be (Nikkari és Haahti, 1964; Nikkari, 1965, 1969); a szterolokat vékony-réteg-kromatográfiával tovább frakcionálták ezüst-nitráttal impregnált szilikagélen, és végül GC-elválasztást követően azokat tömegspektrométerrel azonosították (Miettinen és Luukkainen, 1968).

1.7.1. Az emlősök bőrfelületének és szőrének lipidjei

Nikkari (1974) cikkére alapozva a faggyúban vagy faggyúszerű anyagokban található főbb alifás komponensek (hidrolitikus terméként értelmezett) részarányát lehet látni az 1. táblázatban.

1. táblázat: Emlős faggyúmirigyek által termelt faggyú lipid osztály összetétele, a hidrolizálható frakcióra vonatkozóan (Forrás: Nikkari, 1974)

	Ember			Patkány		Egér	Tengerimalac	Nyúl	Bárány		Ökör
	Felnőtt	Újszülött									
Összes el nem szappanosítható lipid	30	38	49	50	41	55	45	46	46	52	43
Szqualének	12	2.6		0.4	0	0	0	0	0		
Szterolok	2.6	20		25	10	13	21	3.9	26	39	14
Egyértékű alkoholok	12	5		17	18	5.9	5.0	31	9.0	4.9	
Alkán-1,2-diolok				6	2.9	28	11	2.2	2.5	3.4	
Összes zsírsav	68	44	40	50	59	44	55	53	55	48	53

1.7.1.1. Szabad zsírsavak és gliceridek

A felnőtt emberi faggyú kétszer több elszappanosítható anyagot tartalmaz, mint nem elszappanosíthatót, míg más fajoknál ez az arány nagyjából megegyezik (1. táblázat). Ez összhangban van azzal a megállapítással (Wheatly, 1956), hogy míg az emberi faggyú több mint fele trigliceridekből és szabad zsírsavakból áll, a rágcsálók, nyúl és juhok esetében annak kevesebb mint 10%-a a szabad zsírsav és szinte nem található benne triglicerid. Ezeket a megállapításokat Nicolaides és mtsai (1968) is megerősítették és nem volt kiemelhető mennyiségű szabad zsírsav, vagy triglicerid a szőr mintákban a csimpánz, pávián, hörcsög,

tengerimalac, kutya, macska, kecske vagy tehén esetében (kvalitatív TLC elválasztásra alapozva (Nicolaidés és mtsai, 1968).

A szabad zsírsavak ebben a formában nincsenek jelen a faggyúmirigyekben, hanem a trigliceridekből képződnek lipázok hatására, amikor a faggyú már eléri a bőr felszínét (Nicolaidés és Wells, 1957; Nicolaidés, 1963; Kellum, 1967). A lipázok nem a gazdaállatok saját enzimeik, a bőr baktériumai lipolitikus termelnek enzimeket (pl. Freinkel és Shen, 1969; Marples és mtsai., 1971). Nincsen más olyan emberi vagy állati faggyúban található észter, ami ugyanolyan mértékben lenne hidrolizált, mint a trigliceridek (Nicolaidés, 1963; Downing, 1970), hiszen akár mindhárom zsírsav is leválhat a glicerintről. Összehasonlításképpen: a magzatmáz lipideinek egynegyede triglicerid, de a szabad zsírsavak gyakorlatilag hiányoznak belőle, ugyanúgy mint a patkány, és az egér preputiális mirigyének lipidjeiből.

1.7.1.2. Egyértékű alkoholok és monoészter viaszok

Korai tanulmányokban tisztázták az egyértékű alkoholok szerkezetét, és összetételét a birka, és emberi faggyú esetében, majd ezt felülvizsgálta Nicolaidés és Ray (1965). Mind a telített, mind a telítetlen alkoholokban négy fő lánc típust találtak az emberi faggyúban (Nicolaidés, 1967):

- (A) Egyenes, páros számú szénatomot tartalmazó láncok;
- (B) Egyenes láncok, páratlan számú szénatommal; monometil csoporttal;
- (C) Iso;
- (D) anteiso láncok.

Ezen kívül előfordulnak kis mennyiségben egyéb elágazó láncú alkoholok. A gázkromatográfiás adatok alapján az egyértékű alkoholok közel azonos homológ sorozattal az összes eddig vizsgált faj faggyújában egységesen előfordulnak. Ezen alkoholok lánc hossza általában viszonylagosan hosszú és növekedik az alábbi sorrendben: felnőtt humán faggyú (C10-C20, maximum C20; Haahti és Horning, 1963; Nicolaidés, 1967); humán magzatmáz (C14-C26, maximum C24; Karkainen és mtsai., 1965). Patkány faggyú (C14-C32, maximum C24; Nikkari, és Haahi, 1964) és bárány faggyú (C16-C33, maximum C26-27-nél; Downing és mtsai., 1960).

Monoészter viaszok minden faggyúban előfordulnak. Részarányuk meglehetősen alacsony a faggyúban az egér, a nyúl, és a macska esetében, ahol a diészter viaszok különösen

kiemelkedőek, valamint kecske és tehén faggyúnál (Nicolaides és mtsai., 1968 ahol azonosítatlan, feltehetően diészter viaszok alkotják a lipidek jelentős részét. Tömegspektrometriával elemezve a patkány faggyú monoészteres viaszának átlagos molekulatömege 592 volt (Nikkari, 1965), ami átlagosan 40 szénatomos láncnak felel meg. Az emberi faggyúban található viasz átlagos molekulatömege valamivel kisebb, 562 (Nicolaides, és Foster, 1956), ez rövidebb szénláncot jelent.

A fenti fejezetek szerint tehát jelentős mennyiségű zsírsavtartalmú, elszappanosítható lipid fordul elő az emlősök faggyúmirigy-váladékában, mely már a korai elemzések szerint is nagyon sokrétű összetételt mutat. A következő fejezetben a szekréció sajátosságait mutatom be.

A lovakon hasonló témában végzett kísérletek közül kiemelendő, hogy Colton és Downing (1985) azt vizsgálták, mennyi idő szükséges a faggyúmirigyek számára, hogy a bőrbe juttatott előanyagokból azokat (illetve azok szénatomjait) érdemben is tartalmazó faggyút szekretáljanak. A munka alapvető feltételezése az volt, hogy az emberi faggyúmirigyek számára ismert módon jelentősebb időintervallum (~ 5 nap) szükséges ahhoz, hogy a táplálékmegvonást vagy kiegészítést a faggyú visszatükrözze (Pochi és mtsai, 1970). Ennek az időtartamnak az elemzésére hagyományosan ^{14}C izotóppal jelölt acetátot használnak mint intradermálisan injektált előanyagot. A faggyú bioszintézis során a jelölt szén beépül a szekretált lipidekbe és ott intenzitása meghatározható. Jellemzően az izotóp a trigliceridekbe, a foszfatidokba, a viaszokba és a szkvalénba épül be (Colton és Downing, 1985), bár ha ezen folyamat időigényét tekintjük, a foszfatidokban fogyás, a szkvalénban és trigliceridekben pedig dúsulás tapasztalható. Colton és Downing (1985) szerint ez arra utal, hogy a szkvalén és triglicerid molekulákban lévő zsírsavak a foszfatidokból származnak.

A Szerzők az eredményeket úgy értelmezték, hogy a faggyúsejtek korai fejlődése során, a proliferáció idején minden bizonnyal magasabb mennyiségben van szükség membránalkotó lipidekre. Ezzel összefüggésben azonban a faggyúsejtek lassú elhalása és a holokrin szekréció okán a foszfatidok szerepe a háttérbe szorul és ezzel párhuzamosan a szkvalének és viasz észterek szintézise élénkül fel. A Szerzők eredményei szerint a lovak esetében az intradermális izotóp „felszínre jutásának” ideje, illetve a szekretált lipidekben a maximális intenzitás 20 nap körül alakul (a mintavételek 12 óránként történtek).

1.8. A ló takarmányozási szükségleteinek áttekintése

1.8.1. A lótakarmányokban előforduló zsírok, olajok áttekintése

A lótakarmányozás alapvetően nagyon diverz terület annak ellenére, hogy a hagyományosan legelő állatról van szó, mely kizárólag növényevő. A lovak esetében a „hagyományostól” eltérő takarmányozási protokoll csak akkor jellemző, ha a ló hasznosítása is speciális, pl. igavonás vagy military. Függetlenül ezen egyébként nem ritka esetektől, jelen rövid fejezetben kimondottan a lótakarmányozásban gyakori takarmányfélések zsírsavprofiljáról írok áttekintést.

A tömegadó takarmányok közül a fűszéna, a lucernaszéna alapanyagainak zsírtartalmának zsírsavösszetételét tekintem át, nyilvánvalóan a teljesség igénye nélkül.

Glasser és mtsai (2020) eredményei alapján, akik a lovak takarmányára irányulóan meta-analízist publikáltak, úgy látni, hogy a legfontosabb zsírsavakban a nyers növényi takarmány kifejezetten dús.

2. táblázat. A leggyakoribb ló takarmánynövények meta-analíziséből származtatott zsírsavprofil. (forrás: <https://hal.inrae.fr/hal-02644306>)

Forage	Fescue, fresh	Orchardgrass, fresh	Orchardgrass, silage	Orchardgrass, hay	Orchardgrass, low-quality hay	Ryegrass, fresh	Ryegrass, silage
<i>FA (g/100 g total FA)</i>							
12:0	–	0.34 ± 0.127 n = 4	–	–	–	0.30 ± 0.217 n = 8	0.28 ± 0.126 n = 14
14:0	–	0.58 ± 0.086 n = 5	–	–	–	1.04 ± 0.602 n = 23	1.28 ± 0.778 n = 18
16:0	16.7 ± 3.40 n = 10	20.7 ± 3.59 n = 11	18.4 ± 1.16 n = 7	22.4 ± 3.37 n = 4	28.7 ± 6.55 n = 4	16.7 ± 3.81 n = 68	19.8 ± 3.78 n = 46
16:1	–	1.63 ± 0.914 n = 5	–	–	–	1.99 ± 0.855 n = 25	0.76 ± 0.583 n = 20
18:0	2.95 ± 1.847 n = 10	2.04 ± 0.413 n = 11	1.49 ± 0.060 n = 7	2.78 ± 0.733 n = 6	3.22 ± 0.291 n = 4	1.73 ± 0.926 n = 47	2.08 ± 0.758 n = 32
18:1	3.49 ± 0.963 n = 10	2.79 ± 1.242 n = 12	3.58 ± 0.713 n = 7	–	6.93 ± 2.920 n = 4	2.42 ± 0.845 n = 51	3.03 ± 0.889 n = 36
18:2	13.4 ± 2.15 n = 17	15.7 ± 1.48 n = 12	18.4 ± 2.54 n = 7	16.6 ± 2.19 n = 6	16.0 ± 2.46 n = 4	12.3 ± 2.27 n = 81	14.5 ± 2.23 n = 46
18:3	55.9 ± 2.60 n = 13	51.8 ± 4.86 n = 12	49.4 ± 2.53 n = 7	–	28.1 ± 5.51 n = 4	61.0 ± 7.32 n = 82	53.4 ± 6.12 n = 46
20:0	–	–	1.75 ± 0.230 n = 7	–	–	–	0.69 ± 0.269 n = 9
22:0	–	–	1.11 ± 0.112 n = 7	–	–	–	–

A táblázat alapján jól látható, hogy a lovak számára is esszenciális alfa-linolénsav kiváló forrásai a csenkeszfélék, bár a leggazdagabb ebben a zsírsavban a perjefélék csoportja.

