

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
KAPOSVÁRI CAMPUS
Élettani és Takarmányozástani Intézet**

Doktori Iskola vezető

PROF. DR. SZABÓ ANDRÁS

az MTA doktora

Témavezető

DR. TÓTH TAMÁS

egyetemi docens

Társ-témavezető

PROF. DR. FÉBEL HEDVIG

egyetemi magántanár

**KÜLÖNBÖZŐ CELLULÓZ-, HEMICELLULÓZ- ÉS
LIGNINTARTALMÚ NÖVENDEK ÉS HÍZÓERTÉS TAKARMÁNYOK
ETETÉSÉNEK VIZSGÁLATA EMÉSZTÉS-ÉLETTANI ÉS
MIOGRÁFIÁS MODELLVIZSGÁLATOKBAN VALAMINT ÜZEMI
KÍSÉRLETEKBEN**

Készítette

JÁRÓ-NAGY KATALIN

Kaposvár

2021

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

Gazdasági használlataink takarmányozása során felhasznált gabona- és fehérjeforrásokért nem csak az állattenyésztés és -tartás versenyez, hanem a világ növekvő lakosságának fogyasztása is. Alternatíva lehet a sertéstakarmányozás számára a melléktermékek receptúrába történő bátrabb beillesztése, illetve a takarmányok rosttartalmának tudatosabb vizsgálata és okszerű felhasználása.

A nagy teljesítményű hibridek térnyerése tapasztalható a sertéságazatban az utóbbi évtizedek tenyésztőmunkájának eredményeként. Ezen intenzív növekedésű hibridek takarmányozására jellemző a melléktermékek használata. A tenyésztőmunka eredményeként a szelekció azon állatoknak kedvezett, amelyek emésztőcsatornája adaptálódott a nagy rosttartalmú takarmánykeverékekhez. A megnövekedett bélfelületen a nagyobb mennyiségű mikrobapopuláció hatékonyabb mikrobiális fermentációra és így intenzívebb illózsírsavszintézisre képes. Az említett indirekt szelekciós nyomás jelentős mértékben hozzájárult ahhoz, hogy a hazai gyakorlatnál lényegesen nagyobb nyersrosttartalmú takarmányok is eredményesen használhatók az intenzív sertésállományokban.

A különböző rostforrások élettani hatását és emészthetőségét nehéz meghatározni monomer összetételük alapján. A pontosabb minősítésükhöz elengedhetetlen az emészthető illetve nettó energiatartalmuk, az oldhatóságuk, viszkozitásuk, fizikai szerkezetük és vízmegkötő képességük (*Asp* és *mtsai*, 1996), az emésztőtraktust kitöltő hatásuk (terime), valamint a savdetergens rost (ADF) és a neutrális detergens rost (NDF) tartalom vizsgálata. Ezen tulajdonságok alapvetően meghatározzák az állat fejlődését, így súlygyarapodását, takarmányfelvételük gyakoriságát és mértékét.

Napjainkban számos analitikai módszer áll rendelkezésre, hogy egyre több információt kaphassunk a felhasználni kívánt alapanyag táplálóértékéről. A sertéseknél használt takarmány-alapanyagok nyersrosttartalmát rutinszerűen vizsgáljuk és a hazai gyakorlat ezen adattal számol még mindig a takarmányadagok és teljes értékű takarmánykeverékek esetében is. Ugyanakkor egyre inkább szükségszerű a nyersroston kívül a rostfrakciók és az egyes szénhidrátok mennyiségének és minőségének (oldhatóság) meghatározása. A takarmánykeverékek kialakításánál meghatározó a felhasznált alapanyagok nyersrosttartalmán túl az egyes rostfrakciók mennyiségének ismerete és azok emészthetőségének meghatározása. Hazánkban nincs rostfrakcióra lebontott ajánlás a különböző sertés korcsoportok részére. A jelenleg rendelkezésre álló ajánlásban (*Magyar Takarmánykódex*, 2004) a sertések genotípusa szerint találunk javaslatot a

takarmánykeverékek táplálóanyagtartalmára és így a nyersrostra vonatkozóan. Az ajánlás genotípus általi csoportosítása nem tesz különbséget az ajánlott nyersrosttartalmat (g/kg) illetően (egységesen 35 g/kg), továbbá minimum és maximum értéket sem határoz meg metabolizálható (ME_s), illetve emészthető (DE_s) energiaértékelési rendszer esetén.

Azonban ismert, hogy az energiarendszer nagy mértékben meghatározza, hogy a modern genotípusú hizósertéseknél a receptúrában végbemenő változtatások hogyan befolyásolják az állatok természetes termelési mutatóit. A rostban gazdag alapanyagot tartalmazó takarmánykeverékek etetésekor jelentkező romló hízlalási eredmények hátterében a nagyobb nyersrost-, illetve NDF- és ADF-tartalom, illetve a metabolizálható vagy emészthető energia érték használata állhat. Ebből adódóan ajánlott a nettó energia (NE) érték alapján történő takarmánykeverék formulázás rostban gazdag alapanyagok etetésekor. A nettó energia tekinthető a legpontosabbnak a takarmányok energiataralmára vonatkozóan, mivel figyelembe veszi a bakteriális fermentációból származó hőtermelést is (*Noblet és mtsai*, 1994). Ismert, hogy a DE_s vagy ME_s energiaértékek nem használhatóak biztonsággal különböző nagyobb rosttartalmú alapanyagok energiaértékének kalkulálására (*Shi és Noblet*, 1993), mivel összetételük különbözhet fermentálható rost- illetve fehérjetartalmukból adódóan. Ezen energiaértékelési rendszerek túlbecsülik a nagy rost- és fehérjetartalmú összetevők energiaértékét (*Noblet és Milgen*, 2004).

A takarmányt alkotó különböző komponensek, így a receptúrába illesztett melléktermék(ek) jelenléte és azok rosttartalma eltérő hatást gyakorolnak a felvett táplálék emésztőtraktusban végbemenő fizikai változásaira. A táplálóanyagok emészthetőségét, különösen a rost fermentációját alapvetően meghatározza, hogy az elfogyasztott takarmány mennyi időt tölt az emésztőtraktus egyes szerveiben. Ebből adódóan a tranzit idő függvénye, hogy a vastagbélben található baktériumoknak mennyi idő áll rendelkezésükre a különböző rostfrakciók fermentálásra. Nem egyértelmű és a rendelkezésre álló forrásmunkák adatai szerint ellentmondásos a különböző rostforrások hatása az emésztőrendszer működésére és a nyersrost lebontására. A nyersrostforrások (mind az oldható, mind az oldhatatlan rostok) egyes kutatások szerint sertésben lassítják (*Miquel és mtsai*, 2001; *Van Leeuwen és mtsai*, 2006), nincs hatásuk (*Rainbird és Low*, 1986), vagy felgyorsítják (*Potkins és Lawrence*, 1984; *Guerin és mtsai*, 2001) az emésztőrendszerben lévő tartalom áthaladását.

Az elektromiográfia a szervek simaizom szövetének elektromos aktivitásának mérésével foglalkozik, azáltal, hogy az izmok mozgásának létrehozásában szerepet játszó elektromos impulzusokat képes rögzíteni, aminek segítségével képet kaphatunk az izmokban zajló munka jellegéről. Az emésztőrendszert felépítő szervek (gyomor, vékony- és vastagbél)

simaizom szövetének vizsgálatával foglalkozó elektromiográfia (SMEMG - gastrointestinal smooth muscle electromyography) hiánypótló adatokat szolgáltat az emésztőtraktusban végbemenő fizikai változásokról. Ezek az eredmények nagyban hozzájárulhatnak a valós motilitás vizsgálathoz, illetve a valós (nem becsült) tranzitidő méréséhez nyújthatnak a jövőben további lehetőséget.

