DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

TENKE JÁNOS

MOSONMAGYARÓVÁR
2023

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
ALBERT KÁZMÉR MOSONMAGYARÓVÁRI KAR
ÁLLATTUDOMÁNYI TANSZÉK

WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI MULTIDISZCIPLINÁRIS
DOKTORI ISKOLA

UJHELYI IMRE ÁLLATTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

DOKTORI ISKOLAVEZETŐ:
DR. VARGA LÁSZLÓ DSC
EGYETEMI TANÁR

PROGRAMVEZETŐ:
DR. SZABÓ FERENC DSC
EGYETEMI TANÁR

TÉMAVEZETŐ:
PROF. DR. TOSSENBERGER JÁNOS
EGYETEMI TANÁR

A TAKARMÁNYOK LIZIN/ENERGIA ARÁNYÁNAK HATÁSA AZ AMINOSAVAK ILEÁLIS EMÉSZTHETŐSÉGÉRE ÉS A N-RETENCIÓRA KÜLÖNBÖZŐ GENOTÍPUSÚ SERTÉSEK HIZLALÁSA SORÁN

KÉSZÍTETTE:
TENKE JÁNOS

MOSONMAGYARÓVÁR
2023

A takarmányok lizin/energia arányának hatása az aminosavak ileális emészthetőségére és a N-retencióra különböző genotípusú sertések hizlalása során

Írta:
TENKE JÁNOS

Készült a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Programja keretében

Témavezető: Prof. Dr. Tossenberger János

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori komplex vizsgán megfelelt.

Mosonmagyaróvár, ……

……
a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr. ……) igen/nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. ……) igen/nem

(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr. ……) igen/nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján ……%-ot ért el.

Mosonmagyaróvár, ……

A Bírálóbizottság elnöke

Doktori (PhD) oklevél minősítése……

Az EDT elnöke

1. BEVEZETÉS 1

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 2
2.1 A genetikai potenciál értelmezése a sertéshús-előállításban 2
2.2 A hazai sertésállomány genetikai potenciálja 11
2.3 A sertések N-forgalmának jellegzetességei 13
2.4 A fehérje és az aminosavak felszívódása 15
2.5 A sertéstakarmányok fehérje- és aminosav értékelésének áttekintése 20
2.6 A takarmányok lizin/energia arányának hatása a növekedésre 24
2.7 Az ideális fehérje elv alkalmazása a hízósertés takarmányozásban 25
2.8 A kristályos aminosavak előállítása és alkalmazása 26

3. A DISSZERTÁCIÓ CÉLKITŰZÉSEI 30

4. ANYAG ÉS MÓDSZER 31
4.1 A nyersfehérje és az aminosavak ileális emészthetősége különböző genotípusú, PVTC kanülel ellátott sertésekben 31
4.1.1 A kísérleti állatok és elhelyezésük 31
4.1.2 Kezelések, a kísérleti állatok takarmányozása 32
4.1.3 Az állatkísérletek módszertana 36
4.1.4 Laboratóriumi vizsgálatok 37
4.1.5 A kísérleti adatok statisztikai analízise 37
4.2 A látszólagos emészthetőség és a N-retenció vizsgálata különböző genotípusú sertésekben 38
4.2.1 A kísérleti állatok és elhelyezésük 38
4.2.2 Kezelések, a kísérleti állatok takarmányozása 38
4.2.3 Az állatkísérletek módszertana 43
4.2.4 Laboratóriumi vizsgálatok 43
4.2.5 A kísérleti adatok statisztikai analízise 44

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK 45
5.1 A nyersfehérje és az aminosavak ileális emészthetőség vizsgálatának eredményei különböző genotípusú, PVTC kanüllel ellátott sertésekben 45
5.1.1 A nyersfehérje ileális emészthetősége növendék sertésekben 45
5.1.2 Az aminosavak ileális emészthetősége növendék sertésekben 53
5.1.3 Az összes és a fehérjében kötött aminosavak ileális emészthetősége növendék sertésekben 62
5.1.4 A nyersfehérje ileális emészthetősége hízósertésekben 68

5.1.5 Az aminosavak ileális emészthetősége hízósertésekben 77
5.1.6 Az összes és a fehérjében kötött aminosavak ileáis emészthetősége hízósertésekben 84
5.2 A látszólagos bélsárból mért emészthetőség és a N-retenciós vizsgálat eredményei 90
5.2.1 A növendék sertések N-retenciója 90
5.2.2 A hízósertések N-retenciója 96

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 105
6.1 Az ileális emészthetőségi vizsgálatból levonható következtetések 105
6.1.1 A növendék sertésekkel (30-60 kg) végzett kísérlet eredményeiből levonható következtetések 105
6.1.2 A hízósertésekkel (60-110 kg) végzett kísérlet eredményeiből levonható következtetések 105
6.2 A N-retenció vizsgálatból levonható következtetések 106
6.2.1 A növendék sertésekkel (30-60 kg) végzett kísérlet eredményeiből levonható következtetések 106
6.2.2 A hízósertésekkel (60-110 kg) végzett kísérlet eredményeiből levonható következtetések 106
6.3 Javaslatok 107

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 108

8. ÖSZEFOGLALÁS 109

9. SUMMARY 112

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 115

11. IRODALOMJEGYZÉK 116

12. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK 124
12.1 A disszertáció témakörében megjelent közlemények 124
12.2 A disszertáció témakörén kívül megjelent közlemények 126

13. SZAKMAI ÖNÉLETRAJZ 128

1. BEVEZETÉS

A fejlett gazdasággal rendelkező nyugat európai országok sertésállományának mérete az utóbbi években fokozatosan csökkent, a rendelkezésre álló adatok szerint azonban az elmúlt évtizedben a sertéságazat reprodukciós hatékonysága jelentősen javult (Eurostat, 2023). Hazánkban a háztartások által évente vásárolt sertéshús 2019-ben 33,1 kg/fő volt, amely 1993 óta a legnagyobb hivatalosan regisztrált érték (KSH, 2023). Mivel ez a teljes húsfogyasztás 43,2%-át teszi ki megállapítható, hogy a jó minőségű sertéshús iránti kereslet még mindig jelentős volument képvisel. Mindezekből adódóan a sertéságazat célja olyan, nagy hústermelő kapacitással, kedvező takarmányértékesítéssel és kiváló reprodukciós teljesítménnyel rendelkező állományok termelésbe vonása, amelyekkel a jelentős volumen mellett, a különféle fogyasztói igényeket kielégíteni képes, jó minőségű sertéshús állítható elő.

Jó minőségű húsnak az az állati termék tekinthető, amely a fogyasztói és feldolgozói igényeknek egyaránt képes maximálisan eleget tenni, és az egészséges táplálkozásra való törekvés igényeihez alkalmazkodva viszonylag alacsony zsír-, illetve magas fehérjetartalommal rendelkezik. Az ilyen húsok előállításának alapfeltétele az állatok számára biztosított optimális lizin/emészthető energia (Liz/DE) arány, amelynek figyelembevétele a gyakorlati sertéstakarmányozásban ma már általánosnak tekinthető. Schinckel és De Lange (1996) szerint a sertéshús előállításban használt, iparszerű termelésre alkalmas genotípusok teljesítményében azonban akár 30%-os különbség is adódhat ugyanazon tartási körülmények között. Ebből adódóan indokoltnak látszik a Liz/DE arány termelésre kifejtett hatásának vizsgálata a különböző genetikai kapacitással rendelkező populációk esetében. Tovább árnyalhatják a sertések fehérje- és aminosav-ellátásának hatékony kielégítését azok a kutatási eredmények, amelyek szerint az intenzív termelésben használt populációk fehérje- és egyéb táplálóanyag emésztő képességében különbségek lehetnek (Barea és mtsai, 2011). Ez különösen fontos információ, mivel a fehérje a takarmány legdrágább komponensei közé tartozik, ezért költségcsökkentés legkönnyebben a takarmánykeverék nyersfehérje és aminosav tartalmának optimalizálásával érhető el (Gyurcsó és mtsai, 2011). Doktori értekezésemben a takarmányok eltérő lizin/energia arányának ileális emészthetőségre és N-retencióra kifejtett hatását mutatom be a különböző teljesítményre képes, eltérő genetikai potenciállal rendelkező hibrid sertésekben.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A genetikai potenciál értelmezése a sertéshús-előállításban

Napjainkban a gazdaságos és környezetkímélő sertéshús előállítás egyik előfeltétele az állatok kiegyensúlyozott táplálóanyag ellátása. A szükségletek minél pontosabban történő kielégítése nagy körültekintést igénylő feladat, mivel a szakirodalmi adatok szerint a hízósertések teljesítményében akár 30%-os különbség is előfordulhat ugyanazon tartási körülmények között (Schinckel és De Lange, 1996). Ebből adódóan ma már az adott genotípus növekedési jellemzőinek és táplálóanyag-szükségletének leginkább megfelelni képes takarmányozási technológia alapvetően határozza meg a sertéshízlalás biológiai és ökonómiai hatékonyságát. Növekedés alatt a testtömegben és a testméretekben bekövetkező gyarapodást értjük, amely kisebb részben a testben lévő sejtek szaporodása- és azok megnagyobbodása révén következik be (Vidács, 2004). A növekedés során a különböző szövetek (ideg-, izom-, zsír- és csontszövet) részarányának eltolódása is megfigyelhető és a testösszetétel is megváltozik, tehát a növekedés a fejlődés folyamatától nem elválasztható, sokkal inkább összefonódó folyamat (Deák, 2003). Ennek oka, hogy a növekedés során az állati szervezetben nem csak mennyiségi, hanem minőségi változások (szöveti és szervi differenciálódás) is végbemennek. Az állatok növekedése élősúlyuk időbeni változásával is mérhető és általánosan az „S” vagy szigmoid görbével jellemezhető (Kakuk és Schmidt, 1988), amely fiatal korban meredeken emelkedik, a középső életszakaszban elér egy felső egyenletes szakaszt, majd lassan nullára csökken (Close, 2004a), majd hanyatlani kezd.