A csomós ebír is kifejezetten gazdag linolénsavban. Érdekes eredmény, hogy az egyszeresen telítetlen zsírsavak együttesen is csak 4-5% közötti arányt adtak. Az omega-6 típusba sorolt

linolsav (C18:2 n6) 10-15% körüli arányt mutatott a leggyakoribb legelőfű fajokban.

Az irodalmi források áttekintése során számos esetben találtam legelőtípusok és gyártók által előállított brand takarmányok vonatkozásában adatokat. Ennek ellenére nagyon hasznos adatnak gondolom a MATE Bőszénfán található legelőterületeinek egy részéről a zsírsavprofil bemutatását, mely talán a leginkább releváns. Az adatok közül az egyszikű fűkeverék eredményeket szemléltetem a 3. és 4. táblázatokban, Nagy és mtsai (2019) nyomán.

3. táblázat. A bőszénfai legelőfű keverék minták növényteni összetétele (forrás: Nagy és mtsai, 2019)

Grass pasture	
White clover (<i>Trifolium repens</i>)	0.1 %–1 %
Red clover (<i>Trifolium pratense</i>)	0.1 %–1 %
Perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i>)	5.1 %–25 %
Soft brome (<i>Bromus mollis</i>)	1.1 %–5 %
Common meadow grass (<i>Poa pratensis</i>)	5.1 %–25 %
Meadow fescue (<i>Festuca pratensis</i>)	0.1 %–1 %
Cock's-foot (<i>Dactylis glomerata</i>)	0.1 %–1 %
Tall fescue (<i>Festuca arundinacea</i>)	1.1 %–5 %
Annual fleabane (<i>Erigeron annuus</i>)	0.1 %–1 %
Wetted thistle (<i>Carduus acanthoides</i>)	0.1 %–1 %
Field bindweed (<i>Convolvulus arvensis</i>)	0.1 %–1 %

4. táblázat. A bőszénfai legelőfű keverék zsírsavösszetétele (forrás: Nagy és mtsai, 2019)

Fatty acid composition	fatty acid composition, weight % of total fatty acids		
	April (means of 4 ind. samples $\pm$ SD)		
C10:0	0.82 $\pm$ 0.84 ^b	2.07 $\pm$ 2.71 ^c	0.26 $\pm$ 0.19 ^a
C12:0	0.28 $\pm$ 0.18	0.31 $\pm$ 0.27	0.26 $\pm$ 0.21
C14:0	0.51 $\pm$ 0.29	0.58 $\pm$ 0.42	0.47 $\pm$ 0.28
C15:0	0.21 $\pm$ 0.15	0.21 $\pm$ 0.16	0.26 $\pm$ 0.00
C16:0	17.7 $\pm$ 4.21	17.0 $\pm$ 6.84	16.5 $\pm$ 1.43
C16:1 n7	0.32 $\pm$ 0.26 ^b	0.30 $\pm$ 0.21 ^b	0.14 $\pm$ 0.07 ^a
C17:0	0.32 $\pm$ 0.28	0.33 $\pm$ 0.31	0.40 $\pm$ 0.16
C18:0	2.60 $\pm$ 1.44	4.36 $\pm$ 4.05	2.58 $\pm$ 0.78
C18:1 n9	3.72 $\pm$ 2.03	5.38 $\pm$ 5.25	2.00 $\pm$ 0.72
C18:2 n6	16.3 $\pm$ 4.38	16.7 $\pm$ 6.45	20.6 $\pm$ 0.47
C18:3 n3	55.1 $\pm$ 15.1	51.0 $\pm$ 27.9	55.1 $\pm$ 3.30
C20:0	0.44 $\pm$ 0.13	0.47 $\pm$ 0.30	0.53 $\pm$ 0.07
C20:1 n9	0.05 $\pm$ 0.06	0.09 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.05
C20:3 n6	0.87 $\pm$ 0.83	0.73 $\pm$ 0.23	0.20 $\pm$ 0.03
C20:3 n3	0.09 $\pm$ 0.02 ^a	0.09 $\pm$ 0.01 ^a	0.11 $\pm$ 0.02 ^b
C22:0	0.64 $\pm$ 0.12 ^a	0.74 $\pm$ 0.43 ^b	0.57 $\pm$ 0.02 ^a
Σ saturated	23.5 $\pm$ 7.64	26.1 $\pm$ 15.50	21.8 $\pm$ 3.11
Σ monounsaturated	4.09 $\pm$ 2.23 ^{ab}	5.77 $\pm$ 5.50 ^b	2.20 $\pm$ 0.74 ^a
Σ polyunsaturated	72.3 $\pm$ 9.93	68.1 $\pm$ 20.96	75.9 $\pm$ 3.90
Σ n6	17.2 $\pm$ 5.21 ^a	17.1 $\pm$ 6.97 ^a	20.7 $\pm$ 0.61 ^b
Σ n3	55.1 $\pm$ 5.1 ^b	51.1 $\pm$ 2.80 ^a	55.2 $\pm$ 3.29 ^b
Σ n6/ Σ n3	0.34 $\pm$ 0.19 ^a	0.44 $\pm$ 0.37 ^b	0.37 $\pm$ 0.01 ^b
Unsaturation index	202.0 $\pm$ 34.4	192.4 $\pm$ 15.38	208.9 $\pm$ 10.1
Average chain length	17.5 $\pm$ 0.18	17.5 $\pm$ 0.37	17.6 $\pm$ 0.08

A táblázati adatok meglepően szoros hasonlóságot mutatnak a nemzetközi adatokkal, ennél fogva azt gondolom, hogy a leggyakoribb legelőfű-félék vonatkozásban jól sikerült bemutatni a legfontosabb zsírsavak arányait/tendenciáit.

1.8.2. Leggyakrabban előforduló lótakarmányok bemutatása

1.8.2.1. A legelő

A lovak, mint növényevő állatok emésztőrendszeri szempontból szignifikánsan nem változtak a háziasítás több ezer éve alatt, ami fontos tényező azt a szempontot figyelembe véve, hogy az életmódjuk napjainkban igencsak eltér a vadon élő társaikétól. Különösen fontos ezt szem előtt tartani a sportcélra tenyésztett, és egyéb komoly fizikai munkát végző lovak esetében, és ugyan a takarmányozás mint tudomány folyamatosan fejlődik, az mai napig vitathatatlan hogy az egészséges, és boldog ló alapvető igénye a jó minőségű legelő.

Fontos megemlíteni, hogy a lovak a legelőn nem csak a táplálkozási szükségleteiket elégítik ki, mivel mint élettér nagyon fontos része van az állatok igencsak nagy mozgásigényének kielégítésében, illetve a legelőn eltöltött idő alatt kialakuló szociális kapcsolatok pozitív hatással vannak a mentális egészségre, és kancák esetében akár az ivari ciklusra is (Tóthi R., 2021).

A lótartás szempontjából sokkal mélyebben és alaposabban lehetne a legelő pozitív aspektusait vizsgálni, azonban dolgozatomban szempontjából, mint takarmányforrás mutatom be a továbbiakban.

1.8.2.2. Legelő összetétel

Általánosságban elmondható, hogy a ló, mint a legtöbb növényevő élőlény különféle preferenciákkal rendelkezik a takarmányok, és így mind a fűfélék között is. Több esetben megfigyelhető, hogy egy a lovak számára szabadon hozzáférhető területen, nem minden fűfajtát fogyasztanak azonos hányadban, sőt van, amihez egyáltalán „hozzá sem nyúlnak”. Erre az eredményre jutottak Krishona és mtsai (2016), amikor hideg évszakos fűmag keverékeket vizsgáltak preferencia, hozam és tartósság szempontjából. A vizsgálat során 8 már kereskedelmi forgalomban lévő, és 4 teljesen új fajta magkeveréket ültettek el, ötszöri ismétléssel. A teljes megfigyelt időszak alatt (2010-2012) a lovak preferenciáját egy 0-100 százalékgig terjedő skálán rögzítették (0 = nem történt fogyasztás, 100 = teljes lelegelés). Végeredményképp pedig megállapítható, hogy a lovak előnyben részesítették a nádképű csenkesz, angol perje, réti perje és réti komócsin összetételű keveréket.

Fontos figyelemmel kísérni a fent említett, és hasonló vizsgálatok eredményeit amennyiben

saját magunk állunk neki legelőt telepíteni, mivel fontos tudni, hogy mi az, amit a ló szívesen elfogyaszt, és egyben jó hatással is van számára. Természetesen manapság többféle előregyártott fűmag keverék rendelkezésünkre áll már hazánkban is. Ezek esetében érdemes a magyar rozsnok és csomós ebír vezérfűvű mixtúrát előnyben részesíteni (Tóthi, 2021).

1.8.2.3. Szálas és tömegtakarmányok

A különféle összetételű zöldtakarmányok szárításával előállított takarmány, a széna, a lovak első számú táplálékaként szolgál. Minőségét, táplálóanyag tartalmát, és élvezeti értékét az állat számára elsősorban a botanikai összetétel határozza meg. Emellett azonban különösen hangsúlyos tényező a szénát alkotó növények fenológiai fázisa is. Ezek a szempontok alapján többféle szénáról beszélhetünk, melyek közül az egyik hazánkban is legelterjedtebb tömegtakarmány a rétszéna, amely ha jó időben, és gondos odafigyeléssel készített, a könnyű munkát végző lovak teljes értékű tápláléka is lehet. Elsősorban ezért is meghatározó a szénakészítés eljárás mikéntje. Az előregedett növényi részeket tartalmazó, későn betakarított széna a megnőtt lignin, és csökkenő fehérjetartalom arány miatt ugyanis kedvezőtlen étrendi hatású (Tóthi, 2021). Fontosnak tartom megemlíteni, hogy lehet a szénakészítés eljárása és időzítése tökéletes, ha azonban a precíz tárolás fontosságát figyelmen kívül hagyjuk. A penészes, rothadt, poros széna nemcsak kevésbé ízletes, de komoly emésztőszervi, és légzőszervi betegségek (például kehesség) kialakulásához vezethet.