A kutatómunka során kitűzött legfontosabb célok a következők voltak:

- (1) A hazai növendék- és hízósertés takarmányok jellemző rost összetevőinek és rosttartalmának analitikai vizsgálata.
- (2) Etetési vizsgálatban értékelni, hogy a különböző rostforrások a növendék- és hízósertések termelési mutatóit miként befolyásolják, milyen arányban szerepeltethetők a különböző nagy rosttartalmú melléktermékek (kukorica-DDGS, szójahéj, búzakorpa, cukorrépapellet) a receptúrában, illetve milyen mértékben helyettesíthető az extrahált szójadara e melléktermékekkel.
- (3) Sertés esetében eddig nem alkalmazott, új vizsgálati metodika (emésztőrendszer simaizomszövetének elektromiográfias mérése, SMEMG) megvalósításával és sertésre való adaptálásával kimutatni a rost emésztőrendszerre gyakorolt hatását.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Doktori tanulmányaim során a kísérleti munkát két témakörre osztottuk. Ezek a következők voltak: nagy rost-, illetve NDF- és ADF-tartalmú, ipari melléktermék alapú takarmánykeverékek etetésének hatása a növendék- és hízósertések termelési mutatóira, ezen belül felmértük a hazai növendéksertés takarmánykeverékek jellemző nyersrosttartalmát és rostösszetételét és vizsgáltuk a különböző melléktermékek (kukorica-DDGS, szójahéj, búzakorpa, cukorrépapellet) etetésének hatását a növendék- és hízósertések termelési mutatóira nagy NDF-tartalmú takarmányozás mellett. Továbbá a gasztrointesztinális rendszer simaizom szövetének elektromigráfiás (Smooth muscle electromyography - SMEMG) vizsgálatán belül, eszköz- és kísérleti metodikai fejlesztésének és a gasztrointesztinális rendszer simaizom szövetének elektromiográfiás vizsgálatával foglalkoztam nagy rosttartalmú takarmányozás mellett növendék sertésekkel. A miográfiás kísérletbe vont állatokat az Európai Unió Tanácsa (2018/63/EU) és az Állatok védelméről és kutatásban való részvételéről szóló magyar törvény (XXVIII. Törvény 32. cikke) alapján vontuk be. A miográfiás vizsgálatok elvégzéséhez szükséges állatkísérleti projekt engedély száma: VIII-1-001/01854/2014 volt.

2.1. ANALITIKAI ELEMZŐ VIZSGÁLATOK A HAZAI NÖVENDÉKSERTÉS TAKARMÁNYKEVERÉKEK NYERSROSTTARTALMÁRA, ILLETVE AZ EGYES ROSTFRAKCIÓK MENNYISÉGÉRE VONATKOZÓAN

Teljes értékű takarmánykeverék-mintákat gyűjtöttünk (2016. október és 2017. március között) a nagyobb hazai takarmánygyártó- és forgalmazó cégek közreműködésével. A vizsgálatokba vont minták nagyüzemi (minimum 250 koca és szaporulata) tenyész- és árutermelő sertéstelepekről származtak, melyek saját előállítású keveréket használtak, illetve hazai meghatározó takarmánygyártóktól jellemző keverékként (n=22). A takarmánymintákat biztosító üzemekben lévő genotípusokat a *Magyar Takarmánykódex* (2004) által definiált kategóriákba soroltuk: „A” genotípusú (n=15, hibridek és más nagy teljesítményre képes keresztezések) illetve „B” genotípusú (n=7, tisztavérűek és keresztezéseik) állományok voltak.

A gyűjtött minták rosttartalmát kémiai és (közeli infravörös) NIRS módszerrel határoztuk meg. A mintákban a nyersrosttartalmat a 44/2003 (IV.26.) FVM rendelet 10. számú melléklet XII. módszere (MSZ 6830-7) szerint mértük. Az NDF-, az ADF- valamint az

savdetergens lignin (ADL) tartalom értékeléséhez a *Magyar Takarmánykódex* 1990. II. 8.2. fejezetében ismertetett módszereket alkalmaztuk. Valamennyi minta nyersrosttartalmát FOSS NIRS™ DA 1650 (forgalmazó: Servitec Kft., Magyarország) takarmányanalizátorral is meghatároztuk 1100-1650 nm spektrumtartományban.

A számított, a kémiai és a NIRS módszerrel vizsgált nyersrost adatok közötti egytényezős varianciaanalízist (Kolmogorov-Smirnov teszt, Levene-teszt, one-way ANOVA), továbbá a korrelációvizsgálatot (Pearson-féle korrelációs együttható) az SPSS 21.0 for Windows program (IBM Corp., ARMONK, NY, USA) segítségével végeztük el. A választott szignifikancia szint valamennyi statisztikai elemzés esetében $p \leq 0,05$ volt. *Bibby* és *Toutenburg* (1977) által leírt módszerrel meghatároztuk a kémiai és számított nyersrosttartalom közti kapcsolat minőségét. Az MSPE (mean square prediction error) érték meghatározásával a modell hibáját, azaz a kémiai és számított nyersrosttartalom közti különbséget, a relatív MSPE (relMSPE) értékkel a hiba nagyságát (%) állapítottuk meg.

2.2. KÜLÖNBÖZŐ MELLÉKTERMÉKEK (KUKORICA-DDGS, SZÓJAHÉJ, BÚZAKORPA, CUKORRÉPAPELLET) ETETÉSÉNEK HATÁSA A NÖVENDÉK- ÉS HÍZÓSERTÉSEK TERMELÉSI MUTATÓIRA NAGY NDF-TARTALMÚ TAKARMÁNYOZÁS MELLETT

Kísérletünkben a különböző melléktermékek etetésének hatását vizsgáltuk nagy növekedési erélyű növendék- és hízosertésekkel. A búza és árpa alapú takarmányokban az extrahált szójadarát és a gabonamagvakat (búza, árpa, kukorica) helyettesítettük különböző arányban melléktermékekkel, megnövelve ezzel az etetett takarmánykeverékek NDF-tartalmát. A receptúrát az egyes összetevők nettó energiaértékeit figyelembe véve állítottuk össze.

A vizsgálatot az Európai Bizottság irányelve (86/609/EEC) és a kutatásban résztvevő állatok védelméről szóló törvény (XXVIII. Törvény 32. cikke) előírásai szerint hajtottuk végre. A hízlalási kísérletet egyedi kutricában elhelyezett növendéksertésekkel [(dán lapály × dán nagyfehér) × dán duroc] (n=60; 30 emse, 30 ártány; életkor: 86 nap) állítottuk be. A felül nyitott 1 m² alapterületű beton rácspadlós egyedi kutricákban (Schauer Agrotroic GmbH, Prambachkirchen, Ausztria) etető és itató volt, amihez szabad hozzáférésük volt a sertéseknek. Az istállóban automatizált szellőztetést (Microfan Bravo-E, Schauer Slc, BM2 Arcotherm GA / N 45 C, Lubing Top, Schauer Agrotroic GmbH, Prambachkirchen,

Ausztria), illetve 12 óra világos (természetes és mesterséges fényforrás) illetve sötét megvilágítási programot alkalmaztunk.

A növénykísérletek induló élősúlya $40,9 \pm 2,2$ kg volt. Az állatokat a kísérleti kezeléseknél megfelelően három csoportba osztottuk:

1. kontroll, nincs melléktermék-kiegészítés (KON);
2. közepes melléktermék részarányú takarmány (KMT);
3. nagy melléktermék részarányú takarmány (NMT).

A kontrolltakarmány búza-árpa-extrahált szójadara alapú volt és nem tartalmazott mellékterméket, míg a közepes és a nagy melléktermék részarányú csoportban a takarmány a növénykísérlet hízalási fázisban 14,8% illetve 26,8%, míg a hízó fázisban 19,7% és 32,8% melléktermék hányadot tartalmazott. Az extrahált szójadara részarányát a növénykísérlet fázisban 13,4%-ról (KON) 6,1%-ra (KMT) illetve 3,5%-ra (NMT) míg a hízó fázisban 10,5%-ról (KON) 1,8%-ra (KMT) illetve 1,7%-ra (NMT) csökkentettük.