A táplálóanyag ellátás színvonala meghatározó a növekedésre nézve, mivel a genetikailag determinált növekedési sebesség csak a táplálóanyagokkal szemben támasztott szükségletek teljes körű biztosítása mellett bontakoztatható ki. A táplálóanyag-ellátás színvonala különösen a nagy teljesítményű, modern sertések esetében kulcsfontosságú, mivel ezen állatok számított energiaigénye a növekedés korai szakaszában az önkéntes takarmányfelvétel feletti lehet, ami azt jelenti, hogy ebben a növekedési szakaszban a színhústermelés genetikailag determinált színvonala nem teljes mértékben aknázható ki (Close, 2004b). A növekedés energiaszükséglete fizikai korlátokból adódóan esetenként nem fedezhető, ez pedig gátat szab a tényleges teljesítmény (súlygyarapodás) kibontakoztatásának. Emiatt a takarmányok jól emészthető táplálóanyagainak koncentrációja hatványozott

jelentőséggel bír a modern, nagy genetikai potenciállal rendelkező sertések takarmányozása során.

A genetikai potenciál fogalmát a különböző tudományágak eltérő módon értelmezik, egységes definíciója ezideig nem került leírásra. A humán gyógyászatban a genetikai potenciál egy olyan elméleti maximális teljesítőképességet jelent, amely a genetikai anyagban kódolt és optimális környezeti feltételek mellett valósulhat meg a legkülönfélébb tulajdonságok esetében. A szakirodalom humán vonatkozásban a leggyakrabban a genetikailag meghatározott életkort említik példaként, amely potenciálisan 125 év körüli (Weon és Je, 2009). A populáció szinten, ténylegesen realizálódó életkor ettől lényegesen kisebb, ez pedig főként a környezeti tényezők szervezetre gyakorolt negatív hatásaira vezethető vissza.

Az állattenyésztésben a genetikai potenciál –szemben a humán területtel− nem tekinthető elméleti értéknek, mivel az állattenyésztő szakemberek a szelekciót az állatok számszerűsíthető, fenotípusosan megnyilvánuló tulajdonságai alapján végzik. Horn és Sütő (2014) szerint a baromfifélék esetében a genetikai potenciál növekedését jól tükrözik az egyes egyedek által elért csúcsteljesítmények, valamint a legjobb csoportok átlagos teljesítményei, ezen értékek között ugyanis lényeges eltérések mérhetők. Az egyedi rekordok élettanilag az adott korra elérhető genetikai maximumot mutatják, míg a csoportátlagok a vizsgált genotípus és ivar átlagos genetikai képességét az alkalmazott tartási feltételek között (Horn és Sütő, 2014). A tenyésztőmunka célja az egyedi csúcsteljesítmény állományszinten történő realizálása, azaz a „plusz variáns” genetikai potenciál kiterjesztése az adott populáció egészére.

A hízósertések esetében a „genetikai potenciál” kifejezés többféleképpen, és többféle paraméter alapján értelmezhető. Ahhoz, hogy a vizsgálatainkban kapott eredmények esetében a következtetési tartomány egyértelmű legyen, ezen értelmezések tisztázása elengedhetetlen.

A genetikai potenciál esetében az állatok genetikailag determinált teljesítőképessége, azaz a genetikai anyagban kódolt tulajdonságok adják azon paramétereket, amelyek együttese alapján a különböző genotípusok határozottan elkülöníthető csoportokba sorolhatók.

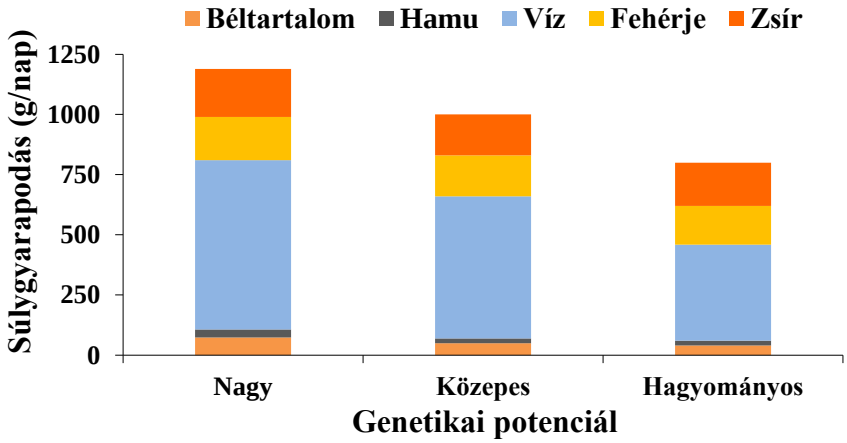
Jól ismert, hogy az állatok genetikailag meghatározott teljesítőképessége csak abban az esetben bontakoztatható ki maximálisan, ha a környezeti feltételek nem válnak a teljesítményre nézve korlátozó tényezővé. A genetikai potenciál kifejezés tehát alapvetően a legideálisabb környezeti feltételek teljesülését feltételezi, amelyek a teljesítményre nézve nincsenek negatív hatással. Ezen negatív környezeti hatások közé sorolhatók a tartás- és takarmányozás-

technológiai hiányosságok, a termelés során jelentkező management problémák, de ide sorolandó az adott állomány egészségügyi státusza, betegségekkel való terheltsége is. Ezen tényezők minden esetben az állatok genetikai potenciáljának kibontakozása-, azaz a genetikai anyagban kódolt teljesítőképesség maximális megnyilvánulása ellen hatnak és hatásuk csak elméleti síkon tekinthető nullának. Ebből adódóan a genetikai potenciál a legtöbb esetben meghaladja a populáció szinten, ténylegesen realizálódó és mérhető értékeket.

A hízósertések genetikai potenciálja esetében több olyan paraméter is vizsgálható, amelyek alapján a különböző genotípusú állatok csoportokra oszthatók. Ezek közé sorolható az állatok takarmányfelvétele, súlygyarapodása (növekedési ritmusa), fajlagos takarmányértékesítése, illetve fehérjebeépítő-, vagy színhústermelő képessége is. A szakirodalom a genetikai potenciál szerinti kategorizálás során általában több ilyen mérhető, számszerűsíthető paramétert együttesen vesz figyelembe (Close, 1994; Kim és mtsai, 2000; NSNG, 2010) és három, jól elkülöníthető csoportba sorolja a sertéseket: nagy-, közepes- és hagyományos- (vagy alacsony) genetikai potenciállal rendelkező állatokra. Szükséges megemlíteni azt is, hogy a genetikai potenciál kifejezés használatát a tenyésztőmunka által folyamatosan jelenlévő genetikai előrehaladás, szelekciós nyomás indukálja, így az több évtizedes időintervallumra-, és egy adott időpontra (a növekedés egy bizonyos szakaszára) vonatkoztatva is értelmezhető. A vágóállatok esetében a termelés eredményességét főként a hízlalási teljesítmény befolyásolja, ezért a genetikai potenciált a hízlalás során mért és számított naturális eredmények alapján lehet a legpontosabban kifejezni.

A világ sertéstenyésztése és ezzel együtt a nagyüzemi termelésben használt sertések teljesítménye az elmúlt csaknem fél évszázadban jelentős átalakuláson ment keresztül, az állatok genetikai potenciálja pedig jelentős mértékben megváltozott ezen időszak alatt. A legtöbb sertéstenyésztési program alapját képező európai nagyfehér vonalak specializált apai és anyai vonalakká alakultak, ez pedig azt eredményezte, hogy ezen állatok táplálóanyag-szükséglete is különböző lett (Varley, 2001). A genotípusok teljesítménye közti eltéréseket fokozza az is, hogy a sertéstenyésztő vállalatok kereskedelmi okok miatt legtöbbször nem tették −és ma sem teszik− közzé szelekciós indexeik részleteit és más-más fontosságot tulajdonítanak a különböző szelekciós paramétereknek. Emiatt ma már a végtermék állatok is mások, mint néhány évtizeddel ezelőtt, ez pedig küllemi tulajdonságaik mellett, testösszetételükben-, valamint teljesítménymutatóikban is tükröződik.

Close (1994) már a kilencvenes években megállapította, hogy az akkori, nagyüzemi termelésben használt sertések genetikai alapokra visszavezethetően soványabbak voltak, emellett színhústermelő (fehérjebeépítő) képességük is meghaladta a korábbi állományokra jellemző értékeket. A szerző állítása a napjainkban-, és a közel harminc évvel ezelőtt használt sertés genotípusok vonatkozásában is megállja helyét.
Horn (2000) szerint a nemesítőmunka során kialakított genotípusok között a növekedés intenzitásában és tartamában jól definiálható különbségek vannak, ezek pedig megszabják a különböző populációk növekedési kapacitását. Ezt alátámasztják Close (1994) korábbi vizsgálati eredményei is, ugyanis szerinte a genotípusok növekedési ütemében-, kifejlettkori testméretében- és szövetgyarapodásuk összetételében is vannak különbségek *(1. ábra).*
A testösszetétel mellett az állatok takarmányértékesítése és súlygyarapodása szintén drasztikus változáson ment keresztül az utóbbi évtizedekben. Merks (2000) szerint a hízósertések a ’30-as és ’90-es években mért gyarapodása között 60% különbség is adódhat, a takarmányértékesítés 20%-kal javult, a hátszalonna-vastagság pedig több mint 50%-kal csökkent *(1. táblázat).*



1. ábra: A hízósertések testösszetételének változása a genetikai potenciál függvényében (Close, 2004a)

Ezt megerősítik Varley (2001) vizsgálati eredményei is, aki szerint a hibridsertések átlagos napi súlygyarapodása 1970-től 1999-ig tartó időszakban megkétszereződött, takarmányértékesítésük pedig közel 30%-kal javult, de ezzel együtt változott a test fehérje- és víztartama is.