Az ideális összetételű, és jó minőségű széna a takarmányozás alapköve, minimális adagja intenzíven dolgozó lovak esetében is legalább 0,5kg/100kg testtömeg (Tóthi, 2021), de akár ad libitum is etethető, célszerűen szénahálót alkalmazva.

Azt meghatározni, hogy adott egyed adott edzési körülmények között pontosan mennyi szénát fogyaszthat ideális esetben nagyon nehéz. Azonban különösen hasznos információkat kaphatunk abból kiindulva, hogy ad libitum etetés esetén a ló ösztönösen milyen fajtájú szénából, és mennyit fogyaszt. Anna és Bryn (2012) munkájában, egy kísérlet alatt 4 különböző széna (lucerna, zab, búza, és teff) ad libitum etetése mellett figyelték meg az állatok fogyasztásának mennyiségét, és preferenciáját. A 4 hetes vizsgálat időtartama alatt megállapítható volt, hogy a részt vevő 2 ló szignifikánsan nagyobb mértékben fogyasztott lucernaszénát, mint búza-, és teff szénát, és a zab széna volt a legkevésbé fogyasztott takarmány. Az említett takarmányok szárazanyag bevitelle az 5.táblázatban látható. A lucernaszéna emellett azért is kiemelendő mivel ez az egy fajta fedezte (az elfogyasztott

menyiségben) a lovak teljes táplálóanyagszükségletét, ebbe beleértve az emészthető energiát, nyersfehérjét, lizint, kalciumot, és foszfort.

Következtetésképpen elmondható, hogy a kifogástalan minőségű lucernaszéna kis adagban, főként fűszénával keverve tökéletes kiegészítő lehet, amennyiben azt a ló fehérjeigénye megkívánja.

5. Táblázat. Önkéntes szárazanyag bevitel a különböző típusú szénák esetében

(Forrás: Anna, 2012)

	Lucerna	Teff	Zab	Búza
Szárazanyag bevitel/Testtömeg (%)	1.71 ± 0.05	1.37 ± 0.06	1.03 ± 0.06	1.43 ± 0.04
Szárazanyagbevitel/felkínált takarmány (%)	87.2 ± 2.0	70.9 ± 2.6	54.8 ± 2.8	75.5 ± 2.0

Természetesen nem elhanyagolhatóak a gyengébb minőségű, zamatanyagokban szegényebb tömegtakarmányok sem, mint például a szántóföldi fűféléket tartalmazó szénák, de a dolgozatom szempontjából csak a főbb fajtákat részleteztem.

1.8.2.4. Abraktakarmányok

Általánosságban elmondható, hogy az abraktakarmányok energiában gazdagok, nyersfehérje tartalmuk közepes, és átlagosan 11-16 MJ emészthető energiát tartalmaznak (Frape, 2013a), de a beltartalmi értékeik különböznek egymástól. Ezt az állítást támasztja alá Bodó és Hecker adatait tartalmazó 6. táblázat.

6. Táblázat. Különböző gabonafélék beltartalmi értékei.

(Forrás: Bodó I., Hecker W., 2013)

	Energia tartalom MJ DE/kg	Emészthető nyersfehérje (%)	Ca (%)	P (%)	Nyers rost (%)	Nyers zsír %
zab	11-12	9-9,5	0,07	0,37	10-12	4-5
árpa	13-15	10	0,07	0,4	5-6	1,8
búza	14-16	7-10	0,06	0,35	10	1,5
kukorica	15-16	8-8,5	0,06	0,36	2-3	3-4

A zab, mint a világban a legtöbb helyen elsődleges lótakarmányként elterjedt gabonaféle rosttartalma viszonylag magas, könnyen emészthető, sok és hosszú ideig fennmaradó energiát biztosít. Különböző előkészítést nem igényel, a mag mérete és formája rágásra tökéletesen megfelel, így a ló éves kora felett már nem igényelt a roppantást, viszont a jobb táplálóanyag kihasználás érdekében ajánlott lehet (Tóthi, 2021).

A ló jóléte szempontjából különösen nagy odafigyelést igényel azonban a takarmány forrásának megválasztása. Akárcsak a szálatakarmányok esetében itt is nagyon fontos az érzékszervi vizsgálat, mielőtt a lónak adjuk a takarmányt. Az abrakszemek legyenek tiszták, épek, ne tartalmazzanak idegen szemeket. Továbbá nem lehet penészes, dohos, avas, fülledt, bármilyen a megfelelő állapottól eltérő, ami esetleg romlottságra utal. Kerülni kell mindenféle olyan takarmányt is, amiben rovar, vagy rágcsáló okozta károkat vélünk felfedezni.

A jó minőségű, egészséges zab kiváló kiegészítés lehet komolyabb munkát végző lovak számára, nem beszélve arról, hogy kellemes édeskés íze miatt szívesen is fogyasztják az állatok.

A zabnál magasabb energia, és fehérjetartalmú abrak az árpa, amely nagyobb keményítőtartalma miatt csak körültekintő szoktatás után etethető. A magon található toklászt feltűnően szorosabban helyezkedik el, mint a zab esetében, ezért is előkészítésként roppantás vagy darálás javasolt. Önmagában, vagy zabbal keverve is jó takarmány lehet, viszont ügyelni kell rá, hogy a lovak vérmérsékletére „tompítólag hat”, így elzsírosodáshoz/elhízáshoz vezethet (Frape, 2013b).

Szinten ismert és elterjedt ízletes gabonamag a kukorica, amely a legnagyobb energiakonzentrációjú (15-16 MJ DE/kg) abraktakarmány. Energiatartalmának túlnyomó részét a benne felhalmozott keményítő adja, illetve a 3-4%-ot kitevő csíraolaj. Jelentős mennyiségű ízanyaga miatt az állatok előszeretettel fogyasztják, kevésbé ízletes abrakfélék javítására tökéletes.

Lótakarmányozási szempontból fontos odafigyelni a mértékre, mivel szükségtelenül etetve izzasztó hatású lehet. Magas az E-vitamin tartalma, továbbá zsírában magas a telítetlen zsírsavak, elsősorban a linolsav aránya. Etetése zabbal, árpával keverve, takarmánykeverékekben, zúzva, vagy pelyhesítve ajánlott (Tóthi, 2021).

Ugyan a búza is a lótakarmányok közé sorolható, használata nem gyakori, és nagy mértékben nem is ajánlatos. A mag méretéből, és alakjából adódóan a ló nehezen tudja csak megrágni az egész szemet, gyakran egészben lenyeli. Előkészítésként a durvára darálás célszerű, mivel a finom őrlésű búza emésztési problémákat okoz, a pelyhesítés pedig túlzottan drága folyamat.

Ugyan nyersfehérje tartalma igen magas, de biológiai értéke szinte azonos a többi gabonafélével, mivel kicsi lizin-, metionin-, és treonintartalma korlátozza a benne lévő fehérje hasznosulását (Schmidt, 2003).

Egyéb előforduló gabonamagvak még a tritikálé, rozs, köles, és a cirok, de ezek kis arányban jelennek meg a ló takarmányozásában.

1.8.2.5. Keveréktakarmányok

A takarmányfeldolgozási technológiák fejlődésével egyre jobban előtérbe kerülnek a keveréktakarmányok, kiemelten a nehéz fizikai munkát végző versenylovak esetében. Számos jó tulajdonságuk közé tartozik, hogy széles skálájú kínálatból egyszerűen megtalálható az adott lónak legideálisabb takarmány. Többségük pellettált formában elérhető, mely tápokra a hőkezeléssel előállított, nagyméretű, könnyen emészthető, hosszú ideig rágható, hengerszerű struktúra jellemző.

Az eljárás többletköltségének ellenére a pelletálásnak számos pozitívuma van, mint például, hogy az etetés során kevesebb a veszteség. Porirritációja kisebb, ami ideális főként légúti problémákkal küzdő lovak számára. Továbbá lassúbb evésre készíti az állatot, ami a fokozott nyáltermelés révén csökkenti a gyomorfekély kialakulásának kockázatát.

Az ún. sportló müzlikeverékek is igencsak népszerűek, nagy mennyiségben tartalmazzak hőkezelt gabona-, és olajos magvakat, növényi olajokat (lenolaj), szerves kötésű mikroelemeket, szárított sárgarépat. A piacon továbbá kaphatóak abrakkiegészítő lótápok is, főként granulált formában (4-12 mm). Ilyen például a csikótáp, vagy vemhes kancatáp (Tóthi, 2021).

1.8.2.6. Kiegészítők, vitaminok

A takarmánykiegészítők megannyi fajtája is különösen hódít napjainkban. Feladatuk, hogy pótolják mindazt (vitaminok, ásványi anyagok, mikro-, és makroelemek) amit az állat a mindennapos tömeg-, és abraktakarmánnyal nem, vagy nem kellő mennyiségben visz be a szervezetébe. Az egyik legfontosabb, és elengedhetetlen kiegészítő a takarmánysó, amit célszerű ad libitum biztosítani az állatok részére, nyalósó formájában.

Emellett pedig ma már mindent megtalálunk a lovasboltokban amire szükségünk lehet, a különféle vitaminoktól kezdve, az ízületerősítőkön át, az antibiotikumok, és hozamfokozókig.

1.8.3. A lovak táplálóanyag szükséglete

A lótartás egyik legnehezebb kérdése, hogy miből és mennyit adjunk az állatunknak, hogy az a munkavégzésének megfelelően elégítse ki a táplálóanyag szükségleteit. A lényegét összefoglalva a lovunkat akkor takarmányozzuk megfelelően, ha az etetett takarmány táplálóanyag összetétele megegyezik az állat táplálóanyag iránti szükségleteivel. Természetesen a témakör ennél sokkal összetettebb, így én Frape 2013(b) munkája alapján foglalom össze a főbb információkat.

A megfelelő takarmányadag összeállításánál három elemi szempontot is figyelembe kell venni, melyek a következők:

- A lovunk energia-és táplálóanyag szükséglete,
- A rendelkezésre álló takarmányok táplálóanyag összetétele,
- A ló takarmányfelvevő képessége.

Ezek közül a takarmányfelvevő képességet, és az étvágyat további tényezők is befolyásolják:

- Az emésztőtraktus befogadóképessége,
- Az emésztendő takarmány haladásának üteme,
- Az emésztés során keletkező termékek koncentrációja a bélben,
- A ló energiaszükséglete,
- A takarmány energiatartalma, és kémiai összetétele.

Az életfenntartáshoz, és munkavégzéshez szükséges energiát emészthető energiában (digestible energy, DE) fejezzük ki melynek mértékegysége MJ. Ez nem más, mint a

felszívódott tápanyagok energiatartalma. Kiszámítása során a felvett takarmány energiatartalmából ki kell vonni a bélsárral ürülő, emészthetetlen anyagok energiatartalmát.