A kontroll és kísérleti takarmányokat az adagban szereplő komponensek nettó energiaértéke alapján (NE_s) állítottuk össze a SEGES (2016, 2020) ajánlását figyelembe véve. A standardizált ileálisan emészthető aminosav-tartalmat (lizin, metionin+cisztin, treonin, triptofán) az *NRC* (2012) ajánlása szerint állítottuk be, az ideális fehérjeelv alapján. Az alkalmazott zsír- és szintetikus aminosav-kiegészítéseknek (L-lizin-HCl, L-treonin, L-triptofán, DL-metionin) köszönhetően közel azonos volt az etetett takarmányok nettó energia- (NE_s) illetve nyersfehérjetartalma.

A vizsgálatban etetett takarmánykeverék fontosabb táplálóanyag-tartalmát előzetes kémiai vizsgálattal ellenőriztük, melynek mért értékei szinkronban voltak a számított értékekkel. A takarmánykeverék szárazanyag-, nyersfehérje- és nyersrost-tartalmát a Magyar Szabvány alapján mértük, szárazanyag-tartalmat a MSZ ISO 6496:2001, a nyersfehérje- és nyersrost-tartalmat a 152/2009/EK Rendelet alapján értékeltük. A savdetergens rost- (ADF) és a neutrális detergens rosttartalom (NDF) elemzése a Van Soest-féle módszerrel (1979) történt, a Magyar Takarmánykódex 1990. II. 8.2. fejezetében ismertetett módszerek alapján.

A 67 napig tartó kísérlet során a növénykísérlet- és hízókísérleteket kéthetente egyedileg mértük. Az elfogyasztott takarmányt folyamatosan, kutricánként értékeltük, ami lehetővé tette a napi takarmányfelvétel megállapítását. A mért adatok alapján kalkuláltuk az állatok átlagos napi takarmányfelvételét (kg/nap/sertés), az átlagos napi súlygyarapodását (kg/nap/sertés) és a sertések súlygyarapodás/takarmányfelvétel hányadosát (kg/kg).

A teljesítményadatok kiértékelésére a választott statisztikai módszerek a következők voltak: Kolmogorov–Smirnov teszt, Levene-teszt, többtényezős varianciaanalízis (GLM –

General Linear Model) (SPSS 26.0, IBM, Armonk, NY, USA). A GLM (Univariate) teszt során értékeltük a takarmány, az ivar és az ivar \times takarmány interakció hatásait a vizsgált termelési mutatókra. A megfigyelt átlagok többszörös összehasonlítására a Bonferroni post hoc tesztet alkalmaztuk. A táblázatokban szereplő értékeket középérték \pm SEM formájában mutatjuk be. A választott szignifikancia szint $P \leq 0,05$ volt.

2.3. MIOGRÁFIÁS MÉRŐMŰSZER ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA SERTÉS ESETÉBEN

Pilot kísérletünket 1 egyeddel ($n=1$, magyar lapály \times magyar nagyfehér ártány, életkor: 48 nap, testtömeg: 25 kg) végeztük. Az állatot a mérés előtt és után egyedi kutricában helyeztük el ($2 \text{ m}^2/\text{egyed}$). A miográfiás mérést altatásban végeztük. A mérést megelőzően és utána a sertés a napi takarmányadagját két részletben kapta meg (7.00 és 14.00 óra), amely hagyományos extrahált szója-kukorica alapú növendék sertés takarmány volt. Az ivóvizet *ad libitum* biztosítottuk.

A kísérletbe vont egyedet a miográfiás mérés előtt altattuk (Stresnil injekció A.U.V., gyártó: Janssen Pharmaceutica Ltd., forgalmazó: Lifescan Janssen-Cilag, Gyógyszerkereskedelmi Kft.). Altatást követően a hasfal mindkét oldalát és a bal comb területét borotváltuk és fertőtlenítettük. A elektromos hullámok detektálásához egyszer használatos Ag/AgCl elektródákat (Electrode PE Foam Solidgel, Bio Lead-Lok B Sp. Zo.o, Józsefów, Lengyelország) használtunk. A mérőelektródákat először a hasfal bal oldalán, míg a semleges elektródát a bal combon rögzítettük. Az egyed jobb és bal oldalán rögzített elektródák adatait külön gyűjtöttük és értékeltük (1. mérés: bal oldal, 2. mérés: jobb oldal). A hasfalon az elektródákat 10 cm-re a gerinc vonalától lefelé helyeztük fel, a semleges elektródát a bal comb alsó részére rögzítettük. A miográfiás mérést EGIG holter készülék használatával végeztük el (MSB-MET Kft., Balatonfüred). A holter készülék vezetékeken keresztül csatlakozott az állat bőrfelületére felhelyezett elektródákhoz. A holter gyűjtötte és tárolta a rögzített elektromos jeleket, az adatokat a vizsgálat közben számítógépen jelenítettük meg és folyamatosan monitoroztuk a gyűjtött elektromos hullámok alakulását.

Az első mérést (1. Mérés) a kísérleti egyed bal oldalán végeztük. Az elektródák felhelyezése után az emésztőtraktusra jellemző nyugalmi szakaszt rögzítettük. Ezt követően 5 ml Buscopan compositum A.U.V. injekciót adagoltunk intramuszkulárisan (gyártó: Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH, Németország; forgalmazó: Boehringer Ingelheim RCV GmbH & Co. KG Magyarország Kft., Magyarország). Az alkalmazott készítmény az

emésztőtraktus simaizom szövetének aktivitását és a bélperisztaltikát csökkenti a hioszcin butil bromid + dipiron hatóanyagoknak köszönhetően, így rögzíthető volt egy „lassító” fázis. A mérési idő 10 perc volt.

A „lassító” fázis rögzítését követően, a „gyorsító” fázisban 25 mg/kg metoklopramid (Szelenyi és mtsai, 1994) hatóanyag hatását teszteltük a miográfiás mérőeszköz segítségével. A kiválasztott hatóanyag az emésztőtraktus simaizom szövetének aktivitását és az összehúzódásokat fokozta, így detektálható volt egy „gyorsító” fázis. A mérési idő szintén 10 perc volt.

A második kísérleti mérést (2. Mérés) az 1. Mérés metodikájának megfelelően hajtottuk végre. Azonos gyógyszerkészítményeket és mérési időt alkalmaztunk, mint az 1. Mérés során. A zöld és kék színű elektródákat áthelyeztük a sertés jobb oldalára, a sárga és piros elektródák a bal oldalon maradtak az 1. Mérés felhelyezésének megfelelően, a semleges elektróda szintén maradt a bal combon.

A mért és rögzített mioelektrikus primer hullámokat Fast Fourier Transzormációt (FFT analízis) követően az ISO/Myo szoftverrel értékeltük (MDE GmbH, Walldorf, Németország). A rögzített hullámokat a mérés alatt 2D és 3D-ben vizuálisan megjelenítettük és az ISO/Myo szoftverben értékeltük.

2.4. A GASZTROINTESZTINÁLIS RENDSZER SIMAIZOM SZÖVETÉNEK ELEKTROMIOGRÁFIÁS (SMOOTH MUSCLE ELECTROMYOGRAPHY - SMEMG) VIZSGÁLATA ÉBER SERTÉSEKKEL, NAGY ROSTTARTALMÚ TAKARMÁNYOZÁS MELLETT ANYAGCSEREKETRECBEN

A kísérletet 3 egyeddel (n=3, ML×MNF ártány, életkor: 40±2 nap, testtömeg: 27±1 kg) hajtottuk végre két, különböző rosttartalmú takarmány etetésekor. A kísérleti takarmányban a nagyobb rosttartalmat 4% Opticell C5 (Agromed Austria GmbH) alkalmazásával értük el. Mind a kontroll mind a kísérleti fázisban az előtetési szakasz 5 nap volt. A takarmányadagot napi két részletben kapták az állatok (7.00 és 12.00 óra), az ivóvizet *ad libitum* biztosítottuk mindkét szakaszban.