1. táblázat: A hízósertések központi teljesítményvizsgálati eredményeinek alakulása Hollandiában 1930 és 1990 között (Merks, 2000)

Fajta	**P A R A M É T E R**		
Lapály	**Átlagos napi súlygyarapodás (g/nap)**	**Fajlagos takarmányértékesítés (kg/kg)**	**Hátszalonna vastagság (mm)**
1930	500	3,5	45
1947	650	3,4	33
1972	788	2,6	26
1990	840	2,8	24
Nagyfehér			
1930	550	3,4	48
1947	680	3,2	35
1972	815	2,5	27
1990	840	2,7	22

A korábbi, „kevésbé nemesített” genotípusokban az üres test víztartalma 53-57%, a modern hibridekben viszont ez az érték 63-66% közé tehető (Rao és McCracken, 1990). A szerzők által tett megállapítás alátámasztja azt, hogy a modern genotípusok testének fehérjetartalma, és ezzel együtt színhústermelő képességük jelentős mértékben megnőtt. Általánosan elfogadott ugyanis, hogy 1 rész fehérjével közel 4 rész víz épül be az állati szervezetbe (Horn és mtsai, 2011). A testösszetétel és a teljesítményparaméterek változása alapján tehát megállapítható, hogy a nagyüzemi termelésben használt sertések genetikai potenciálja az elmúlt évtizedekben teljesítményük növekedéséből adódóan megváltozott, de az egyes genotípusok esetében eltérő mértékű javulásról beszélhetünk. Ennek okán a napjainkban használt „modern” genotípusok teljesítménye között is lényeges eltérések mérhetők, amelyek a jövőben is indokolttá teszik a genotípusok genetikai potenciál szerinti osztályozását.

Close (1994) a sertéseket három csoportba sorolta genetikai potenciáljuk *(2. táblázat)* és növekedési jellemzőik tekintetében: nagy-, közepes- és hagyományos genetikai potenciállal rendelkező állatokra. A szerző nagy genetikai potenciállal rendelkező sertéseknek azon állatokat tekinti, amelyek 1000-1200 g közötti napi súlygyarapodásra képesek és az üres test fehérjetartalma legalább 180 g/kg. A közepes genetikai potenciállal rendelkező állatok átlagos napi súlygyarapodása 800 és 1000 gramm közötti, az üres test 170 g/kg-os fehérjetartalma mellett. A hagyományos genetikai potenciálú

(kevésbé nemesített) sertésekre 800 grammnál kisebb napi súlygyarapodás jellemző, az üres test fehérjetartalma pedig nem haladja meg a 160 g/kg értéket.

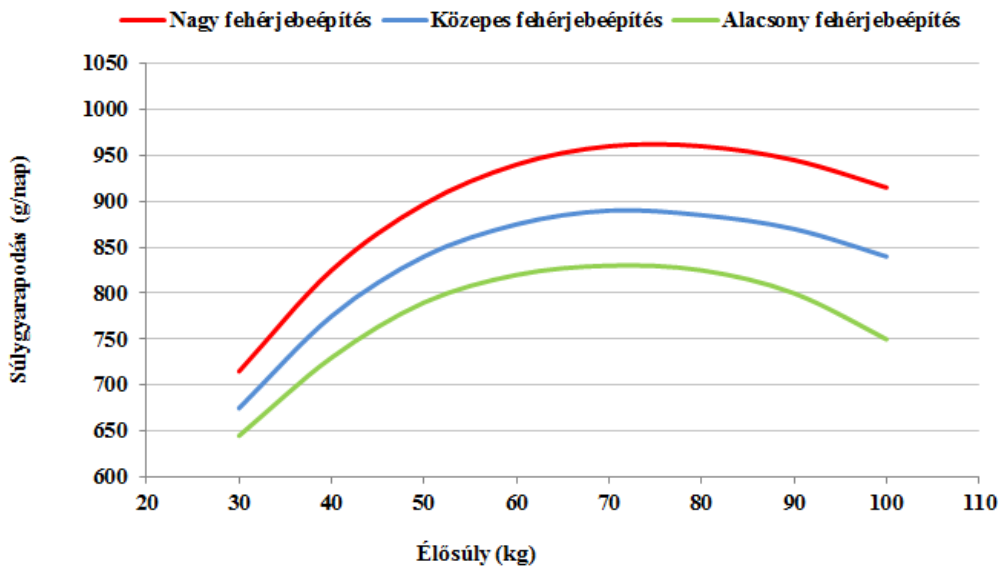
2. táblázat: A sertések kategorizálása az átlagos napi súlygyarapodás és az üres testek fehérjetartalma alapján (Close, 1994)

Kategóriák	**P A R A M É T E R**	
	Súlygyarapodás (g/nap)	**Üres test fehérjetartalma (g/kg)**
Nagy genetikai potenciál	1000-1200	180
Közepes genetikai potenciál	800-1000	170
Hagyományos genetikai potenciál	<800	160

Szükséges megjegyezni, hogy a Close (1994) által felállított csoportok kialakításához a hízlalás teljes időszaka alatt mért átlagos napi súlygyarapodás szolgálhatott alapul. Ezt azért fontos hangsúlyozni, mivel a különböző genotípusok növekedési jellemzői eltérőek és a közepes genetikai potenciállal rendelkező hibrid sertések is képesek lehetnek bizonyos életkor intervallumban (jellemzően a 60-90 kg-os élősúly között) az 1000 g/nap feletti súlygyarapodásra (Šprysl és mtsai, 2004). A teljes hízlalási periódus alatt mért átlagos napi súlygyarapodás azonban ettől lényegesen kisebb, amely elsősorban arra vezethető vissza, hogy a növekedés, és főleg a fehérjebeépülés intenzitása az életkor előrehaladtával csökken (jellemzően a 90 kg-os élősúly elérését követően).

Kim és mtsai (2000) a különböző növekedési ütemű sertések teljesítményét és fehérjebeépítő képességét vizsgálva megállapították, hogy a teljesítmény és a fehérje-beépülés, azonos takarmányok etetése mellett is jelentős eltéréseket mutat. A *2. ábrán* jól látható, hogy a szerzők által vizsgált genotípusok minden esetben jól elkülöníthetők növekedési ritmusuk szerint. Genotípustól függetlenül azonban számolni kell a növekedés ütemének hanyatlásával a 80-90 kg-os élősúly elérését követően. Vizsgálati eredményeik szerint szignifikáns különbségek mérhetők a nagy-, közepes- és alacsony fehérjebeépítő képességgel (növekedési intenzitással) rendelkező állatok *(3. táblázat)* valamennyi olyan paraméterében, amelyek alapján a sertések besorolhatók genetikai potenciál szerinti csoportokba. Horn és mtsai (2011) szerint azon sertések, amelyek kitűnnek nagy intenzitású és kapacitású

hústermelő képességükkel, nagyobb az átlagos napi takarmányfelvételük is, ami kedvezően hat a fehérjebeépülésre, az ún. színhústermelő képességre. Ez a megfigyelés egybevág azon vizsgálati eredményekkel, amelyeket Kim és mtsai (2000) publikáltak.



2. ábra: Különböző genotípusú sertések növekedési jellemzői 25-100 kg élősúly között (Kim és mtsai, 2000)

Ezen túlmenően a szerzők egyértelműen rávilágítanak arra is, hogy a különböző fehérjebeépítő képességű hízósertések esetében nem csak a növekedés üteme különböző, hanem az állatok táplálóanyagokkal –elsősorban a takarmányok ileálisan emészthető lizintartalmával– szemben támasztott igénye is. Az aminosavigény mellett azonban az állatok energia-szükséglete is eltérést mutat a genetikai potenciál függvényében. Campbell és Taverner (1988) szerint a nagyobb genetikai potenciállal rendelkező állatok energiafelhasználása és létfenntartó energia-szükséglete is nagyobb, mint a „kevésbé nemesített" állatoké, mivel növekedési potenciáljuk és izomgyarapodási mutatóik is nagyobbak. A megnövekedett energia- és aminosavigény a nagyobb fehérjebeépítő képességre vezehető vissza.

Šprysl és mtsai (2004) 8 különböző végtermék hibrid esetében vizsgálták azok takarmányfelvételét, súlygyarapodását és takarmányértékesítő képességét, vegyes ivarban. A szerzők szerint a vizsgált genotípusok a hízlalási teljesítmény szempontjából két csoportra oszthatók: azon genotípusokra, amelyek nagyfokú hízékonyságot mutatnak 110 kg-ot meghaladó élősúly felett

és olyan keresztezésekre, amelyek a megfelelő színhústermelő képességüket (növekedési erélyüket) 105 kg-os élősúly eléréséig képesek megtartani.