Az életfenntartáshoz szükséges energián a ló testsúlyának növekedés, és csökkenés nélküli fenntartását értjük, amikor az állat áll, vagy lassan sétál. Leginkább a testsúly függvénye, mely a ló súlyának mérésével, vagy becslésével kapható meg.

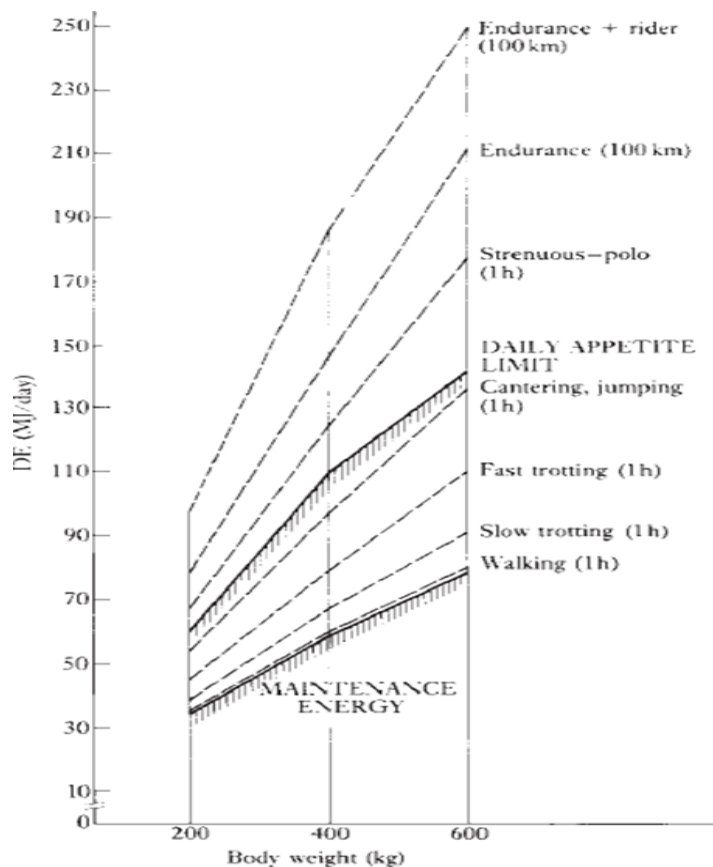
(Testsúly kg = (övméret cm² x hossz cm)/11877)

Ezen felül az életfenntartó szükségletet befolyásolhatja még az állat ivara, a környezet, betegség, kondíció, és életkor is. Az NRC (2007) ezért is kategóriákba sorolja a napi energiaszükségletet. Minimális szinten 127 kJ/testsúly, átlagosan 139 kJ/testsúly, a jelentős igény pedig 152kJ/testsúly.

A lovat manapság már valamilyen céllal tartjuk, így nem elég az életfenntartó szükségletét fedezni, számítani kell a termelés (munkavégzés, vemhesség, tejtermelés, növekedés) energiaszükségletére is. A termeléshez, vagy munkavégzéshez szükséges energia az elvégzett munkával, vagy a termelés eredményének szükségletével adható meg.

A munkavégzés szükségletét is megannyi tényező alakítja, úgy mint a munka ideje, intenzitása, gyakorisága, a ló edzettségi állapota, lovas súlya, és a környezeti tényezők, ahogyan a 3.ábra is mutatja. Sokak számára érdekes lehet, de az életfenntartó energiaszükséglet nem konstans, az aktivitás növekedésével arányosan nő. Ez alapján a könnyű-,és közepes munkavégzés esetén 139kJ/testsúly, nehéz, és intenzív munkavégzés esetén 152kJ/testsúly. Ezt figyelembe véve az NRC (2007) 4 kategóriába sorolja a munkavégzés energiaszükségletét könnyűtől a nagyon nehézig.

Egy átlagos lótartó számára ezek a számok azonban nem sok tényleges információt szolgáltatnak, inkább csak mint egy támpont szolgál. Ami lényeges, hogy minél intenzívebb a ló munkáltatása, célszerű annál több abraktakarmánnyal kiegészíteni a takarmányt, mivel az abraktakarmányok a tömegtakarmányokkal szemben szárazanyag-kilogrammonként több energiát tartalmaz.



3. ábra A napi életfenntartáshoz és a munkavégzés állandó mértékű emelkedéséhez szükséges energia mennyisége 3 különböző testsúlyú ló esetében.

(DE= emészthető energia, Body weight= testsúly, Daily appetite limit= napi felvételi limit, Maintenance energy= Életfenntartó energia, Walking= séta, Slow trotting= lassú ügetés, Fast trotting= gyors ügetés, Canter-jumping= vágta-ugrás, Strenuous-polo= nehéz munkavégzés-polo, Endurance= távlovaglás) (Forrás: Frape, 2013a)

2. Anyag és módszer

2.1. Vizsgálati minták

A vizsgálat során két, ugyanazon istállóban, és ugyanolyan tartási körülmények között tartott középkorú ló szőrét elemeztük. Az egyik vizsgált egyed egy 9 éves sárga kanca (Cinderella), a második pedig egy 7 éves sárga herélt (Leonardo). Mindkettő ló hasonló edzéseken vesz részt, és aktívan versenyez díjugratásban.

Az állatok takarmánya napi szinten 50 mL étkezési célra előállított lenolajat tartalmazott. A kiegészítés 50 napig tartott.

A mintavétel során meghatározott időközönként (0. időpont és 10 naponta 1 mintavétel, összesen 6 mintavétel) szőr mintát vettünk mindkettő állat hasi területéről, majd ezek előre feliratozott mintavételi zacskóban kerültek fagyasztásra (-80°C) a feldolgozásig. Mindkét állattól, minden mérésen közel azonos mennyiségű szőrminta került levételre. A feliratok tartalmazták a mintavétel napját, és az adott ló nevét. A vizsgált anyagok begyűjtése gépi nyírás, vagy olló használata helyett kézzel történt, annak érdekében, hogy a szőrnek a bőrhöz legközelebb eső része - ahol a faggyú kiválasztódás történik - is vizsgálható legyen. A mintavétel az állatoknak semmiféle diszkomfortot nem okozott.

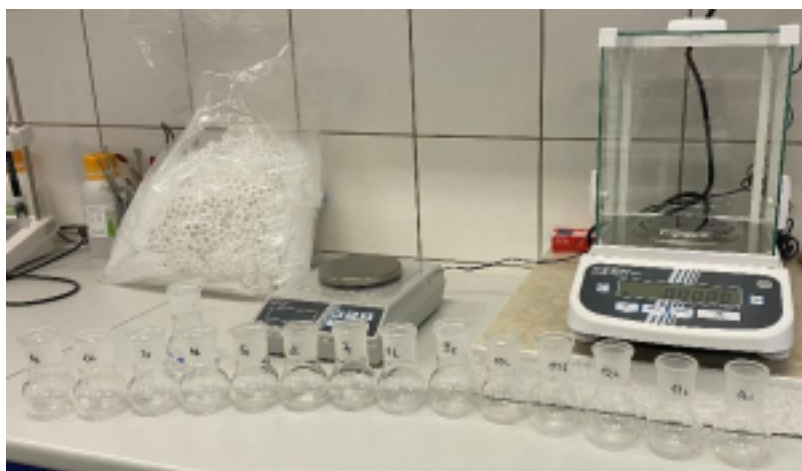
A vizsgálat egészét a MATE Kaposvári Campus Munkahelyi Állatvédelmi Bizottsága 31-2/2022 számon vizsgálatként engedélyezte (1. melléklet).



4. ábra: Lószőrminták feliratozva, zsírtartalom kivonás előtt (Forrás: saját fotó)

2.2. Zsírtartalom kivonás

A szőrminák zsírtartalmát 50 mL térfogatú centrifugacsövekben történő homogenizálással, kloroform/metanol 2/1 térfogat arányú elegyével vontuk ki, ca. 20-szoros oldószer felesleggel, egy lépésben (Folch és mtsai, 1957). A homogenizáló Ultra Turrax T18 Digital típusú volt (IKA, Staufen, Németország). A homogén elegyet 12-16 mikron pórusméretű szűrőpapíron szűrtük, bepárló lombikba öntöttük és az oldószert vákuum (210 mBar) alatt elpárologtattuk, Heidolph Hei-VAP Advantage rotációs vákuumbepárlón, Heidolph Rotavac Valve Tec vákuumpumpa alkalmazása mellett (Heidolph Instruments, Schwabach, Németország).



5. ábra: Bepárlólombikok extrakcióhoz előkészítve (Forrás: saját fotó)

Nemcsak a szőrből, hanem a lovak takarmánymintáiból is végeztünk zsírsavprofil meghatározást. Tekintettel a magas rosttartalomra, a takarmánymintákat lúgos hidrolízissel tártuk fel (50% NaOH, metanol, 80 °C, 1 óra). A keletkezett zsírsav-származékokat (Na-sók vagy szappanok) savas (H_2SO_4) közegben metilésztereztük. A zsírsavprofil meghatározás a 2.4. fejezet szerint történt.

2.3. A zsírtartalom metilészterezése

Az 50 mL-es bepárlólombikból dietil éterrel oldottuk ki a zsírtartalmat, amit 10 mL-es üveg centrifugacsőbe pipettáztunk át. A ca. 10 mg teljes extrahált lipidtartalomhoz Christie (1982) módszere szerint 20 mikroL metil-acetátot, 20 mikroL 1M koncentrációjú Na-metilátot adtuk, majd 5 perc múlva 30 mikroL oxálsavval telített dietil étert adtunk. Az oldatot ezt követően 1500 g értéken 2 percig centrifugáltuk, majd az oldószert elpárologtattuk, és a keletkezett zsírsav metilésztereket 1,5 mL-es mintatartóba pipettáztuk, n-hexánban feloldva.

2.4. Gázkromatográfiás zsírsavmeghatározás

A kapott komplex lipidek (FA) összetételét gázkromatográfiával (Shimadzu Nexis 2030, Kyoto, Japán) határoztuk meg zsírsav-metil-észterek formájában, Phenomenex Zebron ZB-WAX kapilláris (30 m x 0,25 mm x 0,25 mikrométer film, Phenomenex Inc., Torrance, CA, USA) kolonnán végzett elválasztás után. A kromatográfiás kiértékelés a LabSolutions 5.93 szoftverrel, a PostRun modul (Shimadzu, Kyoto, Japán) segítségével, kézi csúcsintegrációval történt. A zsírsav-összetételt az összes zsírsav-metilészter tömeg%-ában fejeztük ki. Az zsírsavak azonosítását egy külső CRM elegy komponenseinek (Supelco 37 Component FAME Mix, Merck-Sigma Aldrich, CRM47885) retenciós ideje alapján végeztük.