Az állatokat az előtetési szakaszban egyedi kutyricákban helyeztük el (2 m²/egyed). A miográfiás mérés alatt, a mérésben résztvevő egyedek anyagcsereketrecben voltak.

A miográfiás mérés ideje alatt, a takarmányfelvétel idejének pontos rögzítése céljából, a kísérleti állat etetése 2 időpontban volt (7.00 és 12.00 óra). A miográfiás mérést egyedileg

végeztük, naponta egy állat miográfias vizsgálatára került sor, 7.00 és 13.00 óra között, a mérési idő egységesen 6 óra volt minden egyed esetében. Minden egyednél háromszoros ismétlésben végeztük el a miográfias mérést, mindkét szakaszban (kontroll és kísérleti).

A miográfias mérést EGIG holter készülékkel (MSB-MET Kft., Balatonfüred) éber állapotban végeztük el. A hullámok detektálásához egyszer használatos Ag/AgCl elektródákat (Electrode PE Foam Solidgel, Bio Lead-Lok B Sp. Zo.o, Józsefőv, Lengyelország) használtunk.

A borotvált és fertőtlenített hasfalon az elektródákat 10 cm-re a gerinc vonalától lefelé helyeztük fel, a semleges elektródát a bal comb alsó részére rögzítettük. A holter készülék vezetékeken keresztül csatlakozott az állat bőrfelületére felhelyezett elektródákhoz, a holter készüléket az állat felett, az anyagcsere ketrec tetején helyeztük el.

A mért és rögzített myoelektrikus primer hullámokat FFT analízist követően az ISO/Myo (MDE GmbH, Walldorf, Németország) szoftverrel értékeltük.

A statisztikai kiértékeléshez az SPSS 19.0. programcsomagot (IBM, Armonk, NY, USA) használtuk. Az eredmények elemzése során leíró módszereket, grafikonokat és próbastatisztikákat alkalmaztunk. A leíró statisztika folytonos változók esetén az esetszámot, átlagot, szórást, minimumot, mediánt és maximumot tartalmazta. Kategoriális változók esetén az esetszám és az előfordulási gyakoriság szerepelt. Minden kísérletbe vont egyed mérési sorozata során Wilcoxon-próbával hasonlítottuk össze a kísérleti és a kontroll adatsorokat. A kontroll és a kísérleti takarmány összehasonlítására ismétléses varianciaanalízist is végeztünk, a modellbe változóként vontuk be a vizsgált állatot és a mérési sorozatot.

2.5. NAGY ROSTTARTALMÚ TAKARMÁNY ETETÉSÉNEK HATÁSA A GASZTROINTESZTINÁLIS RENDSZER SIMAIZOM SZÖVETÉRE (SMOOTH MUSCLE ELECTROMYOGRAPHY - SMEMG) ÉBER, SZABADON MOZGÓ NÖVENDEK SERTÉSEK ESETÉBEN

A miográfias méréseket 9 (n=9, [(dán lapály×dán nagyfehér)×dán duroc], életkor: 72±3 nap, átlagos testtömeg: 30±3 kg) ártány egyeddel végeztük. Az állatokat egyedi kutricában helyeztük el (1 egyed/kutrica, 1m²/kutrica) alom nélkül, az ivóvíz *ad libitum* volt biztosítva.

A kontroll takarmány hagyományos extrahált-szója és kukorica alapú takarmány volt. A kísérleti takarmány 4% Opticell rostkiegészítést tartalmazott. Az állatok két egyenlő adagban kapták a napi takarmánymennyiséget, a takarmányadag az életfenntartási energiaigényük 2,8-szorosát fedezte (450 kJ ME_s/kg^{0,75}/nap). A napi takarmány mennyiségét

az állatok testsúlya alapján számoltuk (a kísérletben vont sertéseket minden héten egyedileg mértük, az egyedi takarmányadagot a testtömegükhöz igazítottuk). A sertéseket 7.00-kor és 12.00-kor etettük.

A miográfiás méréseket két műszerrel párhuzamosan végeztük, minden nap 4 egyed mérésére került sor (7.00 és 12.00 órakor), kísérleti kezelésként 2 egyed/kezelés/nap. A mérési idő hossza 4 óra volt. A teljesen véletlen elrendezésben a kísérleti egyedek a kontroll és kísérleti takarmányt felváltva, kezelésként két ismétlésben fogyasztották. Mindkét kezelés esetén az előtetetés 5 nap volt. A mérést az egyedi takarmánykiosztáskor kezdtük (7.00 vagy 12.00 óra). A mérések előtt megtisztítottuk a hasfal epigasztrikus és a comb területét, és a bőrt finoman megborotváltuk és fertőtlenítettük. Az Ag/AgCl elektródákat (Electrode PE Foam Solidgel, Bio Lead-Lok B Sp. Zo.o, Józsefów, Lengyelország) műtét nélkül ragasztó szalagokkal (Leukoplast 5 cm, BSN medical GmbH, Hamburg, Németország) rögzítettük a bőr felületén. Ten20 EEG vezetőképes gélt (Bio-Medical Instruments, USA) használtunk, hogy biztosítsuk az elektródák megfelelő vezetőképességét. Az elektródapárokat (2 elektróda) a hasfal jobb és bal oldalához rögzítettük, 10 cm-re oldalirányban a gerinctől, míg a semleges elektródát a jobb combra helyeztük, a farktól 5 cm-re. Az elektródák rögzítésére és védelmére, valamint a mioelektromos jeleket rögzítő és tároló tartószerkezet rögzítésére speciális öv került kialakításra

A mért és rögzített myoelektrikus primer hullámokat FFT analízist követően az ISO/Myo (MDE GmbH, Walldorf, Németország) szoftverrel értékeltük.

Az elektromos jeleket számítógépen rögzítettük és a S.P.E.L. Advanced ISOSYS Data Acquisition System szoftverrel elemeztük (MDE GmbH, Walldorf, Németország). A SMEMG jelek erősítésére egyedi tervezésű és gyártmányú erősítőt alkalmaztunk, melyet az MDE GmbH (Walldorf, Németország) tervezett. Kettős szűrőrendszert használtunk az elektromos zaj („artefakt”) csökkentésére. Az összes analóg jelet egy elsődleges Bessel-típusú aluláteresztő szűrővel előszűrtünk, és digitális jelekké alakítottuk 2 Hz-es mintavételi frekvencia tartományban 80 dB/tized meredekséggel. Az előszűrt mioelektromos jeleket ezután Bessel-típusú sáváteresztő szűrőkkel tovább szűrtük, 0-30 ciklus per perc frekvenciával, 140 dB/tized meredekséggel. A rögzített jeleket Fast Fourier transzformációval (FFT) elemeztük. Az elektromos aktivitást cpm értékkel jellemeztük (circle per minutes – ciklus per perc), és az aktivitás nagyságát a teljesítmény spektrumsűrűség (PsD_{max}) maximálisaként írtuk le. A meghatározott cpm és PsD_{max} értékeket t-próbával hasonlítottuk össze a Prism 5.0 számítógépes programcsomag segítségével. (GraphPad Software, USA). Valamennyi statisztikai vizsgálat során a választott szignifikancia szint $p \leq 0,05$ volt.