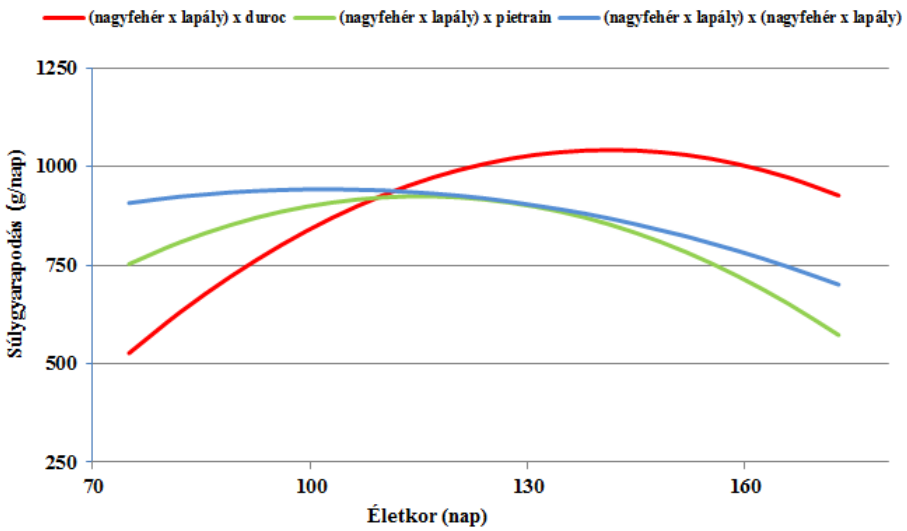
3. táblázat: Az eltérő növekedési ütemű (genetikai potenciállal rendelkező) sertések teljesítménye és emészthető lizin szükséglete (Kim és mtsai, 2000)

Paraméter	**FEHÉRJEBEÉPÍTŐ KÉPESSÉG**		
	NAGY	**KÖZEPES**	**ALACSONY**
Átlagos napi takarmányfelvétel (g/nap)	2125,0[a]	2082,0[ab]	2021,0[b]
Átlagos napi súlygyarapodás (g/nap)	893,0[a]	838,0[b]	790,0[c]
Takarmányértékesítés (kg/kg)	2,38[a]	2,49[a]	2,57[b]
Hátszalonna vastagság (mm)	13,9[a]	15,7[b]	18,0[c]
Fehérjebeépülés (g/nap)	139,2[a]	129,2[b]	118,8[c]
Hízlalási napok száma 25-100 kg (nap)	84,1[a]	89,2[b]	95,2[c]
Testtömeg (kg)	**Emészthető lizin-szükséglet (g/kg)[1]**		
30 kg	12,0	10,6	10,2
40 kg	10,4	10,0	9,7
50 kg	9,4	9,0	8,7
60 kg	8,7	8,3	7,9
70 kg	8,0	7,6	7,3
80 kg	7,4	7,0	6,7
90 kg	6,9	6,5	6,2
100 kg	6,4	6,0	5,7

a, b, c : A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. $P<0,05$.
[1] Kalkulált értékek, valódi ileálisan emészthető bázison.

Šprysl és mtsai (2004) vizsgálati eredményei alapján megállapítható az is, hogy a különböző genotípusú sertések növekedési jellemzői jelentős eltéréseket mutatnak az életkor függvényben *(3. ábra és 4. táblázat)*, ezért ezen jellegzetességeket minden esetben figyelembe kell venni a gazdaságos sertéshús-előállítás megvalósítása érdekében. A szerzők adatai alapján feltételezhető, hogy a különböző genotípusú végtermék állatok fehérjebeépítő képessége is hasonló mértékben változik, mint a Kim és mtsai (2000) vizsgálataiban megállapított eredmények.

A NSNG (National Swine Nutrition Guide) 2010-ben kiadott táplálóanyag-szükségleti ajánlásában ugyancsak csoportokra osztja a hízósertéseket színhústermelő képességük tekintetében.



3. ábra: Különböző genotípusú sertések növekedési jellemzői 25-100 kg között (Šprysl és mtsai, 2004)

Az osztályokba sorolás alapján megkülönböztethetők nagy, közepes és alacsony színhústermelő képességű vonalak, amelyek lizin-szükséglete között az ajánlás lényeges különbségeket tesz *(5. táblázat).*

4. táblázat: Különböző genotípusú sertések teljesítménye 25-100 kg között (Šprysl és mtsai, 2004)

HIZLALÁSI TELJESÍTMÉNY			
Genotípus	**Átlagos napi takarmányfelvétel (kg/nap)**	**Átlagos napi súlygyarapodás (g/nap)**	**Fajlagos takarmány-értékesítés (kg/kg)**
1. Nagyfehér x lapály x duroc	2,70 ± 0,29	983,54 ± 88,40	2,75 ± 0,21
2. Nagyfehér x lapály x nagyfehér x lapály	2,69 ± 0,23	891,07 ± 97,04	3,04 ±0,26
3. Nagyfehér x lapály x pietrain	2,72 ± 0,16	836,09 ± 61,39	3,26 ± 0,23

A NSNG (2010) szerint a nagy színhústermelő képességű sertések (High Lean Gain Lines) 20-122 kg-os élősúly között, naponta legalább 360 g, a közepes színhústermelő képességű állatok (Medium Lean Gain Lines) 295-360 g, a legkisebb kategóriába tartozó állatok (Low Lean Gain Lines) pedig legfeljebb 295 g színhús megtermelésére képesek. Az ajánlásban a nagy és alacsony színhústermelő képességű állatok ileálisan emészthető lizin-szükséglete

között, ugyanazon szakaszban, esetenként 30% különbség van. Ez a gyakorlatban a különböző genotípusú állatok takarmányozásában eltérő lizin és energia szintek biztosítását és azon keresztül a legkülönfélébb takarmányozási stratégiák megvalósítását feltételezi.

5. táblázat: Az eltérő színhústermelő képességű (genetikai potenciállal rendelkező) sertések teljesítménye és emészthető lizin szükséglete (NSNG, 2010)

Élősúly (kg)	**SZÍNHÚSTERMELŐ KÉPESSÉG**		
	NAGY	**KÖZEPES**	**ALACSONY**
	Emészthető lizin-szükséglet (g/kg)[1, 2]		
20-40 kg	11,0	9,3	7,6
40-60 kg	9,6	8,2	7,0
60-80 kg	8,5	7,4	6,4
80-100 kg	7,5	6,5	5,6
100-122 kg	6,6	5,7	4,8

[1] Standardizált ileálisan emészthető bázison számolva.

[2] Vegyes ivarban.

2.2 A hazai sertésállomány genetikai potenciálja

A hazai sertéshús-előállítás alapját az ezredfordulón javarészt azon magyar tenyésztésű sertésfajták és hibridek adták (Kahyb, Hungahib, Tetra S Hibrid), amelyeket najainkban már nem, vagy csak kevés helyen használnak a nagyüzemi sertéshús előállító üzemekben. Ennek oka, hogy a Kahyb és Tetra S konstrukciók elavultak, a Hungahib 39 populációja pedig olyan kis létszámú, hogy nem rendelkezik megfelelő szelekciós bázissal nagyobb genetikai előrehaladás eléréséhez. További nehézség a Hungahib 39 esetében a négyvonalas keresztezési eljárás alkalmazása, amely a megszokott nagyfehér x lapály F1 kocavonalon kívül megkívánja a pietrain x hampshire F1 terminál kanok előállítását is, ami a kisméretű tenyésztésben tartott populációval együtt lényegesen növeli a végtermék előállítás költségeit.

Az ezredfordulót követően Magyarországon döntő részt a lapály, nagyfehér, duroc, hampshire és pietrain fajták, ezek keresztezései, valamint a magyar hibridek (Hungahib 39, Pannonhibrid, Kahyb) alkották az állományt (Aliczki és mtsai, 2009). Ezen kívül elenyésző számban külföldi hibridek is jelen voltak a piacon. Az egy évtizede fennálló hazai helyzetről az AKI jelentése (Aliczki és mtsai, 2009) a következőképpen fogalmaz: „Magyarországon az elmúlt

években radikálisan visszaesett a fajtamegújítás. A termelők nagy része saját hízóállományból végzi az állománypótlást, ami nem jár együtt a naturális eredmények javulásával. Ezzel párhuzamosan késlekedik az innovatív genetikai kutatás és fejlesztés eredményeinek átültetése a gyakorlatba. A termelők döntő hányada nem képes megteremteni azokat a környezeti feltételeket, amelyek lehetővé tennék, hogy egy adott fajta a genotípusának megfelelő teljesítményt nyújtsa. A hatékony termelés alapja a jó genotípusú fajta és a kiváló tartástechnológia, emellett a management szakmai felkészültsége is befolyásolja a termelést."

Házas (2005) szerint a sertéstenyésztés átalakulása a nyugat-európai országokban 20 évvel korábban következett be, mint hazánkban, emiatt jelenleg a fejlett sertéstenyésztéssel rendelkező-, tradícionális sertéshús-előállító nyugat-európai országok (Belgium, Dánia, Hollandia, Németország) jelentik a mintát a magyar sertéstenyésztés számára. A sertéságazat genomikai kutatásainak és fejlesztési eredményeinek hiánya következtében az itthoni állományoknál a genetikai előrehaladás kisebb mértékű volt a külföldi hibridekhez képest, így azok a fehérjebeépítő képesség és a teljesítménymutatók tekintetében elmaradnak a modern, „nyugati" genotípusoktól.

A Hungapig (2017) szerint a Hungahib 39-es genetikai konstrukció esetében 1998-ban 765 g volt az átlagos napi súlygyarapodás a hízlalás alatt, amely érték 2007-re 945 g/napra nőtt. A magyarországi sertésállományra tehát leginkább a hagyományos és a közepes genetikai potenciállal rendelkező sertések alkalmazása volt jellemző. Ezt az állítást megerősíti Zsolnai (2002) tanulmánya is, aki szerint a Hungahib 39 súlygyarapodása meghaladta a 700 g/nap értéket, 2,7-2,8 kg fajlagos takarmányértékesítés mellett. Horn és mtsai (2011) megállapítása szintén alátámasztja azt, hogy Magyarországon a hagyományos- és közepes genetikai potenciállal rendelkező hízósertések tartása volt jellemző az ezredfordulón. A szerzők szerint üzemeink legjobbjaiban az átlagos napi súlygyarapodás elérte a 800-900 grammot, a gazdaságok többségében ez az érték azonban csupán 600-650 g volt.