3. Eredmények és értékelésük

3.1. A takarmányminták zsírsavprofilja

7. táblázat A lovak által fogyasztott takarmányok zsírsavprofilja

Zsírsav	Széna	Zab	Premix	Pelletált tak	Lenolaj
C12:0	1.10	0.05	1.20	0.02	0.00
C14:0	2.19	0.31	0.67	0.11	0.06
C14:1n5	0.01				
C15:0	0.59	0.02	0.03	0.05	0.03
C16:0	33.2	16.2	17.4	12.7	6.57
C16:1n7	0.25	0.35	0.11	0.14	0.08
C16:2n4		0.02	0.03	0.00	
C17:0	0.45	0.03	0.05	0.05	0.04
C18:0	6.35	1.02	2.19	3.22	4.45
C18:1n9	11.7	33.6	29.4	21.6	21.2
C18:1n7	0.47	1.18	0.53	0.69	0.49
C18:2n6	21.6	44.5	46.4	32.8	15.2
C18:3n3	19.8	1.59	1.10	27.6	51.5
C20:0	0.85	0.10	0.38	0.23	0.13
C20:1n9	0.15	0.81	0.20	0.26	0.10
C20:2n6		0.02	0.01	0.03	0.01
C20:4n6					
C22:0	0.61	0.02		0.14	0.09
C22:1n9	0.05	0.06		0.02	0.00
C23:0	0.32			0.13	0.08
C22:5n3	0.27	0.04	0.07	0.09	
C24:0		0.01		0.02	0.06
telített	45.7	17.8	22.1	16.7	11.5
telítetlen	54.3	82.2	77.9	83.3	88.5
1x telítetlen	12.6	36.0	30.3	22.7	21.9
PUFA	41.6	46.2	47.6	60.6	66.6
n6	21.6	44.5	46.4	32.9	15.2
n3	20.0	1.62	1.17	27.7	51.5
n6/n3	1.08	27.5	39.7	1.19	0.29
telítetlenségi index	116.5	130.1	126.9	171.8	206.6
átlagos szénlánc hossz	17.2	17.7	17.6	17.8	17.9

A lovak által felvett takarmányok mennyiségéről nem rendelkezünk pontos adattal. A tömegadó takarmány nyilvánvalóan a széna volt, amelynél nagyon jól látható az a tendencia, hogy az n3/n6 zsírsavak aránya 1 közeli érték. Ehhez hasonló csak a pelletált takarmányra volt még jellemző, míg a zab és a premix ~30 és ~40-es értékeket mutatott. A fűszéna és a zab zsírsavprofil elemzésekor az adatok nagyon jól visszatükrözik az 1.4.2.1. fejezetben leírt tendenciát, mely szerint a zöld növényi részek omega-3, míg a magvan és a bennük lévő csírák főleg omega-6 zsírsavakban gazdagok.

Amennyiben az eredményeimet a bőszenfai legelőfü-keverék eredményeket hasonlítom, azt tapasztalni, hogy a szénában több a telített zsírsav részaránya és jelentősen kevesebb az omega-3 zsírsavak részaránya is. Nagy valószínűséggel ez az eredmény azért alakult ki, mert a széna napon történő szárítása igen oxidatív szituációként értelmezhető, mely az omega-3

típusú zsírsavakat nagyon erősen és hátrányosan érinti. Glasser és mtsai (2020) eredményeivel összevetve az általam kapott széna-zsírsavprofil talán leginkább a perje összetételre emlékeztet, bár Szerzők csak az egyes zsírsavakra adtak tájékoztatást, a zsírsav csoportokra nem.

Glasser és mtsai (2020) táblázatának 5. és 6. oszlopában magas és alacsony minőségű széna adatsor található. A bemutatott adatok csomós ebírrre vonatkoztak, míg a dolgozatban egyszerű kevert fűszéna szerepel. Az adatok megítélésem szerint jó egyezést mutatnak, annyi kiegészítéssel, hogy a saját eredményeim telítettebb zsírsavprofilra utalnak (C16:0, C18:0 és C20:0). Nem tudom ugyan szisztematikusan igazolni, a telített zsírsavak magas aránya nem megfelelő körülmények közötti tárolásra utal vagy egyszerűen csak hosszú tárolásra, mely alatt a PUFA típusú zsírsavak károsodhatnak.

Szeretném kiemelten kezelni a C18:3 n3 zsírsavat (alfa-linolénsav, ALA). A saját vizsgálatban a szénában ez 20% körüli szinten volt jelen, ami Glasser és mtsai (2020) alacsony minőségű széna adataitól (28%) is elmarad. Ez alapján azt kell feltételeznem, hogy az általam vizsgált szénaminta kifejezetten alacsony minőségű lehetett, kevés zöld résszel (v.ö.: 1.4.2.1. fejezet), ellenben szárban gazdag lehetett. Érdekesnek tartom, hogy a pelletált takarmány ALA aránya is magasabb a szénáénál, ami vagy magasabb minőségű széna felhasználására utal, vagy pedig kis mennyiségű lenmag felhasználásra (v.ö.: Lenolaj adatsor).

Kiegészítés: a MATE KC ÉTI Lipid Laboratóriumában gyakran merül fel állati és növényi zsírokra és olajokra vonatkozóan az a kérdés, hogy ezek mennyiben és milyen módon járulnak hozzá a szövetek zsírsavprofiljának kialakításához? Ismert ugyanis, hogy az állati szövetekben nagyon nagy jelentőségű gyulladásos intermedierek prekursora az arachidonsav (C20:4 n6), ami az állatokban a számukra esszenciális C18:2 n6, linolsavból alakul ki. Növények esetében az arachidonsav nem jellemző és tapasztalatunk szerint nagyon jól alkalmazható arra ezen anyag kimutatása, hogy történt-e állati komponenssel szennyeződés. Tekintettel arra, hogy növényevő állatok állati eredetű takarmányt nem fogyaszthatnak, a takarmányuk nem tartalmazhat arachidonsavat. Ezt – egészen pontosan az arachidonsav hiányát - jelen esetben sikerült igazolnunk. Érdekes megvizsgálni ugyanakkor a takarmánykomponensek adatait is: a zab és a premix 2x magasabb arányban tartalmazza a prekursor linolsavat, összehasonlítva azt a szénával és a pellettel.

3.2. Szőrminták zsírtartalmának zsírsavprofilja

A szőrmintákban, azok zsírtartalmában detektált zsírsavak százalékos megoszlását a 8. táblázatban mutatom be.

8. táblázat: Cinderella és Leonardo szőrmintáinak zsírsavprofilja, a kezelés teljes idejére vonatkozóan (C: Cinderella, L: Leonardo, 0....6: mintavételi időpontok)

zsírsav / ló neve_mintavételi időpont	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	L_0	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
C10:0	0.08	0.02	0.02	0.04	0.04	0.01	0.10	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02
C12:0	0.69	0.16	2.29	0.19	0.45	0.17	0.50	0.18	1.01	0.20	0.34	0.16
C14:0	2.59	1.66	2.55	1.61	1.85	1.11	2.09	1.14	1.66	1.26	1.54	0.96
C14:1	0.06	0.04	0.00	0.04	0.03	0.01	0.06	0.02	0.03		0.02	0.01
C15:0	0.25	0.87	0.54	0.81	0.23	0.47	0.88	0.89	0.82	0.48	0.93	0.61
C15:1	0.17	0.13	0.16	0.10	0.15	0.15	0.11	0.22	0.18	0.11	0.18	0.15
C16:0	50.91	50.14	49.85	49.57	50.03	42.81	50.47	47.33	50.45	51.45	49.48	35.04
C16:1	0.24	0.09	0.09	0.09	0.19	0.10	0.26	0.14	0.12	0.18	0.31	0.15
C17:0	0.17	0.21	0.18	0.17	0.20	0.16	0.19	0.20	0.18	0.16	0.21	0.15
C18:0	38.70	40.32	39.47	40.61	40.64	36.17	38.73	44.87	41.57	42.34	40.65	29.44
C18:1n9	2.84	2.77	2.04	2.55	2.50	4.91	2.93	2.06	1.37	1.38	2.38	8.42
C18:1n7	0.15	0.10	0.11	0.12	0.14	0.18	0.18	0.12	0.09	0.10	0.20	0.29
C18:2n6	1.33	1.45	1.17	1.42	1.47	3.66	1.34	1.51	1.04	0.89	1.47	5.93
C18:3n3	0.13	0.13	0.11	1.11	0.13	8.84	0.13	0.06	0.09	0.22	0.08	17.45
C20:0	0.59	0.46	0.42	0.47	0.59	0.45	0.53	0.39	0.48	0.45	0.53	0.39
C20:1n9	0.04	0.03	0.03	0.04	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.09	0.08
C22:0	0.35	0.24	0.21	0.23	0.40	0.24	0.29	0.15	0.25	0.19	0.34	0.24
C22:1n9	0.01	0.04	0.04	0.04	0.01	0.03	0.02	0.04	0.06	0.03	0.06	0.04
C24:0	0.36	0.20	0.22	0.21	0.36	0.17	0.21	0.20	0.26	0.19	0.38	0.21
C22:6n3	0.33	0.95	0.49	0.59	0.54	0.32	0.96	0.43	0.32	0.33	0.78	0.28
telített	94.70	94.28	95.75	93.91	94.78	81.74	93.99	95.36	96.69	96.72	94.42	67.22
telítetlen	5.18	5.59	4.14	4.98	5.09	9.42	5.89	4.58	3.22	3.06	5.49	15.33
egyszeresen telítetlen	3.52	3.20	2.48	2.98	3.08	5.43	3.60	2.64	1.87	1.85	3.24	9.12
főbbszörösen telítetlen	1.79	2.52	1.77	3.11	2.15	12.83	2.42	2.00	1.44	1.44	2.34	23.66
n6	1.33	1.45	1.17	1.42	1.47	3.66	1.34	1.51	1.04	0.89	1.47	5.93
n3	0.46	1.07	0.60	1.69	0.67	9.17	1.08	0.49	0.40	0.55	0.87	17.73
n6:n3	2.88	1.35	1.93	0.84	2.20	0.40	1.23	3.07	2.56	1.61	1.70	0.33

A táblázat jól szemlélteti, hogy a szőrmintákról nyert zsír meglehetősen gazdag volt **telített** zsírsavakban. A 0. időpont (lenolaj etetés előtt) a palmitinsav és a sztearinsav (C16:0 és C18:0) közel 90%-át adta az össze zsírsavnak. Az ezen zsírsavaknál alacsonyabb, de még „érdemi” arányt mutató két zsírsav a C14:0, mirisztinsav volt, mely szintén telítetlen, valamint az egyszeresen telítetlen olajsav (C18:1 n9) és a 2x telítetlen linolsav (C18:2 n6).