3. EREDMÉNYEK

3.1. ANALITIKAI ELEMZŐ VIZSGÁLATOK A HAZAI NÖVENDÉKSERTÉS TAKARMÁNYKEVERÉKEK NYERSROSTTARTALMÁRA ILLETVE AZ EGYES ROSTFRAKCIÓK MENNYISÉGÉRE VONATKOZÓAN

A vizsgált 22 takarmánymintából a receptúrakészítés során 19 esetben törekedtek a legalább 35 g/kg nyersrosttartalom (*Magyar Takarmánykódex*, 2004) biztosítására. A minták többségében a számított nyersrosttartalom az ajánlott szintnél nagyobb volt.

A kémiai elemzések adatai szerint a minták nyersrosttartalma 22,2 és 73,9 g/kg takarmány között változott, átlagosan $36,1 \pm 10,4$ g/kg takarmány volt, ami megfelel a *Magyar Takarmánykódex* (2004) ajánlásának. NIRS készülékkel mérve a nyersrosttartalom 24,0 és 76,7 g/kg takarmány közötti, átlagértéke $39,5 \pm 12,3$ g/kg takarmány volt. A számított és a kémiai vizsgálat alapján kapott nyersrosttartalom értékei között abszolút értékben -6,2 g/kg takarmány eltérés, míg a számított nyersrost és a NIRS eredmények között 7,3 g/kg takarmány (n=22) különbség volt.

A kémiai módszerrel meghatározott és a számított nyersrosttartalom esetében a MSPE érték 67,06; a relatív hiba (relMSPE) 0,227 volt. Amennyiben az MPSE értéke kicsi, akkor a modell jó pontossággal becsli a vizsgált mutatót. A relMSPE érték a mutatók közötti különbséget tükrözi, tehát a számított és mért adatok összességében 22,7% hibával terheltek. A mért és számított adatok átlaga csak kismértékben tér el egymástól (A = 13,0%) és a hiba regressziós komponense is viszonylag kicsi (R = 14,5%), így a relatív hiba a számított és a mért értékek nem megfeleltethetőségéből származik elsősorban.

A nyersrosttartalom a kémiai vizsgálatnál 9 mintában, míg a NIRS készülékkel végzett elemzés során 7 mintában nem érte el a *Magyar Takarmánykódex* (2004) által növendék/hízó sertések számára ajánlott 35 g/kg takarmány értéket.

A kémiai és a NIRS analízis eredményét genotípusonként elemezve kitűnik, hogy mindkét módszerrel mérve a „B” genotípus tápjában a nyersrosttartalom kisebb volt az ajánlott 35 g/kg takarmány szintnél. Az „A” genotípus takarmánykeverék-mintáiban jól lehet a számított érték is valamivel nagyobb volt (39,8 vs. 37,4 g/kg takarmány), de a kétféle analitikai módszerrel mért nyersrosttartalom markánsan nagyobb volt. Különösen nagy eltérést tapasztaltunk a NIRS analízissel mért értékek között (42,5 illetve 33,1 g/kg takarmány). Fontos hangsúlyozni, hogy a nagy szórásérékek miatt a számított, a kémiai és a NIRS átlagadatok között nem volt szignifikáns eltérés (p=0,44).

A számított és a kémia vizsgálat nyersrost értékei között a korrelációs koefficiens $R=0,737$ ($p<0,01$) volt. A számított és NIRS összehasonlítása során $R=0,719$ ($p<0,01$), míg a kémiai és NIRS eredmények között $R=0,690$ ($p<0,01$) korrelációs koefficienszt állapítottunk meg.

Az „A” genotípus esetében a 15 teljes értékű takarmánykeverék közül 9-ben használtak legalább egy mellékterméket. A „B” genotípus 7 takarmánykeverékéből 4 receptúra tartalmazott legalább egy mellékterméket. A 22 takarmányminta receptúrájában a melléktermékek aránya 3,8% és 14,45% között változott. A mellékterméket tartalmazó takarmánykeverékekben egy (10 takarmányminta) illetve kettő (5 takarmányminta) melléktermék használata volt jellemző.

3.2. KÜLÖNBÖZŐ MELLÉKTERMÉKEK (KUKORICA-DDGS, SZÓJAHÉJ, BÚZAKORPA, CUKORRÉPAPELLET) ETETÉSÉNEK HATÁSA A NÖVENDÉK ÉS HÍZÓSERTÉSEK TERMELÉSI MUTATÓIRA NAGY NDF-TARTALMÚ TAKARMÁNYOZÁS MELLETT

A növendék fázisban (0-42. nap) az átlagos napi súlygyarapodás a kontroll csoport esetében 0,85 kg, a közepes melléktermék részarányú csoportban 0,84 kg, míg a nagy melléktermék részarányú csoport egyedeinél 0,83 kg volt. Ez a mutató a hízófázisban (42-67. nap) a következő módon változott: 1,48 kg (KON), 1,45 kg (KMT) 1,53 kg (NMT). Az átlagos napi takarmányfelvétel a növendék fázisban a kontrollcsoport és a közepes melléktermék részarányú csoport egyedeinél 2,00 kg, nagy melléktermékarány esetében pedig 2,10 kg volt. A hízófázisban az átlagos napi takarmányfelvétel egységesen 3,40 kg volt, mindhárom csoportban. Valamennyi vizsgált mutató esetében a kapott eredmények között nem volt statisztikailag igazolható különbség ($p>0,05$). A súlygyarapodás/takarmányfelvétel hányados (kg/kg) a növendékfázisban hasonló volt az egyes csoportokban: 0,43 kg/kg, 0,42 kg/kg, és 0,40 kg/kg. A hízófázisban kis mértékben változott a súlygyarapodás/takarmányfelvétel hányados, de a kezelések között nem találtunk szignifikáns különbséget: 0,44 kg/kg (KON), 0,43 kg/kg (KMT) és 0,45 kg/kg (NMT). A vizsgált termelési mutatók nem különböztek a két ivarnál (emse vs. ártány).

3.3. MIOGRÁFIÁS MÉRŐMŰSZER ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA SERTÉS ESETÉBEN

A hasfal bal és jobb oldalán található mérőelektrodák felhelyezése és a semleges elektróda a bal combon történő rögzítése eredményesnek bizonyult a pilot teszt során. Valamennyi elektróda által rögzített jel folyamatosan mérhető és látható volt a számítógépes 2D illetve 3D megjelenítés során. Az emésztőrendszer szervei, frekvenciatartomány alapján történő szűréssel, egyértelműen elkülöníthetőek voltak, melyeket 3D grafikonokon tudunk szemléltetni számítógépen.

3.4. A GASZTROINTESTINÁLIS RENDSZER SIMAIZOM SZÖVETÉNEK ELEKTROMIOGRÁFIÁS (SMOOTH MUSCLE ELECTROMYOGRAPHY - SMMG) VIZSGÁLATA ÉBER SERTÉSEKKEL, NAGY ROSTTARTALMÚ TAKARMÁNYOZÁS MELLETT ANYAGCSEREKETRECBEN

A három állattal végzett kísérletünkben a mérési időpont, illetve az elfogyasztott takarmány szerint is változott a simaizom percenkénti összehúzódásának száma (cpm, cycles per minute). A három mérési időpont közül két esetben változott szignifikáns mértékben mindhárom sertésben (M1, M2, M3). Az állatok cpm eredményei nem mutattak egységes változást a kontroll illetve a kísérleti szakaszban.

A simaizom összehúzódásainak maximális frekvenciaértéke (Y max) valamennyi egyed esetében változást mutatott a nagy rosttartalmú (kísérleti) takarmány etetésének hatására. A változások iránya ugyanakkor nem mutatott egységes képet, egyik egyedben csökkent, másokban nőtt. A frekvencia értékek közül csak egyik kísérleti egyednél (M3) kaptunk minden mérés esetén szignifikáns változást a két takarmány hatását vizsgálva.

M3 egyed esetében mindhárom mérés (mérés 1, 2 és 3) esetén szignifikáns különbséget tapasztaltunk a kezelések között (M3, 1. mérés: 85,79 vs. 31,95; M3, 2. mérés: 122,78 vs. 20,64; M3, 3. mérés: 87,34 vs. 14,98; sorrendben kontroll, kísérleti kezelés, $p < 0,001$).