A sertéshús termelés egyre nagyobb részét ma már hazánkban is a multinacionális tenyésztővállalatok által forgalmazott genotípusok (Danbred, Topigs-Norsvin, Hypor, Rattlerow-Seghers, PIC) képezik. Egyre-inkább nő azon hibrid sertések elterjedtsége, amelyek a Close (1994) által felállított kategorizálás alapján a nagy-, vagy közepes genetikai potenciállal rendelkező állatok közé sorolhatók. Szükséges azonban megemlíteni azt is, hogy bár Magyarországon a modern, nagyüzemi termeléshez és a különleges,

hagyományos termékek előállításához ma már rendelkezésre állnak a megfelelő genetikai alapok, kihasználásuk messze elmarad a kívánatos, vagy lehetséges szinttől (Radnóczi, 2009). A szerző megállapítása alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a hazai állományok genetikailag determinált teljesítménye sok esetben nem bontakoztatható ki maximálisan, ez pedig elsődlegesen az Aliczki és mtsai (2009) által leírt okokra –tartás- és takarmányozástechnológiai hiányosságokra, valamint a termelés során jelentkező management problémákra– vezethetők vissza. Mindezek okán a „klasszikus genotípusok" a nagyüzemi termelésben még mindig széles körben használtak.

2.3 A sertések N-forgalmának jellegzetességei

Nitrogénforgalom alatt a fehérjék lebomlásával, az aminosavak dezaminálásával, az új fehérjék szintézisével, valamint a lebontott fehérjék reszintézisével kapcsolatos folyamatok összessége értendő (Schmidt, 2003). Jól ismert, hogy az állati szervezet csak a takarmányfelvétel révén, elsősorban fehérjék és aminosavak formájában jut nitrogénhez, a felvett mennyiség bizonyos hányada a vizelettel és bélsárral, valamint kis mennyiségben az elhulló szőrrel és a bőr hámsejtjeinek kopásával távozik a szervezetből. A takarmányok nyersfehérje-tartalma fehérjéből és egyéb nitrogén tartalmú anyagokból áll, amelyek között megtalálhatók szabad aminosavak, aminok és nukleinsavak is. A sertések a fehérjeszintézishez a fehérje molekulát felépítő aminosavakat használják fel (SEGES Pig Research Centre, 2016). A takarmány nitrogéntartalmú anyagai esetében szükséges hangsúlyozni azt, hogy a nem fehérje ertedetű nitrogénforrások (NPN anyagok (Non Protein Nitrogen) a sertés béltraktusának egészségi állapotára kifejezetten károsak lehetnek (SEGES Pig Research Centre, 2016). Ezek közé sorolhatók a nukleotidok, aminok, amidok, nitrátok és különböző alkaloidok. Ezek a vegyületek gyakran toxikus hatással bírnak, ezért nagy koncentrációjuk a sertéstakarmányokban kerülendő.

A sertés, illetve baromfi esetében a felvett nitrogén a kérődzőknél jobb hatásfokkal hasznosul. A sertésben a hasznosulás 40% körüli, de brojlerben a 60%-ot is elérheti (Dublecz, 2011b). A felvett és leadott nitrogén különbsége alapján határozható meg az állatok nitrogén-mérlege, amely azt fejezi ki, hogy a szervezetben a fehérjét felépítő (pozitív mérleg), vagy lebontó folyamatok (negatív mérleg) dominálnak-e. Schmidt (2003) szerint az egészséges és termelésben lévő növendék állatokra –így a hízósertésekre is– a pozitív nitrogén-mérleg a jellemző. Megjegyzendő azonban, hogy a nagy

teljesítményű, intenzív növekedésű állatokban a fehérjeszintézis mellett a fehérje bontás értéke is nagy (Szabó és Halas, 2011). Ezen folyamatok intenzitása az állatok növekedésével együtt lassul, de csökkenés mértéke nem egyforma arányú. Megállapíthatóugyanis, hogy a kor előrehaladtával a fehérjeszintézis egyre kisebb mértékben múlja felül a lebontást, a fehérje beépülés hatékonysága folyamatosan romlik (Szabó és Halas, 2011). Fontos kiemelni azt is, hogy a gyors növekedésű-, nagy fehérjedepozícióra képes sertésekben a fehérjebeépülés mellett a fehérjéket felépítő és lebontó folyamatok is sokkal intenzívebbek, mint a gyengébb húsformákat mutató genotípusok esetében (Rivera-Ferre és mtsai, 2006).

A sertésben a pozitív-nitrogén mérleg mellett ismert a negatív nitrogén-mérleg, valamint a nitrogén-egyensúly jelensége is. Előbbi szoptató kocák esetében, laktáció alatt tekinthető fiziológiásnak, utóbbi pedig leginkább kifejlett állatoknál, főként tenyészkanok vonatkozásában áll fenn. Ebben az esetben, az állati szervezetben a fehérjét felépítő és lebontó folyamatok kiegyenlített arányban mennek végbe.

A fehérjét felépítő folyamatokhoz az állat nitrogént tart vissza szervezetében, a fehérjét bontó folyamatok következtében pedig nitrogént ürít. A fehérje anabolizmus és katabolizmus, azaz a felépítő- és lebontó folyamatok egymáshoz viszonyított aránya az egyszerű nitrogén-mérleggel fejezhető ki. A nitrogén-mérleg vizsgálatok a sertések aminosav szükségletének meghatározásához (Lewis és Nishimura, 1995), és a különböző aminosavak optimális, egymáshoz viszonyított arányának megállapítására is felhasználhatók (Hahn és Baker, 1995) mivel a nitrogén-retenció és ürítés nagymértékben függ a takarmányok aminosav szintjeitől.

A nitrogénmérleg esetében szükséges megemlíteni, hogy az nem képes kifejezni a fehérjék valódi-értékesülését, mivel az ürített bélsár és vizelet endogén eredetű veszteségeket is tartalmaz. A bélsár exogén nitrogén tartalmát (FN_{ex}/Exogenous Faecal Nitrogen) a takarmány emészthetetlen nitrogén-tartalmú anyagai- (Schmidt, 2003), míg az endogén hányadot (FN_e/Endogenous Faecal Nitrogen) főként az emésztőkészülékből származó veszteségek adják. Az endogén eredetű nitrogént tartalmazó vegyületek elsősorban a gyomorból és béltraktusból eredő veszteségek, amelyek fehérjék, peptidek, aminosavak és más nitrogéntartalmú anyagok lehetnek (Moughan és Rutherfurd, 1990). Ezek közül a legnagyobb jelentősége a bélhámsejtek kopásának illetve az emésztőenzim –elsősorban a pancreas– szekréciónak van. Caine (1997) szerint ebből a két forrásból eredő veszteség az endogén nitrogén-tartalom mintegy 70 %-át teszi ki. A bakteriális eredetű fehérjék és

aminosavak ugyancsak endogén eredetűnek tekintendők annak ellenére, hogy ezek nem szigorúan endogén eredetűek, mivel azok nem az állat saját szervezete által előállított anyagok. Dugan és mtsai (1994) adatai szerint a bakteriális eredetű fehérje mennyisége a sertések fekális endogén nitrogén ürítésének 30%-át is kiteheti. Tekintettel arra, hogy bakteriális fehérje elsősorban a vastagbélben szintetizálódik, az aminosavak ileális emészthetőségének vizsgálata során ennek nincs jelentősége (Moughan és Rutherfurd, 1990).

A vizeletben az endogén nitrogén hányad (UN_e/Endogenous Urinary Nitrogen) a létfenntartás során elhasználódott és a már újból be nem építhető aminosavak mennyiségét, az úgynevezett alapturnoverhez köthető nitrogén veszteséget jelenti (Szabó és Halas, 2011), amely a már fel nem használható aminosavak mennyiségén túl az immunfolyamatokban részt vevő speciális fehérjék termelésének aminosav igényét is magában foglalja. A vizelet exogén eredetű nitrogén tartalma (UNex/ Exogenous Urinary Nitrogen) ezzel szemben takarmány eredetű, és az állatok szükségletét meghaladó aminosavak dezaminálása következtében kerül a vizeletbe (Schmidt, 2003). A vizelet nagy nitrogén tartalma tehát ökonómiai, biológiai és környezetvédelmi problémákat egyaránt felvethet. Az is egyértelmű, hogy a nitrogén nagy hányada a vizeletben a sertések helytelen takarmányozását –túlzó fehérje és aminosav ellátását– egyféle „markerként" jelzi. Jól ismert ugyanis, hogy a fehérjeszintézisben csak azon aminosavak vesznek részt, amelyek a vékonybél terminális szakaszáig, (az ileum végéig) felszívódnak (Zebroswska, 1973). Ez nem azt jelenti, hogy a vastagbél különböző szakaszaiban nem kell számolni a nitrogéntartalmú anyagok felszívódásával. A post ileális bélszakaszban ugyanis a nitrogéntartalmú szubsztrátok továbbra is képesek felszívódni, döntő hányaduk azonban ammónia formájában abszorbeálódik, és így a vizelettel −exogén eredetű nitrogénként (UN_{ex})− karbamid formájában ürül a szervezetből (Schmidt, 2003).

További problémát jelent, hogy a nitrogén kiürítése energiaigényes folyamat, ezért a túlzó fehérjeellátás az állatok energiamérlegét negatívan befolyásolja. Mindezek mellett a takarmányok indokoltnál nagyobb nyersfehérje- és aminosav-tartalma a takarmányozási költségeket és a környezet nitrogén-terhelését is növeli.

2.4 A fehérje és az aminosavak felszívódása

Az aminosavak ileális emészthetősége úgy számolható ki, ha az állatok által felvett aminosavak mennyiségéből kivonjuk a vékonybél végén nyert,

béltartalommal ürülő aminosavak mennyiségét (Sauer és Ozimek, 1986). A felvett és az ürített mennyiség különbsége alapján azonban csak az aminosavak látszólagos ileális emészthetőségi együtthatói állapíthatók meg, amelyek az ürített endogén veszteségeket még tartalmazzák.