Egyszeresen telítetlen zsírsavak közül a mirisztolajsav (C14:1), pentadecénsav (C15:1), a palmitoleinsav (C16:1), az olajsav és a cisz-vakcénsav (C18:1 n7), valamint a gondoénsav (C20:1 n9) és az erukasav (C22:1 n9) voltak kimutathatók a szőrmintákból.

Az **omega-6** típusú zsírsavak egyetlen képviselője a profilban a linolsav (C18:2 n6) volt. Az **omega-3** típusú zsírsavak közül már a zsírsav-kegészítést megelőzően is jelen volt alfa-linolénsav (C18:3 n3) a profilban; meglepő módon a szekretált faggyúban dokozahexaénsav (C22:6 n3) is jelen volt, ami a leghosszabb és legteltetlenebb sav az egész zsírsavprofilban.

A kiindulási állapotban a főbb zsírsavcsoportok egymáshoz viszonyított arányában a ~95% telítetlen zsírsav volt domináns, de érdekes módon az egyszeresen telítetlen savak csak ca.

2x-esen haladták meg a többszörösen telítetleneket. Utóbbi csoport n6 és n3 savakra való megoszlása igen kedvezőnek tűnik, az omega-6 savak kismértékű többletével.

A fenti eredmények irodalmi adatokkal való összevetése meglehetősen komplikált, mivel alapvetően vagy faggyú adatokkal, vagy kérődző lanolinnal lehet releváns az összehasonlítás. A lanolin viszont nem monogasztrikus állat terméke.

Nagyon érdekes eredményt sikerült találnom az irodalom szisztematikus áttekintése során. A lanolin alapvetően gyapjúzsír és a szekréciója kapcsán folytatott irodalmi keresés során „penetrációs teszt” eredményt sikerült fellelni. Butcher (1953) eredménye szerint patkány bőrén in vivo viszonylag gyorsan halad az irha irányába mind a lanolin, mint a linolsav. Ennek a munkának azonban inkább kozmetikai vagy dermatológiai jelentősége van.

Amennyiben a szőrszálakról izolált lipid összetételét karakterizálni szeretném, viszonylag nehéz dolgom volt. Releváns szakirodalmat alig találtam. Szabó és mtsai (2007) komparatív triglicerid adatai szubkután mintákat hasonlítottak össze, de kellően nagy mintaszámon. Amennyiben a lovak mintáit ezen adatsorhoz hasonlítom, úgy a 95%-ig telített zsírsavprofilhoz (6. táblázat) lenne szükséges valamilyen hasonlóságot találnom. Ez a fajta plamitinssav-linolsav dominancia a gímszarvas faggyúban jellemző még, bár annak „csak” 85% a telített aránya. Rénszarvas mintában 63,5% a telítettség, de a monogasztrikusokban (sertés, nyúl, lúd) ez 30-40% közé esik. Összegezve: azt találtam, hogy a ló faggyúmirigyei által szekretált lipidek összetétele meglehetősen telített, bár nem tudom megítélni, hogy telített vagy a bőrfelszínen válik csak azzá. Mindenképpen figyelemre méltónak gondolom, hogy egy ennyire telített lipid takarmányozási úton milyen nagy mértékben és milyen gyors ütemben módosítható a többszörösen telítetlen zsírsavak emelkedése irányában.

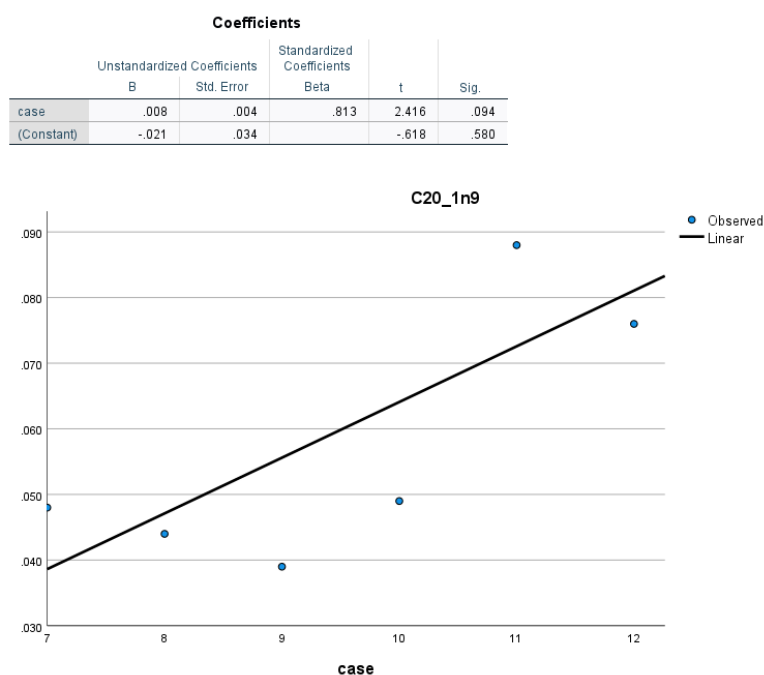
3.3. A takarmányeredetű alfa-linolénsav beépülése és exkréciója

A lovakkal etetett lenolajos kiegészítés során a lenolaj legfőbb zsírsavát, az alfa-linolénsavat teszteltük kiemelten, de a teljes zsírsavprofil (8. táblázat) minden elemére elvégeztük a lineáris regressziós illesztést. A tesztek kérdésfeltevése az volt, hogy a takarmánnyal nagy arányban bevitt alfa-linolénsav exkréciós kinetikája vajon leírható-e lineáris modellel. Ezen túlmenően azt is teszteltük, hogy a bőségben biztosított komponens bevitele és beépülése (majd szekréciója) érint-e hátrányosan valamilyen másik zsírsavat, ha igen, melyiket?

(A zsírsavak meghatározása során a jelen munka egyszerű tömeg%-os arányban fejezte ki az

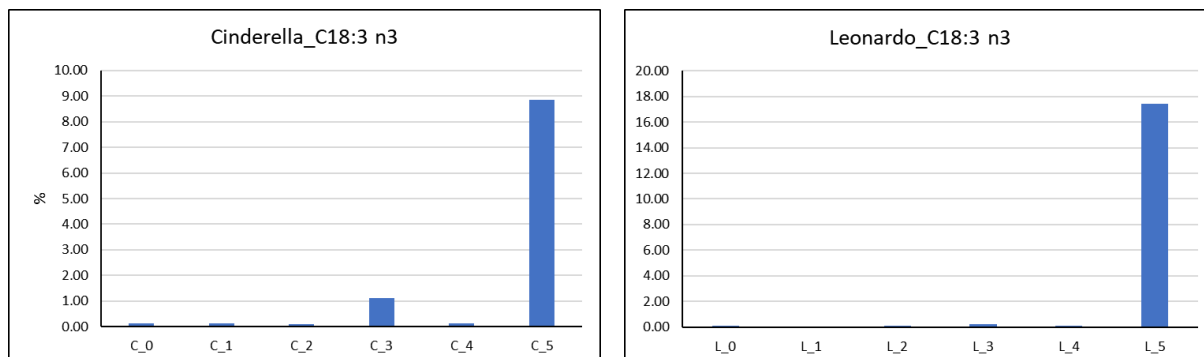
eredményeket. Az összes mintában, az egymást követő időpontokban ugyanazon zsírsavakat vontuk be az elemzésbe (voltak kihagyott analitok is). Ennek a módszertani közelítésnek a sajátossága, hogy ha adott komponens nagy aránymódosulást mutat, az a többi komponens arányát is meg tudja változtatni. Valójában ez a megközelítés indokolja, hogy ne csak azt az egy zsírsavat kövessük figyelemmel, melynek aránya a takarmányban nagyon erősen módosult, hanem azokat is, melyeket ez esetleg „kiszorított” a zsírsavprofilból.)

A lineáris regressziós modellek sikertelenek voltak, nem volt olyan zsírsav egyik ló esetében sem, ahol a modell szignifikáns lett volna (azaz le lehetett volna írni egy viszonylag pontos egyenesre való illeszkedéssel a mért adatokban látható változást). A leginkább sikeres illesztés eredményét a 5. ábra mutatja, ahol jól látható a szignifikancia értéke (0.094) a gondoénsav esetében; ennél pontosabb illesztést nem sikerült elérnünk lineáris modellel egy másik zsírsav esetében sem (a bemutatott adat Leonardo mintáiból származik, Cinderella adataiban nem tudtunk hasonlót igazolni.).



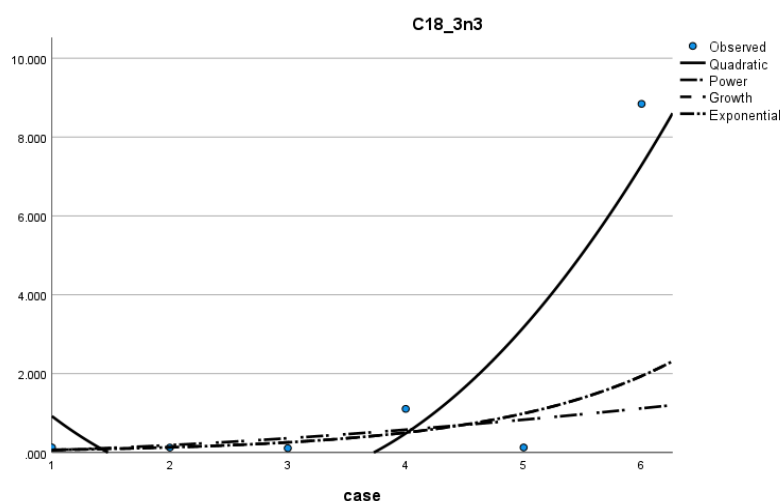
6. ábra: Leonardo mintáiban, az egyes mintavételi időpontok (x tengely) és a C20:1 n9, gondoénsav részarányának összefüggésvizsgálata, lineáris regresszióval. A táblázat a lineáris modell részleteit mutatja. (7-12: a 0. – 5. mintavételi időpontok jelölése, összesen 6 időpont)

Az alfa-linolénsav szokatlan vagy illogikus aránymódosulást mutatott a lovakban a tíznaponta vett mintáknál. Ezen változásokat a 7. és 8. ábrákon mutatom be.



7. és 8. ábra: Cinderella és Leonardo szőrmintáinak alfa-linolénsav részarányai az egyes mintavételi időpontokban. A mintvételek között 10-10 nap telt el, a teljes vizsgálati intervallum 50 nap volt.

A nagyon furcsa vagy váratlan zsírsavbeépülési-szekrécións kinetikát megpróbáltuk többféle regressziós modellel elemezni. Az eredményt a 8. ábra mutatja be Cinderella mintáin.