Az elfogyasztott takarmány (kontroll ill. kísérleti) hatásának *többszörös elemzése* alapján megállapítható, hogy a cpm értékekre nem volt szignifikáns hatással ($p > 0,05$) sem a kezelés, sem pedig az egyed, ezzel szemben szignifikáns mérési sorozathatást figyeltünk meg. A kezelés×egyed ($p < 0,001$); kezelés×egyed×mérés sorozat ($p < 0,001$) és az egyed×mérés

sorozat ($p=0,002$) interakció statisztikailag igazolhatóan szignifikáns mértékű eltéréseket mutatott.

Az Y max értékekre szignifikáns hatással volt a kezelés, a vizsgálatba vont állat, illetve a mérési sorozat is. A kezelés×egyed ($p<0,001$); kezelés×mérési sorozat ($p=0,044$) sorozat; kezelés×egyed×mérési sorozat ($p<0,001$) és az egyed×mérési sorozat ($p<0,001$) interakciók is statisztikailag is igazolt különbséget mutattak, ami arra utalt, hogy az egyes változók hatásai nem voltak függetlenek egymástól.

3.5. NAGY ROSTTARTALMÚ TAKARMÁNY ETETÉSÉNEK HATÁSA A GASZTROINTESZTINÁLIS RENDSZER SIMAIZOM SZÖVETÉRE (SMOOTH MUSCLE ELECTROMYOGRAPHY - SMEMG) ÉBER, SZABADON MOZGÓ NÖVENDÉK SERTÉSEKEKNÉL

A mérések során az egyedek hasüregének mindkét oldalára felhelyezett 1-1 elektródát, illetve 1 elektródát alkalmaztunk ún. semleges elektródaként a combra rögzítve. Ennek következtében az elektródák számát eredményesen tudtuk csökkenteni. Ez nagyban megkönnyítette a mérés technikai kivitelezhetőségét éber, szabadon mozgó állat esetében. A mérések során ki tudtuk iktatni az anyagcsereketrec használatát is, az állatok szabadon mozoghattak a kutricában, így nem voltak akadályoztatva a mérőműszer felhelyezése és viselése által a mozgásban, a takarmány- és ivóvíz-felvételben. A mérési időt 4 órára csökkentettük.

A maximális teljesítményspektrum sűrűségének (PsD_{max} , mV^2) abszolút értékei különbözőek voltak az emésztőrendszer egyes szegmenseiben (gyomor, vékonybél, vastagbél) és a különböző kezelések esetében (kontroll és kísérleti). A kísérleti takarmány etetésekor mért PsD_{max} értékek eltértek a kontroll takarmányt fogyasztó egyedek eredményeitől. Szignifikáns hatást a vékonybélben találtunk, minden állatban a nagyobb rosttartalmú takarmány etetésekor nagyobb PsD_{max} értéket mértünk ($p \leq 0,001$). A gyomor, illetve a vastagbél nem mutatott változást.

A kísérleti takarmány etetése során mért PsD_{max} értékek különböztek a kontroll takarmányt fogyasztó egyedek eredményeitől. A PsD_{max} értékek szignifikáns növekedését csak a vékonybél esetében tapasztaltuk ($p \leq 0,001$).

A kontroll takarmány fogyasztása esetén a PsD_{max} érték a gyomor esetében 101,3 és 350,3 között változott; 20,4 és 67,2 között a vékonybélnél és a vastagbél esetében 44,0 és 362,9 között volt ez az érték. A kísérleti takarmány fogyasztásának hatására a PsD_{max} a

gyomor esetén 102,8 és 355,6 között; a vékonybélnél 82,9 és 264,0; valamint a vastagbélnél 64,8 és 385,8 között változott.

A különböző rosttartalmú takarmányok etetésének hatására nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést az emésztőtraktus egyes szervei esetében a mért cpm értékek vizsgálata során. Gyomorban azonos értéket mértünk (kontroll: 4,06 vs. kísérleti: 4,06). A vékonybélben (kontroll: 22,06 vs. kísérleti: 22,10) illetve a vastagbélben (kontroll: 2,11 vs. kísérleti: 2,13) is nagyon közeli értéket detektáltunk.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az általunk gyűjtött és vizsgált növendék- és hízósertések számára készített 22 teljes értékű takarmánykeverék mintából a receptúrakészítés során 19 esetben törekedtek a legalább 35 g/kg takarmány nyersrosttartalom (*Magyar Takarmánykódex*, 2004) biztosítására. A minták többségében a számított nyersrosttartalom az ajánlott szintnél nagyobb volt. Ez azt jelzi, hogy a hazai gyakorlat a magyarországi ajánlást minimum értéknek tekinti és valamivel nagyobb nyersrosttartalmú takarmányok összeállítását részesíti előnyben a növendék sertés korcsoport számára, mindkét, de különösen az „A” genotípus esetében. Ez a jövőben azt vetheti fel, hogy érdemes lenne a Magyar Takarmánykódexben ajánlott rostkoncentrációt újraértékelni.

A takarmánykeverék minták további vizsgálata során a kémiai módszerrel meghatározott és a számított nyersrosttartalom esetében a MSPE érték 67,06; a relatív hiba (relMSPE) 0,227 volt, tehát a számított és mért adatok összességében 22,7% hibával terheltek. A mért és számított adatok átlaga csak kismértékben tért el legalább 35 g/kg takarmány nyersrosttartalomtól ($A = 13,0\%$) és a hiba regressziós komponense is viszonylag kicsi volt ($R = 14,5\%$). A relatív hiba a számított és a mért értékek nem megfeleltethetőségéből származott elsősorban. Ez alapján igazolható, hogy a receptúrakészítés során kiszámolt nyersrosttartalom hibájának nagysága független a takarmányban lévő, kémiai vizsgálattal meghatározott nyersrost mennyiségétől.

A rendelkezésre álló vizsgálatok (kémiai, NIRS) eredménye és a receptúra összeállítása során számított nyersrosttartalom közötti különbség oka többféle lehet. Feltételezhető, hogy a receptúra készítés során a különböző takarmánygyártó- és forgalmazó cégek vagy azok a telepek, melyek saját keverő üzemmel rendelkeznek, nem feltétlenül aktualizálják a receptúrát minden egyes új alapanyag tétel esetében a rendelkezésre álló vizsgálati eredmények ellenére sem (kémiai, NIRS). Ennek megfelelően eltérő lehet az alapanyagok, ezen belül a melléktermékek táplálóanyag-tartalma is, tételenként és gyártási technológiától függően. A melléktermékben és a takarmánykeverékben található hemicellulóz- és oldható rosttartalom hatással van a nyersrost mérés eredményére és annak pontosságára, így a számított és mért értékek különbségének másik oka az analitika bizonytalanságából származik és különösen függ az adott melléktermék hemicellulóz-tartalmától, és a melléktermék arányától a receptúrában. Ezáltal ajánlott vizsgálni és aktualizálni az alapanyagok nyersrost-, NDF-, ADF- és ADL-tartalmát a receptúra készítés során a rendelkezésre álló vizsgálati eredmények ismeretében.

Az egyes vizsgálati módok (számított és a kémia vizsgálat nyersrosttartalom meghatározása; számított, kémiai és NIRS táplálóanyagtartalom vizsgálat) korrelációs vizsgálata alapján elmondható, hogy közepesen erős kapcsolat van a vizsgált paraméterek között. Ezek alapján a NIRS vizsgálati mód a sertés takarmánykeverékek esetében alternatív módszer lehet a receptúrák és a késztakarmányok valós táplálóanyag-tartalmának telepi ellenőrzésére, gyors mérésére.