Kizárólag a takarmányokkal felvett, exogén eredetű emésztetlen aminosavak mennyiségének közvetlen mérésére napjainkban még nem létezik megfelelő, könnyen alkalmazható mérési eljárás (Stein és mtsai, 2007), habár az emésztetlen lizin mennyiségének meghatározására a „homoarginin-módszer" lehetőséget ad (Moughan és Rutherfurd, 1990). Mindezek ellenére leszögezhető, hogy a fehérjék és az aminosavak emészthetőségének meghatározása ma már kellő pontosságú az endogén veszteségekkel történő utólagos korrekció miatt. Ennek okán az emésztetlen, exogén eredetű aminosavak mennyiségének közvetlen meghatározása nem szükséges eljárás.

Korábban is ismert volt, hogy a sertések aminosav-szükségletének pontos kielégítése alapvetően határozza meg a termelés színvonalát. Emiatt a sertéstenyésztő- és takarmányozási szakemberek elsődlegesen a fehérjeszintézis zavartalan kielégítésére törekedtek a hústermeléshez szükséges optimális aminosav- és energiaszintek biztosítása (lizin/energia arány) révén. A takarmány nyersfehérje- és aminosavtartalma azonban nem csak a fehérjeszintézis miatt alapvető fontosságú. Mára ugyanis az is világossá vált, hogy a szükségletet kielégítő legkisebb nyersfehérje tartalmú takarmányban, megfelelő aminosavszintet biztosítva érhető el az optimális takarmányértékesítés, valamint így őrizhető meg az állatok emésztőtraktusának egészségi állapota is (Danbred International, 2017).

Elméleti síkon minden esetben olyan takarmány etetése lenne a cél, amely az állatok tényleges szükségletének megfelelő nyersfehérje-tartalommal rendelkezik, az összes, sertés számára esszenciális aminosavat optimális mennyiségben képes biztosítani az állat részére, úgy hogy az ileum végén 0% emésztetlen fehérjével kelljen számolni. A gyakorlatban ez a kívánalom jelenleg nem tekinthető reális igénynek, mivel a takarmányreceptúrák összeállításakor még több aminosavra történő formulázást követelne meg. Mindezek ellenére az ileum végéig fel nem szívódó emésztetlen aminosavak mennyiségének csökkentése kiemelt fontossággal bír, ez pedig szükségessé teszi a fehérjeszintézist, illetve az aminosavak felszívódását befolyásoló valamennyi tényező pontosabb ismeretét.

Általánosságban elmondható, hogy a fehérjék és az aminosavak emészthetőségét a sertésben számos tényező befolyásolja. Ezen tényezők közé sorolható az állat emésztőkészülékének fejlettsége és egészségi állapota, a

felvett fehérje minősége, valamint a takarmánykomponensek előkészítésének (pl. enzimes kezelés) és a takarmány gyártásának különböző folyamatai is. Nagy és mtsai (2016) adatai azt mutatják, hogy az állatok béltraktusának nagysága (felszívó felülete) is hatással van a fehérjék és aminosavak emészthetőségére.

Szabó és Halas (2011) szerint a felsoroltakon kívül a felszívódásban mérhető különbségek kialakulása a takarmányfehérjék nem tökéletes enzimes bontására, az aminosavak közti antagonizmusra, valamint a tápcsatornában létrejövő komplexek kialakulására is visszavezethetők. Fiatal állatok esetében a fehérjeemésztés szemszögéből kritikus tényező lehet a hiányos enzimtermelés, illetve a béltartalom áthaladási sebessége (tranzit ideje) a vékonybél peptid-felszívódásra alkalmas szakaszain, de az emészthetőséget befolyásolja az aminosavak kémiai szerkezete is. Jól ismert ugyanis, hogy emlősökben az esszenciális aminosavak D-enantiomerjei igen gyengén hasznosulnak, néhány esetben növekedési inhibitorként hatnak, és főként a vizelettel ürülnek (Csapó, 2003). A sertés emésztőenzimei szintén csak az aminosavak L-optikai izomerjeit ismerik fel. Ez alól kivétel a metionin, melynek D-optikai izomerje is megegyező hatékonysággal hasznosul (Schmidt, 2003).

Az emésztőszervi megbetegedések (hasmenés) során fellépő felszívódás-zavarok és a fokozott bélperisztaltika ugyancsak rontják az emészthetőséget. A vékonybélben meg nem emésztett fehérje bakteriális bontása a vastagbélben bekövetkezhet ugyan, ez azonban egyértelműen kedvezőtlen, mivel az ily módon megemésztett fehérje az állatok fehérjeszintézisében már nem vesz részt. A postileális emésztés során emellett olyan, részben toxikus aminosav-származékok is keletkezhetnek, amelyek gyulladást idézhetnek elő, esetenként pedig az állatok elhullásához vezethetnek a patogén proteolitikus mikróbák által termelt endotoxinok keletkezése következtében. A csökkentett nyersfehérje-tartalmú takarmányok etetése ezért –főként malacokban– kedvezően hat az állatok emésztőkészülékének egészségi állapotára a hasmenés előfordulásának csökkentése révén (Wellock és mtsai, 2008; Heo és mtsai, 2009). Gloaguen és mtsai (2014) vizsgálataik során arra következtetésre jutottak, hogy a malactakarmányok nyersfehérje-tartalma drasztikusan (17,6%-ról 14,0%-ra) csökkenthető abban az esetben, ha a takarmányokban ma már általánosan használt kristályos aminosavak (lizin, metionin, treonin és triptofán) mellett valin-, leucin-, izoleucin-, hisztidin- és fenilalanin-kiegészítést is alkalmaznak. Adataik szerint ilyen mértékű fehérjecsökkentés

esetén még nem kell számolni a 10-20 kg közötti malacok teljesítményének csökkenésével, a hasmenés előfordulása minimalizálható és a takarmányokban felhasznált szója teljesen kiváltható gabonafehérjékkel és kristályos aminosavakkal. A teljesítmény realizálódásának azonban előfeltétele, az emészthetőséget rontó körülmények minimalizálása a termelésben.

Ilyen, emészthetőséget rontó hatás lehet a takarmánnyal felvett aminosavak más vegyületekhez, –cukrokhoz, vagy antinutritív anyagokhoz– kötődése. A komplexképződés miatt az aminosavak a hordozófehérjék számára felismerhetetlenné válnak és így a tápcsatornából már nem lesznek képesek felszívódni (Szabó és Halas, 2011).

A fehérje bontása a gyomorban elkezdődik, ahol a gyomornedv által kialakított erősen savanyú közegben (pH 2-3) a pepszin hatására polipeptidekre, illetve kis részben aminosavakra bomlanak. Ezt követi a tripszin, a kimotripszin és az elasztáz fehérjebontó tevékenysége, amely enzimek a pepszin által már részben lebontott fehérje származékait még kisebb oligo- és dipeptidekre, valamint további aminosavakra hasítják (Bokori, 1996).

Az oligo- és dipeptidek aminosavakra bontását a vékonybél bélhámsejtjei által termelt karboxipeptidázok, valamint a kefeszegély által termelt aminopeptidázok végzik, de a fehérjebontásban a hasnyálmirigy endopeptidázai és a vékonybél nyálkahártyája által termelt dipeptidázok is részt vesznek. A vékonybélben a fehérje kisebb peptidek és aminosavak formájában abszorbeálódik (Nørgaard, 2012). Az epésbélben (duodenum) a felszívódás ugyan kismértékű, az éhbél (jejunum) teljes és a csípőbél (ileum) első szakaszában azonban jelentős (Mézes és Hausenblasz, 2009).

A felszívódás hatékonyságát nagymértékben meghatározza a fehérjék eredete, fizikai tulajdonságai (szerkezete) és összetétele is. A sertés takarmánykeverékek nitrogéntartalmú anyagai eredetüket tekintve növényi- és állati eredetű fehérjék, szabad aminosavak, amidok, illetve hozzáadott kristályos aminosavak is lehetnek. A takarmányok valódi fehérjetartalma a nyersfehérje-tartalomnak az a része, ami kémiai megítélés szerint is fehérje (Bokori, 1996). Az aminosavak főként ezen fehérjéket építik fel, de szabad állapotban is megtalálhatók a különféle takarmánykomponensekben. Csapó (2003) szerint az aminosavak szabad állapotban viszonylag kis mennyiségben fordulnak elő a természetben, legnagyobb mennyiségük fehérjében kötött. A növekedésben levő, zöld növények esetében az aminosavak főként enzimfehérjékbe kötötten-, a különböző magvakban (gabona, olajos magvak és szója) azonban túlnyomó részt raktározó fehérjékbe kötötten találhatók meg.