9. ábra: Cinderella szőrmintáinak alfa-linolénsav eredményei és azok regressziós közelítése exponenciális, növekedési, hatványfüggvény és négyzetes függvény modellekkel. (Y tengely: %)

A 9. ábrán azért nem adtam meg sem a regressziós modellek részleteit, sem a szignifikancia szintet, mert egyik modell sem írta le kellő megbízhatósággal a tapasztalt folyamatot. A pont szimbólumokkal jelzett adatok esetében (mint a 6-7. ábrán az oszlopok) a 0.-4. időpontokban a mért adatok 1% alatt maradtak, ami az utolsó időpontban 9%-ra emelkedett váratlan gyorsasággal Cinderella esetében. Leonardo esetében ez a változás közel 18%-os záró értéket mutatott.

(A MÁB által engedélyezett állatvizsgálati protokollnak megfelelően az 50. napon a takarmánykiegészítő adagolását befejeztük. A vizsgálat egyik limitációja, hogy a mintagyűjtés, a laboratóriumi analízis és az adatértékelés időben széthúzva valósult meg. A mintákat egymást követően vettem, de a teljes mintasorozat összegyűjtéséig azok fagyaszttva kerültek tárolásra. A minták laboratóriumi feldolgozása egy menetben történt, és az adatértékelés csak azt követően. Ezen tényezők miatt sajnos nem volt lehetőségünk újabb, az utolsót követő mintavételt végezni, ami pedig nagy valószínűséggel magyarázatot adhatott volna az atipikus eredményekre.)

3.4. Az alfa-linolénsav hatása a zsírsavprofil további elemeinek arányára

A 8. táblázat adatait részletesen elemezve jól látható a takarmányeredetű lenolaj alfa-linolénsavának erős arányemelkedése. Ez olyan nagy mértékben valósult meg, hogy az összes telítetlen és az összes többszörösen telítetlen, valamint azon belül az összes omega-3 zsírsav arányát is megemelte. Érdekes megvizsgálni, hogy ez a pozitív irányú változás mely egyedi vagy csoportos változókat érintette ellentétesen.

Cinderella mintái esetében a telített zsírsavak esetében volt komoly aránycsökkenés, míg az egyszeresen telítetlen zsírsavak esetében arányemelkedést igazoltunk. A telített zsírsavak csoportjában a C14:0, C16:0 és C18:0 zsírsavak (mirisztin-, palmitin- és sztearinsav) egyedi arányai mind egyértelmű csökkenést mutattak az utolsó időpontra.

(Amennyiben a telített zsírsavak aránya csökken, fel szokott merülni a helyettesítő szerepet betöltő zsírsavak „biológiai jellegű paramétereinek” figyelembevétele, egész pontosan az, hogy maga a változás kompenzáció jellegű volt-e vagy erős módosító hatással járt. Nagyon jellegzetes ilyen módosulás lehet pl. az n3 – egyszeresen telítetlen savak ellentétes arányváltozása.

A fenti elméleti lehetőség tesztelése érdekében kiszámoltam az ún. telítetlenségi index értéket és az átlagos szénlánc hossz értékét, az alábbiak szerint:

- telítetlenségi index: $1 \times (\text{összes monoén}) + 2 \times (\text{összes dién}) + 3 \times (\text{összes trién}) \dots$; ami megadja a 100 zsírsavláncban lévő telítetlen kötések teljes számát;
- átlagos szénlánc hossz: adott zsírsav részaránya $\times$ az adott zsírsav lánc hossza egyes zsírsavanként.

9. táblázat: A vizsgált lovak szőrmintáinak zsírsavprofiljából számolt telítetlenségi index és átlagos szénlánc hossz értékeinek változása az etetési protokoll során

(Forrás: Saját munka)

	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	L_0	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
telítetlenségi index	8.56	12.16	8.10	12.66	9.67	41.22	12.39	8.42	6.11	6.26	11.13	75.01
átl.lánc hossz	16.87	16.96	16.79	16.95	16.95	17.11	16.90	17.00	16.88	16.93	16.97	17.27

A 9. táblázat adatai jól mutatják az alfa-linolénsav nagyon markáns hatását, amivel a telítetlenségi index értékét 10 alattiról 40 és 75 fölé emelte. Ezek az értékek a lovak esetében az eredeti számok ca. 5x – 6x-os emelkedését jelentették, ami érdekes módon nem folytonos, hanem ugrásszerű volt, és főképp az utolsó időszakban valósult meg.

Az átlagos szénlánc hossz esetében is erős növekményt sikerült igazolni az utolsó két mintavételi időpont között eltelt időre vonatkozóan. Tekintettel arra, hogy az átlagos lánc hossz minden egyes zsírsav adatát tartalmazza, így ebben a mutatóban a „közepesen hosszúnak” számító linolénsav nem tudott markánsat változtatni, de egyértelműen emelte az átlagértéket.

Eredményeimet áttekintve és azokat Szabó és mtsai (2007) adataihoz hasonlítva azt gondolom, hogy a C16:0 – c18:0 zsírsav dominancia a ló fedőszőrének lipid bevonatában nem állandó, sőt, viszonylag könnyen és nagy mértékben módosítható paraméter. Ennek ellenére meglepő és jelenleg nem ismert, milyen módon lehetséges ennyire nagy arányú módosulás takarmányeredetű alfa-linolénsav révén. Megítélésem szerint ez a munka folytatását vagy legalábbis szisztematikus megismétlését is szükségessé teheti.

4. Összefoglalás

A dolgozatom alapvető kérdése az volt, hogy takarmányozási úton módosítható-e a lovak kültakaróján található zsiradék (szekretált faggyú) zsírsavösszetétele. Azért volt fontos ennek megvizsgálása, mert **egyrészt** a vonatkozó szakirodalom ilyen területen hiányos, **másrészt** tudni szerettem volna, hogy a takarmányban biztosított zsírsavak mennyi idő alatt és milyen mértékben jelennek meg a fagyóban, **harmadrészt** pedig egyáltalán nem volt ismert az, hogy a takarmány milyen mértékig határozza meg a faggyú zsírsavprofilját.

Munkámban összesen 50 napig lenolaj kiegészítéssel láttam el két kifejlett lovat, melyekről 10 naponta egyszerű nyírásos technikával szőrmintákat vettem. Ezen minták, valamint az etetett takarmányok és takarmánykiegészítők zsírsavprofilját laboratóriumban határoztuk meg, gázkromatográfiás technikával.

Eredményeim szerint napi 50 ml lenolajnak megfelelő kiegészítés 50 nap alatt érdemben, az eredeti érték (0.1%) többszörösére (ca. 10-15%) emeli meg a szőrön található zsiradék alfa-linolénsav zsírsavának részarányát. Érdekes eredmény az is, hogy az intenzív arányemelkedés a kezelés utolsó 10 napjában tapasztalható.

Az eredményem gyakorlati haszna abban rejlik, hogy most már pontosan tudjuk, mennyi a tényleges időigénye a szőr zsírtartalmának módosításának, mellyel olyan, nagy valószínűséggel igen protektív kültakaró érhető el, amely megítélésem szerint pozitívan befolyásolja a lovak általános egészségügyi státuszát. Az alkalmazott lenolajos kiegészítés az esszenciális zsírsav bevitelt érdemben emeli, de nem tartalmaz egyéb, nem természetes komponenst, ennél fogva a lótakarmányozási gyakorlat számára is ajánlható.

5. Következtetések és javaslatok

A dolgozatom alapvető kérdése az volt, hogy takarmányozási úton módosítható-e a lovak kültakaróján található zsiradék (szekretált faggyú) zsírsavösszetétele? Bár maga a kérdés alternatív úton merült fel, hiszen a lenolaj mint kólika elleni antidotum került megfogalmazásra, annak biológiai hasznosulása az érdeklődésembe került.

Eredményeim alapján a következő főbb következtetéseket vontam le:

- 50 napig tartó lenolaj kiegészítés, napi 50 ml lenolaj mennyiségi szinten érdemben, az eredeti/kiinduló érték (0.1%) többszörösére (ca. 10-15%) emeli meg a szőrön található zsiradék alfa-linolénsav zsírsavának részarányát lovakban.

- az intenzív alfa-linolénsav arányemelkedés a szőrre szekretált zsiradék esetében a kezelés utolsó 10 napjában (40. nap után) tapasztalható.

Fontosnak tartom hangsúlyozni, hogy az eredményeim kis elemszámú populáción keletkeztek és emiatt egyelőre inkább csak figyelemfelkeltő, előzetes eredményeknek tekintem azokat. Ennek ellenére az állatok kezelését, a takarmányozási protokollt és a mérés technika lényegét precízen alkalmaztam és az eredmények helytállóságáról meg vagyok győződve.

6. Felhasznált irodalom

1. Anna V. Rodiek, Bryn E. Jones (2012). Voluntary Intake of Four Hay Types by Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 32(9), 579-583.
2. Belaunzaran, X., Lavín, P., Barron, L. J. R., Mantecón, A. R., Kramer, J. K. G., & Aldai, N. (2017). An assessment of the fatty acid composition of horse-meat available at the retail level in northern Spain. *Meat Science*, 124, 39–47.
3. Belaunzaran, X., Lavín, P., Mantecón, A. R., Kramer, J. K. G., & Aldai, N. (2018). Effect of slaughter age and feeding system on the neutral and polar lipid composition of horse meat. *Animal*, 12(2), 417–425.
4. Bodó I., Hecker W. (2013): Lótenyésztés, lótartás, lóhasználat. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
5. Bonin, S.J., Clayton, H.M., Lanovaz, J.L., & Johnston, T., (2007). Comparison of mandibular motion in horses chewing hay and pellets. *Equine Veterinary Journal*, 39(3), 258-262.
6. Bouwman, H. (1978) Digestibility trials with extruded feeds and rolled oats in ponies. *Landbouwkundig Tijdschrift*, 90, 2–6.
7. Butcher, E.O. (1953) The penetration of fat and fatty acid into the skin of the rat. *J Invest Dermatol.* 21(1):43-8.
8. Christie, W. W. (1982). A simple procedure for rapid transmethylolation of glycerolipids and cholesteryl esters. *Journal of Lipid Research*, 23(7), 1072–1075.
9. Colton, S. W., & Downing, D. T. (1985). The time-course of lipid biosynthesis in horse skin. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)/Lipids and Lipid Metabolism*, 836(3), 306–311. [https://doi.org/10.1016/0005-2760\(85\)90134-1](https://doi.org/10.1016/0005-2760(85)90134-1)
10. Cuddeford, D., Pearson, R.A., Archibald, R.F., & Muirhead, R.H., (1995). Digestibility and gastro-intestinal transit time of diets containing different proportions of alfalfa and oat straw given to Thoroughbreds, Shetland ponies, Highland ponies and donkeys. *Animal Science*, 61(2), 407-417.
11. Cunha, T. J., 1991. Horse feeding and nutrition. 2nd ed. Academic Press, 451 p.
12. De Caro, J., Eydoux, C., Chérif, S., Lebrun, R., Gargouri, Y., Carrière, F., & De Caro, A. (2008). Occurrence of pancreatic lipase-related protein-2 in various species and its relationship with herbivore diet. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 150(1), 1–9.
13. Dunnett, C. E., Marlin, D. J., & Harris, R. C. (2002). Effect of dietary lipid on response to exercise: relationship to metabolic adaptation. *Equine Veterinary Journal*.