A takarmányminták vizsgálata és az értékelési módok összehasonlítása alapján látható, hogy a szakemberek a receptúra összeállításakor „óvatosan” kezelték a takarmánykeverék nyersrosttartalmát. Így az eleve kisebb, de még az ajánlott szintnek (legalább 35 g/kg takarmány nyersrosttartalom) megfelelő nyersrosttartalommal összeállított receptúra alapján készült takarmánykeverék szintén kis mennyiségű nyersrosttartalommal fog rendelkezni. A kapott eredmények alapján látható, hogy a kalkulált nyersrosttartalom nem minden esetben felelt meg a kémiai eredmények során gyűjtött valós nyersrosttartalom eredményeinek. Az esetek többségében kevesebb volt a tényleges nyersrosttartalom a kalkulált eredményekhez képest. Ezek alapján nagyobb nyersrostsztintek beállítása javasolt a növendék sertéstakarmányok esetében és a késztakarmányok folyamatos táplálóanyag összetételének vizsgálata, kémiai vagy NIRS módszerrel.

A vizsgált takarmánykeverékek mért NDF-, ADF- illetve ADL-tartalma, illetve számított hemicellulóz- és cellulóztartalma nagy eltérést mutatott. Ez az alapanyagok és az eltérő arányú melléktermék felhasználással magyarázható. A melléktermék aránya a receptúrákban 3,8% és 14,45% között változott. Kijelenthető, hogy a hazai gyakorlat még óvatosan kezeli a melléktermékek körét és a felhasznált mennyiséget a takarmányelőállítás során.

A [(dán lapály×dán nagyfehér)×dán duroc] hibrid genotípusú sertésekkel végzett hizlalási kísérletünkben a nettó energiaérték (NE_s) illetve az ileálisan emészthető aminosavak (SID) alapján összeállított takarmánykeverékekben az extrahált szójadara részaránya jelentősen csökkenthető 13,4%-ról 3,5 %-ra a növendék fázisban (hizlalás 0. – 42. nap), valamint a 10,5%-ról 1,7%-ra a hizófázisban (hizlalás 42. – 67. nap). A szójadara csökkentését a melléktermék hányad növelésével lehetett elérni, 0%-ról 26,8%-ra a növendék-, illetve a 0%-ról 32,8%-ra a hizófázisban. Eredményeink megerősítik annak a lehetőségét, hogy a „hagyományos fehérjeforrások”, mint például az extrahált szójadara drasztikusan csökkenthető a receptúrákban, ha különböző melléktermékekkel helyettesítjük azt. Az a tény, hogy az általunk használt receptúra a növendék és hizó fázisban, 4%, illetve 2% extrahált szójadarat tartalmazott bizonyította, hogy a takarmány összetétele megfelelő

táplálóanyag-ellátottságot biztosított a kísérletünkben résztvevő nagy növekedési eréllyel rendelkező egyedek számára (átlagos napi súlygyarapodás 840 g a növendék és 1480 g a hízófázisban). Ez azt vetíti elő, hogy az extrahált szójadara nem kötelező alkotóeleme az intenzív genotípusú sertések takarmányának. Ezen eredmények azt bizonyítják, hogy sikeresen beépíthetők a különböző melléktermékek (akár több melléktermék egyidejű használata is) a növendék és hízósertések receptúrájába nettó energiaszámítással (NE_s) és ileálisan emészthető aminosavakra (SID) formulázott takarmányadagok mellett.

A gasztrointesztinális rendszer simaizomszövetének vizsgálatát célzó pilot teszt tapasztalatai alapján, melyet egy növendék sertéssel végeztünk, altatás mellett, alkalmasnak találtuk a mérési módszert és a miográfiás mérőműszert a sertés béltraktusát alkotó simaizomszövetben végbemenő miográfiás változások detektálására. A hardver (holter és vezetékek), valamint az általunk alkalmazott ISO/Myo szoftver is megfelelő volt az eredmények értékelésére és vizuális megjelenítésére. Ezáltal elmondható, hogy az elektrogasztrógráfiai (EGG) módszerek közül, az emésztőtraktust alkotó szervek simaizom szöveve által mért miográfiás jelek vizsgálatával foglalkozó, sima izomszövet elektromiográfia (SMEMG) alkalmazható, mint diagnosztikai módszer sertések esetében.

A 4% Opticell rostkiegészítést tartalmazó keveréktakarmány etetésekor az emésztőtraktust alkotó simaizomszövet által produkált akcióspotenciálok maximális frekvencia értéke (Y max) és a percnkénti összehúzódások száma (cpm: cycles per minute) szignifikánsan eltért ($p < 0,001$) a kontroll (2,80% nyersrosttartalmú) takarmányadagot fogyasztó állatokétól. Ezáltal az emésztőtraktust alkotó simaizomszövet által produkált akcióspotenciálok maximális frekvencia értékének (Y max) és a percnkénti összehúzódások számának vizsgálata (cpm: cycles per minute) eredményesnek bizonyult a 4% Opticell rostkiegészítést tartalmazó keveréktakarmány etetésének hatását leíró miográfiás vizsgálatára.

A növendéksertésekre adaptált (Szűcs és mtsai, 2016) SMEMG vizsgálati módszerrel, [(dán lapály×dán nagyfehér)×dán duroc] genotípusú hibridekkel egyedi kutricában, mozgásukban nem korlátozott állatokkal végzett etetési kísérletünkben megállapítottuk, hogy a megnövelt (4,9%) nyersrosttartalmú takarmánykeverék etetésének hatása kimutatható a szervspecifikus szűrők alkalmazásával a miográfiás eredmények elemzése során. A Szűcs és mtsai (2016) által, valamint humán vonatkozású vizsgálatokban meghatározott frekvenciatartományok az egyes szervek esetében - gyomor (3-5 cpm), vékonybél (20-25 cpm) és vastagbél (1-3 cpm) – eredményesen alkalmazhatók sertés vonatkozásában is.

A kontroll, alacsony (2,9%) rosttartalmú diétához képest, a maximális teljesítményspektrum sűrűség (PsD_{max} , mV^2) abszolút értéke szignifikánsan nőtt ($p < 0,001$) a nagyobb rosttartalmú kísérleti takarmányok etetésekor. Ezáltal a kapott PsD_{max} értékek alapján megállapítható, hogy a vékonybél simaizom szövetének összehúzódásai intenzívebbek voltak a kísérleti, magas rosttartalmú takarmány etetése esetén. A rost jelenléte a kísérleti takarmányban és a PsD_{max} értékek közötti szignifikáns különbség az elfogyasztott takarmányok etetésének hatására mérhetővé vált az SMEMG mérési módszerrel. Így az emésztőtraktusban jelentkező valós, mérhető különbséget tudunk detektálni ezzel a diagnosztikai módszerrel. Ezek az eredmények nagyban hozzájárulhatnak a valós motilitás vizsgálathoz, ezáltal – későbbi kutatómunkákban – a pontos tranzitidő méréséhez.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Növendék- és hizósertéssel [(dán lapály×dán nagyfehér)×dán duroc], 40-110 kg élősúly között végzett etetési vizsgálatban 30% melléktermék (kukorica-DDGS, szójahéj, búzakorpa, szárított répaszelet) részarányig, növendékfázisban 18%, hizófázisban 22% NDF-tartalom mellett, növendékfázisban 13,4%-ról 3,5%-ra, hizófázisban 10,50%-ról 1,70%-ra csökkenthető az extrahált szójadara mennyisége a fontosabb termelési mutatók (átlagos élősúly, napi takarmányfelvétel és súlygyarapodás) statisztikailag igazolható mértékű romlása nélkül ($p>0,05$). A melléktermékek nagyobb arányú alkalmazásakor a takarmánykeveréket nettó energiaérték (NE_s) illetve ileálisan emészthető aminosav (SID)-tartalom alapján javasolt összeállítani.
2. Igazoltam, hogy a gasztrointesztinális rendszer simaizom szövetének vizsgálatára irányuló elektromiográfia (Smooth muscle electromyography - SMEMG) *in vivo* és nem-invazív módon alkalmas az emésztőrendszer (gyomor, vékony- és vastagbél) aktivitásának mérésére éber növendék sertéseknél.
3. A növendéksertésekre adaptált SMEMG vizsgálati módszerrel, [(dán lapály×dán nagyfehér)×dán duroc] genotípusú hibridekkel (életkor: 72 ± 3 nap, átlagos testtömeg: 30 ± 3 kg, egyedi kutricában, mozgásukban nem korlátozott állatokkal) végzett etetési kísérletben megállapítottam, hogy a megnövelt (4,9%) nyersrosttartalmú takarmánykeverék etetése a vékonybél simaizom szövetének összehúzódását szignifikáns mértékben megnövelte ($p<0,001$). A kontroll, alacsony (2,9%) rosttartalmú diétához képest, a maximális teljesítményspektrum sűrűség (PsD_{max} , mV^2) abszolút értéke szignifikánsan nőtt ($p<0,001$) a nagyobb rosttartalmú kísérleti takarmányok etetésekor, ezáltal a vékonybél simaizom szövetének összehúzódásai intenzívebbek voltak a kísérleti, magas rosttartalmú takarmány etetése esetén.
4. A növendéksertésekre adaptált SMEMG vizsgálati módszerrel, [(dán lapály×dán nagyfehér)×dán duroc] genotípusú hibridekkel egyedi kutricában, mozgásukban nem korlátozott állatokban kimutatható a megnövelt (4,9%) nyersrosttartalmú takarmánykeverék etetésének hatása a szervspecifikus szűrők alkalmazásával a miográfiás eredmények elemzése során. A Szűcs és mtsai (2016) által, valamint