A növényi eredetű fehérjehordozók összes nitrogén-tartalmára jellemző, hogy azokban 80-85% a valódi fehérje, 10% körüli a nukleotid rész és 5% az oldható szabad aminosav-tartalom (Nørgaard, 2012). A fiatalabb, zöld növényekben az összes nitrogéntartalom a szárazanyag mintegy 5%-a, a szabad aminosavtartalom pedig csupán a nyersfehérjetartalom 3%-át teszi ki. A rozs, a búza és más gabonafélék esetében, a szabad aminosavak koncentrációja a maghéjban a legnagyobb, míg az endospermiumban a legkisebb, mennyiségük pedig a nyersfehérjetartalom 1-3%-a közé tehető.
A sertéstakarmányozásban a növényi eredetű fehérjeforrások mellett lehetőség nyílik az állati eredetű komponensek felhasználására is, bár ezek száma a vírusok és prionok által okozott fertőzésveszély miatt korlátozott. Az Európai Unióban jelenleg a vérplazma, a tej, a tejsavó, valamint a különböző hallisztek használhatók fel, főleg a malacok takarmányozásában. Ezek a vízben kifejezetten jól oldódó fehérjék közé sorolhatók és ebből adódóan emészthetőségük kiváló. A keratin és a kollagének ezzel szemben vízben oldhatatlan fehérjék, emiatt ellenállnak az emésztőenzimeknek.
Az oldhatóság csupán egy tulajdonság, amely meghatározza a fehérjék fizikai tulajdonságait és emészthetőségüket, ezek mellett azok összetétele is befolyásolja a felszívódás hatékonyságát. Legyen szó akár állati-, akár növényi eredetű fehérjéről, összetételüket tekintve azok két csoportba sorolhatók: egyszerű és összetett fehérjékre. Az egyszerű fehérjék csak aminosavakból épülnek fel és hidrolízisük során csak aminosavakra bomlanak. Ezzel szemben az összetett fehérjék szerves vagy szervetlen nem fehérje részt is tartalmaznak (pl. mioglobin, mucin, kazein) és hidrolízisük során az aminosavak mellett nitrogént nem tartalmazó vegyületek is keletkeznek belőlük. Az egyszerű fehérjék vízben oldhatatlan fibrilláris-, és vízben jól oldódó globuláris szerkezetű fehérjékből állhatnak.
A természetes, fehérjében kötött aminosavak a bélhámon csak hordozófehérje (Carrier) segítségével juthatnak át, azaz felszívódásuk aktív transzporttal, energia-befektetés mellett történik meg. Az is elmondható, hogy a különböző aminosavak felszívódásának aránya és sebessége szerkezetüktől és polaritásuktól is függ. Több aktív transzporton alapuló rendszer különböztethető meg, amelyek a glükóz és a galaktóz felszívódásáért felelős rendszerekhez hasonlítanak (Dublecz, 2011a). A neutrális, a bázikus és a savas aminosavak esetében ezen eltérő aminosavtranszport-rendszerek okozhatnak eltéréseket a felszívódás sebességében. Polaritásuktól függetlenül elmondható azonban, hogy carrier fehérjéik azonosak a nátriuméval, ezért felszívódásuk eltérő mértékben ugyan, de nátrium-függő. Szükséges megemlíteni azt is, hogy

az azonos carrier miatt a glükóz is akadálya lehet az aminosav felszívódásnak, ezért intenzív glükózfelszívás alatt szünetel az aminosavak transzportja (Bárdos és mtsai, 2007). Dublecz (2011b) szerint a semleges aminosavak nátrium-függő mechanizmus révén szívódnak fel és az enterocytákba való bejutásuk annál gyorsabb, minél hosszabb és minél kevésbé poláros az oldalláncuk. Ez a felszívódás jellemzi az alanint, a valint, a szerint, a metionint, a leucint, az izoleucint, a fenilalanint, a triptofánt, a treonint, a tirozint, az aszparagint és a hisztidint is.

A bázikus aminosavak közé sorolható a lizin, a hisztidin, az arginin és a cisztin, amelyek a semleges aminosavakénál kevésbé aktív nátrium-függő mechanizmussal szívódnak fel. A rendszer glicint, prolint és hidroxiprolint is transzportál, de a nátriumtól kisebb mértékben függő módon. A dikarboxil aminosavak (az aszparaginsav és a glutaminsav) az entrocytákba történő belépés során nagyon gyorsan transzaminációs reakciókban vesznek részt, áramlásuk aktív módon is végbemegy, ami csak részben függ a nátriumtól (Dublecz, 2011b).

Megállapítást nyert az is, hogy a fehérjék lebomlási termékei közül a di- és a tripeptidek (Bárdos és mtsai, 2007), valamint a 2-6 aminosavból álló oligopeptidek is képesek felszívódni, mégpedig sokkal gyorsabban, mint az őket felépítő aminosavak. A folyamat aktív, energiafüggő, D- vagy L-izomerekre specifikus, az enterocyták és a bél lumene között fennálló nátrium ion-grádiens által befolyásolt (Dublecz, 2011b).

A takarmányfehérjék által biztosított aminosavakat a nemzetközi szakirodalom a „Protein Bound Amino Acids" (PBAA) azaz fehérjében kötött, vagy fehérje kötésben található aminosavaknak nevezi. Felszívódásuk ütemét és hatékonyságát is eltérően értékeli a takarmányok szabad aminosav-tartalmához képest, amely két forrásból származhat. Egyrészt kis mennyiségben megtalálhatók a növényi eredetű fehérjehordozókban, másik részüket pedig az ipari úton előállított kristályos aminosavak adhatják.

2.5 A sertéstakarmányok fehérje- és aminosav értékelésének áttekintése

A sertés a takarmányok táplálóanyag-tartalmának csak egy részét képes megemészteni, mivel azok bizonyos hányada olyan kémiai kötésben található, amelyeket az állat saját emésztőenzimei nem képesek bontani. Ennek ellenére a sertés emésztőkészülékében a fehérje emésztése viszonylag hatékonyan zajlik, mivel 100 g fehérjéből mintegy 84 g emésztődik (Mézes és Hauszenblasz, 2009). Az is jól ismert, hogy a kifejlett sertés 100 g fehérjére

vonatkoztatva –a felvett takarmány energia/aminosav arányától függően– átlagosan 33 g fehérjének megfelelő mennyiségű aminosavat épít be a szöveteibe és közel 50 g a vizelettel ürül (Mézes és Hauszenblasz, 2009).

Emészthetőnek azok a táplálóanyagok tekinthetők, amelyek az emésztőcsatornában olyan mértékben lebomlanak, hogy a lebomlást követően már fel tudnak szívódni (Schmidt, 2003). A fehérjék és az aminosavak emészthetősége (digestibility) és hasznosíthatósága (availability) azért nem kezelhető azonos fogalomként, mivel az emészthetőség a béltraktusból felszívódott peptidek és aminosavak mennyiségét jelenti. Ezzel szemben a hasznosíthatóság a felszívódás hatékonysága mellett arról is felvilágosítást ad, hogy a felszívódott peptidek/aminosavak milyen mértékben képesek hasznosulni az állat szervezetében (Schmidt, 2003). Ismert, hogy az aminosavaknak csak egy része tud hasznosulni az állati szervezetben, ennek előfeltétele azonban minden esetben a felszívódás, ezért a fehérje emésztődése/emészthetősége alapjaiban határozza meg a szintézis mértékét. A két fogalom (emészthetőség vs. hasznosíthatóság) megkülönböztetése ezért alapvető fontosságú. Elvileg a takarmánnyal felvett összes aminosav emészthető, de az emésztés hatékonysága nem minden aminosav esetében azonos mértékű és nem minden felszívódott aminosav épül be az állati szervezetbe, ezért hasznosítható aminosavnak a takarmány azon aminosav mennyiségét tekintjük, amely potenciálisan a fehérjeszintézis rendelkezésére áll (Sauer és mtsai, 1989; Schmidt és mtsai, 2003).

Korábban a takarmányok és a különböző takarmánykomponensek fehérjetartalmát csupán azok nyersfehérje-tartalmával jellemezték, ez az értékelésmód azonban számos hibával terhelt. A nyersfehérje tartalommal való számolás nem veszi figyelembe a fehérje emészthetőségét. McNab (1994) szerint az emészthető aminosav-tartalom megadása azért nélkülözhetetlen, mert csak ez játszhat szerepet az állat aminosav szükségletének fedezésében. A takarmány nyersfehérje- és összes aminosav-tartalmából nem lehet következtetni az állatok által megemésztett fehérje- illetve aminosavak mennyiségére. Ezt a hibát kiküszöbölendő, előtérbe került az emészthető nyersfehérje-tartalom alapján történő fehérjeértékelési rendszer, amely a takarmány nyersfehérje-tartalmán túl már utal a takarmányfehérje minőségére is.

A fehérje és az aminosavak emészthetőségét korábban a bélsárból mért (fekális) emészthetőséggel jellemezték, az emésztés-élettani kutatások fejlődésével azonban ismertté vált, hogy takarmányozási szempontból csak a vékonybél végéig felszívódott aminosavak mennyiségének van jelentősége

(Tossenberger és mtsai, 2000). Ennek egyik oka, hogy a vastagbélben élő mikroflóra egyrészt lebontja a vékonybélből érkező nitrogén-tartalmú szubsztrátokat, másrészt mikrobiális fehérjét is szintetizál (Rérat, 1978). A baktériumok által végzett katabolikus- és anabolikus folyamatok egymáshoz viszonyított aránya nem tekinthető állandónak. A fekális emészthetőség emiatt néhány esetben alulértékeli, más esetekben pedig túlbecsüli a tényleges értékeket (Schröder, 1988), ezért ezen együtthatók csak lényeges fenntartásokkal fogadhatók el. Ezt megerősíti az is, hogy a nyersfehérje ileális emészthetősége és a súlygyarapodás, valamint a fajlagos takarmányértékesítés között igen szoros korreláció áll fenn, míg a fekális emészthetőség és az említett két paraméter között ez az összefüggés csak közepes-, vagy laza (Horn, 2000). Ebből a jelenségből adódóan célszerű az ileálisan emészthető aminosav-tartalommal számolni, mivel az így deklarált emészthetőségi értékek már nem terheltek a vastagbélben található bakteriális tevékenységből adódó bizonytalanságokkal. Az is ismert, hogy az emészthető aminosav alapon összeállított takarmányok felhasználásával a takarmányozási költségek csökkenthetők, emellett a környezet nitrogén terhelése is mérsékelhető (Applegate és mtsai, 2008).