Supplement, 34, 75–80.

14. Evans, J. W., A. Borton, H. F. Hintz, and L. D. Van Vleck. "The Horse." Freeman, San Francisco, California, 1977
15. Frape, D. (2013a): Equine nutrition & Feeding. John Wiley and Sons Ltd. New Jersey
16. Frape, D. (2013b): A ló takarmányozása. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
17. Friberg, C. A., & Logas, D. (1999). Treatment of Culicoides hypersensitive horses with high-dose n-3 fatty acids: A double-blinded crossover study. *Veterinary Dermatology*, 10(2), 117–122.
18. Harris, P. (1997). Energy sources and requirements of the exercising horse. *Annual Review of Nutrition*, 17, 185–210.
19. Harris, P. (2009). Feeding Management of Elite Endurance Horses. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 25(1), 137–153.
20. Holland, J. L., Kronfeld, D. S., Rich, G. A., Kline, K. A., Fontenot, J. P., Meacham, T. N., & Harris, P. A. (1998). Acceptance of fat and lecithin containing diets by horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 56(2–4), 91–96.
21. Hulbert, A. J., & Abbott, S. K. (2011). Nutritional ecology of essential fatty acids: An evolutionary perspective. *Australian Journal of Zoology*, 59(6), 369–379.
<https://doi.org/10.1071/ZO11064>
22. Jáky, M. (1960): Zsiradékok. Medicina Könyvkiadó, Budapest.
23. Kakuk T., Schmidt J. (1988): Takarmányozástan. Mezőgazdasági Kiadó, 1988.
24. Krishona L. Martinson, M. Scott Wells, Craig C. Sheaffer (2016). Horse preference, forage yield, and species persistence of 12 perennial cool-season grass mixtures under horse grazing. *Journal of Equine Veterinary Science*, 36, 19-25.
25. Meyers, M.C., Potter, G.D., Greene, L.W., Crouse, S.F. & Evans, J.W. (1987) Physiological and metabolic response of exercising horses to added dietary fat. *Proceedings of the 10th Equine Nutrition and Physiology Society*, Colorado State University, Fort Collins, 11–13 June 1987, pp. 107–113.
26. National Research Council, Division on Earth and Life Studies; Board on Agriculture and Natural Resources; Committee on Nutrient Requirements of Horses (2007). *Nutrient Requirements of Horses (NRC)*. National Academies Press. Washington.
27. Nikkari, T. (1974). Comparative chemistry of sebum. *Journal of Investigative Dermatology*, 62(3), 257–267. <https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12676800>
28. O'Neill, W., McKee, S., & Clarke, A. F. (2002). Flaxseed (*Linum usitatissimum*) supplementation associated with reduced skin test lesional area in horses with *Culicoides* hypersensitivity. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 66(4), 272–277.

29. Petrov, K. A., Makhutova, O. N., & Gladyshev, M. I. (2020). Fatty Acid Composition of Yakut Horse Tissues. *Doklady. Biochemistry and Biophysics*, 492(1), 105–107. <https://doi.org/10.1134/S1607672920030047>
30. Pochi, P. E., Downing, D. T., & Strauss, J. S. (1970). Sebaceous gland response in man to prolonged total caloric deprivation. *The Journal of Investigative Dermatology*, 55(5), 303–309. <https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12260136>
31. Reitnour, C. M., and R. L. Salsbury. 1972. Digestion and utilization of cecally infused protein by the equine. *J. Anim. Sci.* 35:1190.
32. Scott, B.D., Potter, G.D., Evans, J.W., Reagor, J.C., Webb, G.W. & Webb, S.P. (1987) Growth and feed utilization by yearling horses fed added dietary fat. *Proceedings of the 10th Equine Nutrition and Physiology Society, Colorado State University, Fort Collins, 11–13 June 1987*, pp. 101–106.
33. Szabó, A., Fébel, H., Sugár, L., Romvári, R. (2007): Fatty acid regiodistribution analysis of divergent animal triacylglycerol samples – a possible approach for species differentiation. *JOURNAL OF FOOD LIPIDS* 14 : 1 pp. 62-77.
34. Tóthi, R. (2021). A lovak takarmányozása. Oktatási segédlet. MATE ÉTI-GÁT Kaposvári Campus, Kaposvár.
35. Turcotte, L. P. (1999). Role of fats in exercise. Types and quality. *Clinics in Sports Medicine*, 18(3), 485–498. [https://doi.org/10.1016/S0278-5919\(05\)70163-0](https://doi.org/10.1016/S0278-5919(05)70163-0)

7. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1 . ábra : A ló fogazatát szemléltető rajz (Forrás: Frape, 2013a).....	5
2 .ábra : A ló emésztőrendszere (Forrás: Frape, 2013b).....	7
3 . ábra. A napi életfenntartáshoz és a munkavégzés állandó mértékű emelkedéséhez szükséges energia mennyisége 3 különböző testsúlyú ló esetében (Forrás: Frape, 2013a).....	29
4 . ábra. Lószőrminták feliratozva, zsírtartalom kivonás előtt (Forrás: saját fotó).....	30
5 . ábra. Bepárlólombikok extrakcióhoz előkészítve (Forrás: saját fotó).....	31
6 .ábra. Leonardo mintáiban, az egyes mintavételi időpontok (x tengely) és a C20:1 n9 gondoénsav részarányának összefüggésvizsgálata, lineáris regresszióval. A táblázat a lineáris modell részleteit mutatja. (7-12: a 0. – 5. mintavételi időpontok jelölése, összesen 6 időpont).....	37
7 . és 8. Cinderella és Leonardo szőrmintáinak alfa-linolénsav részarányai az egyes mintavételi időpontokban. A mintvételek között 10-10 nap telt el, a teljes vizsgálati intervallum 50 nap volt.	38
9 .ábra. Cinderella szőrmintáinak alfa-linolénsav eredményei és azok regressziós közelítése exponenciális, növekedési, hatványfüggvény és négyzetes függvény modellekkel. (Y tengely: %)	38

1 . táblázat. Emlős faggyúmirigyek által termelt faggyú lipid osztály összetétele, a hidrolizálható frakciókra vonatkozóan (Forrás: Nikkari, 1974).....	17
2 . táblázat. A leggyakoribb ló takarmánynövények meta-análíziséből származtatott zsírsavprofil. (Forrás: https://hal.inrae.fr/hal-02644306).....	20
3 . táblázat. A bőszenfai legelőfű keverék minták növényteni összetétele (Forrás: Nagy és mtsai, 2019).....	21
4 . táblázat. A bőszenfai legelőfű keverék zsírsavösszetétele (forrás: Nagy és mtsai, 2019).....	21
5 .táblázat. Önkéntes szárazanyag bevitel a különböző típusú szénák esetében (Forrás: Anna, 2012).....	24
6 . táblázat. Különböző gabonafélék beltartalmi értékei. (Forrás: Bodó I., Hecker W., 2013).....	24
7 . táblázat. A lovak által fogyasztott takarmányok zsírsavprofilja.	33
8 . táblázat. Cinderella és Leonardo szőrmintáinak zsírsavprofilja, a kezelés teljes idejére vonatkozóan (C: Cinderella, L: Leonardo, 0....6: mintavételi időpontok).....	35
9. táblázat: A vizsgált lovak szőrmintáinak zsírsavprofiljából számolt telítetlenségi index és átlagos szénlánc hossz értékeinek változása az etetési protokoll során.....	40

8. Mellékletek

1. melléklet

A MATE KC MÁB nyilatkozata a lovakon végzett munkáról / vizsgálatról



Iktatószám: MATE KC MÁB / 31-2 / 2022

Igazolás

Alulírott Dr. Zomborszky Zoltán a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus Munkahelyi Állatjóléti Bizottságának elnöke igazolom, hogy

„Lenolaj tartalmú, kereskedelmi forgalomban beszerezhető ló-takarmány kiegészítő etetésének a vizsgálata szőranalízissel”

cím alatt futó, nem engedélyköteles, állatokon végzett vizsgálat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus Munkahelyi Állatjóléti Bizottságának tudtával és engedélyével végzik.

Kaposvár, 2022. 09. 07.

Certification

As the head of the Institutional Animal Welfare Committee of Hungarian University of Agricultural and Life Sciences Kaposvár Campus, I declare that the investigation named

„Testing the effect of a commercial, linseed based feed additive (horse muesli bar) on the fatty acid profile of the hair in horses, with hair analysis”

is out of the scope of the 2010/63/EU Directive, but it is carried out with the knowledge and permission of the Institutional Animal Welfare Committee of Hungarian University of Agricultural and Life Sciences Kaposvár Campus.

Kaposvár, 07. 09. 2022.

9. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Somodi Glória
A Hallgató Neptun kódja: MYKITA
A dolgozat címe: Lenolaj kiegészítés hatása lovak szőrmintáinak zsírsavprofiljára
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Élettani és Takarmányozási Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Élettani és Állategészségügyi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Kaposvár, 2023. November 03.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Somodi Glória (név) (hallgató Neptun azonosítója: MYKITA) konzulenseként nyilatkozunk arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettük, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattuk.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

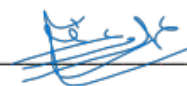
A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Kaposvár, 2023. november 03.



Dr. Szabó András

Konzulens



Omeralfaroug Ali

Társ-konzulens

10. Köszönetnyilvánítás

Ezen az úton szeretném megköszönni azoknak az embereknek a segítségét, akik nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el.

Elsősorban szeretném kifejezni hálámat a konzulensemnek, Dr. Szabó Andrásnak, aki segített, hogy az ötletem valódi formát ölthessen, és mindvégig támogatott a szakértelmével.

Szintén köszönettel tartozom Omeralfaroug Alinak is, hogy időt nem sajnálva segített a vizsgálat eredményeinek analizálásában, és köszönet a családtagjaimnak, hogy hittek bennem, és mindenáron segítettek és segítenek mai napig a céljaim elérésében.

Végső soron pedig köszönöm a Pannon Lovasakadémiának, hogy helyet adott a vizsgálathoz, és a nagyszerű lovakért, akikhez a tanulmányaim során szerencsém volt.