humán vonatkozású vizsgálatokban meghatározott frekvenciatartományok az egyes szervek esetében - gyomor (3-5 cpm), vékonybél (20-25 cpm) és vastagbél (1-3 cpm) - eredményesen alkalmazhatók sertésben is.

6. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

6.1. IDEGEN NYELVŰ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

NAGY, K. – FÉBEL, H. – HALAS, V. – TÓTH, T.: The effect of inclusion of fibre-rich by-products on the performance of growing and finishing pigs (pilot study). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal science*, 2021. Volume 70, Issue 1. 23-30. <https://doi.org/10.1080/09064702.2020.1829697>.

6.2. MAGYAR NYELVŰ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

NAGY, K. – FÉBEL, H. – TÓTH, T.: A rostellátás jelentősége a növendék sertések takarmányozásában: Irodalmi összefoglaló. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 2016. 65. 1-22.

NAGY, K. – FÉBEL, H. – HALAS, V. – TÓTH, T.: A hazai növendéksertés takarmánykeverékek jellemző nyersrosttartalma és rostösszetétele. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 2019. 68. 62-76.

6.3. KONFERENCIA ELŐADÁSOK, PROCEEDINGBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

NAGY, K.: A rostellátás korszerű megközelítése és új lehetőségei a sertés takarmányozásban. *Magyar Fajtatizsza Sertést Tenyésztők Egyesülete szakmai rendezvény*, Kaposvár - Gyömaendrőd, 2018.

NAGY, K. – FÉBEL, H. – SUDÁR, G. – TOSSENBERGER, J. – VIDA, O. – TÓTH, T.: A hazai növendéksertés-takarmánykeverékek nyersrosttartalmának és rostfrakcióinak vizsgálata. *XXIII. Ifjúsági Tudományos Fórum*, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely. 2017. 1-6.

NAGY, K. – FÉBEL, H. – SUDÁR, G. – TOSSENBERGER, J. – GROSZ, GY. – TÓTH, T.: Miográfias vizsgálatok alkalmazhatóságának lehetőségei növendék sertésekkel végzett kísérletben nagy rosttartalmú takarmány etetésekor (előzetes eredmények). *XXII. Ifjúsági Tudományos Fórum*, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely. 2016. 1-7.

NAGY, K. – FÉBEL, H. – SUDÁR, G. – TOSSENBERGER, J. – GROSZ, GY. – TÓTH, T.: Emelt rosttartalmú takarmány etetésének hatása a gasztroenterális rendszer simaizom szövetében jelentkező akciós potenciálváltozásokra növendék sertésnél. *XXXVI. Óvári Tudományos Nap: Hagyomány és innováció az agrár- és élelmiszergazdaságban I-II*. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság-és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár. 2016. 419-425.

NAGY, K.: A rostellátás korszerű megközelítése és új lehetőségei a sertés takarmányozásban. *AgriFirm Magyarország Zrt. és Nuscience Hungary Kft. Sertéshús termelés gazdaságosan szakmai rendezvény*, Budaörs, 2015.

NAGY, K. – FÉBEL, H. – TÓTH, T.: A rost szerepe a növendék sertések takarmányozásában: Irodalmi összefoglaló. *XXI. Ifjúsági Tudományos Fórum*, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely. 2015. 1-6.

6.4. MAGYAR NYELVŰ ISMERETTERJESZTŐ KÖZLEMÉNYEK

NAGY, K. – HALAS, V. – FÉBEL, H. – TÓTH, T.: Melléktermékek alkalmazásának irányelvei a nagy teljesítményű növendék - és hízósertés takarmányozásában. *Agro Napló*, 2020. 26. 64-66.

NAGY, K. – FÉBEL, H. – TOSSENBERGER, J. – SUDÁR, G. – HALAS, V. - TÓTH, T.: A rostfrakcióra alapozott takarmányozás a növendék sertéseknél. *Agro Napló*, 2017. 21. 81-83.

NAGY, K. – SUDÁR, G. – FÉBEL, H. – TOSSENBERGER, J. – TÓTH, T.: A nyersrostellátás újszerű megközelítése a növendék-hízósertések takarmányozásában. *Agro Napló*, 2016. 20. 130-131.

SUDÁR, G. - NAGY, K. – FÉBEL, H. – TOSSENBERGER, J. – TÓTH, T.: A melléktermékek jelentősége a növendék-, hízósertések takarmányozásában. *Agro Napló*, 2016. 6. 110-111.

7. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

- VIDA, O. – EGRI, B. – NAGY, K. –TÓTH, T.: Különböző glicerinforrások etetésének vizsgálata szoptató kocák takarmányozása során (Bevezető eredmények). *XXIII. Ifjúsági Tudományos Fórum*, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely. 2017. 1-6.
- NAGY, K.: Az antibiotikum felhasználás csökkentésének lehetséges alternatívái a sertés takarmányozásban. *AgriFirm Magyarország Zrt. és Nuscience Hungary Kft. Sertés Szakmai Nap*, Budaörs, 2016.
- NAGY, K.: Egy vaskészítmény alkalmazásának hatása a malacok néhány termelési mutatójára és élettani paramétereire. *XXXII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi Szekció*. Szegedi Tudomány Egyetem, Hódmezővásárhely. 2015. 303.
- NAGY, K. – ZSÉDELY, E. – CSAVAJDA, É. – RÓZSA, L. – FÉBEL, H. – TÓTH, T.: Effect of dietary iron supplementation on growth performance and haematological status in young pigs. *KRIMVA 2015: XXII Medunarodna Savjetovanje – 22nd International Conference*. Opatija, Horváthország. 2015. Book of abstract, 45.
- NAGY, K. – ZSÉDELY, E. – RÓZSA, L. – FÉBEL, H. – TÓTH, T.: Egy vaskészítmény alkalmazásának hatása a malacok néhány termelési mutatójára és élettani paramétereire. *XXXV. Óvári Tudományos Nap: A Magyar és nemzetközi agrár-és élelmiszer-gazdaság lehetőségei*. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság-és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár. 2014. 492-497.

A doktori disszertáció elkészülését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 projekt támogatta.