A takarmányok nyersfehérje- és aminosav tartalma legegyszerűbben a látszólagos ileális emészthetőséggel (AID/Apparent Ileal Digestibility) jellemezhető (Tanksley és Knabe, 1984; Sauer és Ozimek, 1986). A fehérje és az aminosavak emészthetősége azok valódi ileális emészthetőségének (TID/True Ileal Digestibility) figyelembevételével még pontosabb információt ad, mivel kiszámításakor a sertések által ürített endogén eredetű nitrogén- és aminosavak mennyiségével korrekciót végeznek (Moughan és Rutherfurd, 1990). Az endogén eredetű veszteségek alap és specifikus frakciókra oszthatók. Az alapveszteségek a takarmány minőségétől függetlenül is jelentkeznek és ennek nagyságát elsősorban az állattal kapcsolatos tulajdonságok befolyásolják. Moughan (1993) az állat korát, a bélrendszer fejlettségi szintjét, és annak egészségi állapotát emeli ki. Ezt az álláspontot Souffrant (2001) is megerősíti, amikor az állat élősúlyának, valamint az endogén nitrogén-ürítés mértékének összefüggésére hívja fel a figyelmet, de szükséges megemlíteni azt is, hogy a legtöbb szerző az életkor előrehaladtával növekvő mértékű aminosav-ürítésről számol be. A specifikus veszteségeket a takarmány alapanyagok tulajdonságai (pl.: nyersrost-tartalom vagy antinutritív anyagok jelenléte) befolyásolják (Babinszky, 2005). Tekintettel arra, hogy az endogén eredetű nitrogén és aminosavak mennyiségét az összesen ürített

mennyiségből kivonjuk, a valódi emészthetőség mindig meghaladja a látszólagos emészthetőség értékét *(6. táblázat)*.

6. táblázat: Különböző alapanyagok nyersfehérje-tartalmának látszólagos és valódi ileális emészthetősége (Makkink és Heinz, 1990)

Alapanyag	**Ileális emészthetőség (%)**	
	Látszólagos	**Valódi**
Fölözött tej	84,4	92,7
Szójabab	76,5	90,6
Halliszt	73,0	89,3
Szójafehérje-koncentrátum	78,4	98,4
Borsó	79,0	95,1
Lóbab (nagy tannintartalom)	74,1	90,5
Lóbab (alacsony tannintartalom)	88,7	94,4
Lóbab (hántolt)	88,2	97,2

A standardizált ileális emészthetőség (SID/Standardised Ileal Digestibility) alkalmazása –a valódi ileális emészthetőséghez hasonlóan– ugyancsak objektívebb képet ad a táplálóanyagok felszívódásáról, mivel az endogén veszteségekkel ez az értékelésmód is számol, azonban a szakirodalmi adatok szerint a táplálóanyagok valódi- és a standardizált ileális emészthetőségi együtthatói között is vannak különbségek. Mivel az összes endogén nitrogén-ürítést nagyon sok tényező befolyásolja, ezért egyre gyakrabban csak az alap endogén nitrogénürítést határozzák meg. Az alap endogén nitrogén-ürítéssel korrigált látszólagos emészthetőség a standardizált ileális emészthetőség (Szabó és Halas, 2011). A standardizált ileális emészthetőség nem kalkulál a takarmányok esetleges antinutritívanyag-tartalmával és így bizonyos esetekben alulértékeli a valódi emészthetőséget, mégis ez az értékelésmód tekinthető a legelterjedtebbnek a sertéstakarmányok formulázása során. Ennek oka, hogy a specifikus endogén veszteségek meghatározása bonyolult, költséges és számos hibával terhelt.

A különböző sertéstakarmányok nyersfehérje- és aminosav-értékelése az előzőektől még pontosabban kifejezhető lenne abban az esetben, ha a takarmányok hasznosítható aminosav-tartalmát vennénk alapul. A hasznosíthatóságról azonban csak kevés adat áll rendelkezésre, ezért egyelőre az ileálisan emészthető aminosav-tartalom használata tekinthető reális célnak (Tossenberger és Babinszky, 1996).

2.6 A takarmányok lizin/energia arányának hatása a növekedésre

A takarmányok optimális nyersfehérje tartalmán túl azok lizin/energia aránya is meghatározó jelentőséggel bír az állatok teljesítményére és az előállított húsok minőségére. Jól ismert ugyanis, hogy a kedvező fehérje-zsír aránnyal rendelkező sertéshús-előállítás egyik alapfeltétele az állatok számára biztosított optimális lizin/energia arány, amelyet a gyakorlati takarmányozás során egyre inkább figyelembe vesznek. Ennek oka, hogy az aminosavak közül a sertések számára a lizin tekinthető elsődlegesen limitáló aminosavnak (Close, 2004a).

Az ileálisan emészthető lizinfelvétel-, az átlagos napi súlygyarapodás-, valamint a fehérjedepozíció és a takarmányértékesítés között igen szoros korreláció áll fenn (Babinszky és Halas, 2009), ezért a fehérjebeépülés növelése érdekében törekedni kell a megfelelő lizinellátásra. A tényleges lizinszükséglet kielégítése mellett azonban a megfelelő energiaszint biztosítása is elengedhetetlen, mivel a nagy teljesítményű állatok szükséglet alatti energiaellátásából adódóan a színhústermelés genetikailag determinált színvonala nem teljes mértékben aknázható ki (Close, 2004b). Az állatok genetikailag meghatározott fehérjebeépítő- és takarmányfelvevő képessége közötti kapcsolatot a „linear-plateau" elmélet írja le, amely szerint a genetikailag determinált fehérjebeépítő képesség határáig a fehérjebeépítés az energia-felvétellel egyenes arányban nő (Horn és mtsai, 2011). A receptúrák összeállítása során ezért az aminosav- és az energiaellátás összehangolása kiemelt fontosságúvá válik. Az aminosavszintek és a takarmány energia-tartalmának összehangolását fejezi ki a takarmány lizin/energia aránya, amely az adott korcsoport életkorának (élősúlyának) és hasznosítási irányának megfelelően változik. A növendék és hízósertések esetében a takarmányok megfelelő lizin/energia arányának beállítása az állatok legnagyobb fehérjebeépülését célozza meg, tenyészsüldők esetében ugyanakkor a lizin/energia arány csökkentésével lassítható a növekedés üteme *ad libitum* takarmányozás esetén is.

A megfelelő lizin/energia arány biztosítása környezetvédelmi aspektusból is egyre indokoltabbá válik, mivel a folyamatosan szigorodó környezetvédelmi előírások kényszerítő erővel hatnak a sertéshús-előállítás N-emissziójának csökkentésére. A megfelelő lizin/energia arány megválasztásával okszerű fehérje és aminosav felhasználás valósítható meg az állatitermék-előállításban, amely csökkenti a környezet N-terhelését.

2.7 Az ideális fehérje elv alkalmazása a hízósertés takarmányozásban

Szabó és Halas (2011) szerint az ideális fehérje elnevezés arra utal, hogy a takarmányfehérje aminosav-összetétele pontosan megfelel az adott állat igényének, nincs olyan aminosav, amely limitáló lenne, vagy amely túlzott mértékben volna jelen az állat takarmányadagjában. Ez azt is jelenti, hogy ideális aminosav összetételű fehérje etetése során az állat anyagcseréjét a legkisebb mértékben terheljük és az aminosavak transzaminálása, valamint dezaminálása minimális.

Ma már általánosnak tekinthető, hogy a hízósertések takarmányait az ideális fehérje elv figyelembevétele mellett állítják össze (Babinszky, 2000). Ennek oka, hogy a különböző kutatások eredményei rávilágítottak arra, hogy a takarmányok nyersfehérje-tartalmán túl a takarmányfehérjék aminosav-összetétele is meghatározó a sertések teljesítményére nézve (Mézes és Hausenblasz, 2009).

Az ideális fehérje elv alkalmazása során a takarmányok lizin-tartalmát alapul véve, a további aminosavak mennyiségét ennek százalékos arányában adják meg (Chung és Baker, 1992). Ideális aminosav összetételűnek az a fehérje tekinthető, amely a különböző esszenciális aminosavakat az adott állatfaj, korcsoport igényeinek megfelelő arányban tartalmazza (Schmidt, 2003).

Han és Lee (2000) szerint az ideális fehérje (ideális aminosav-profil) az állat ivara, kora, genotípusa és termelési iránya szerint különböző, ezért az ideális fehérje koncepció alkalmazásakor első lépés az adott állomány élősúlyának és hasznosítási irányának megfelelő energia-felvétel meghatározása, majd az emészthető lizin/energia arány beállítása. A további esszenciális aminosavak mennyisége az ideális fehérje elvnek megfelelően, a takarmány lizin-tartalmához mérten, kristályos aminosavak felhasználásával könnyedén beállítható, így biztosítva a szöveti szintézis számára az optimális aminosav-garnitúrával rendelkező takarmányt. Mivel a fehérje- és aminosav-szükségleti értékek a takarmány energia- és fehérjetartalmától függően is módosulhatnak, ezért az elmélet alkalmazása leegyszerűsíti a receptúrák összeállítását (Babinszky, 2005).

Az ideális fehérje elmélet a Liebig-féle minimum törvényen alapul, amely szerint hiába áll rendelkezésre egy adott táplálóanyag megfelelő mennyiségben, ha a teljesítményt egy másik, termeléshez nélkülözhetetlen táplálóanyag szükséglethez képest fennálló hiánya korlátozza. A maximális teljesítményt tehát mindig a relatív minimumban levő táplálóanyag határozza meg mindaddig, amíg egy másik tényező –jelen esetben egy, a limitáló sorban következő aminosav– kerül minimumba. A Liebig-féle minimum törvény az

aminosavak esetében fokozottan érvényesül, mivel a takarmányokban található 20 féle aminosavból a sertés számára 10 esszenciális. A termelés és az azt meghatározó alapvető tényezők törvényszerűségét a világszerte –így a sertéstakarmányozásban is– ismert úgynevezett "hordó-donga elmélet" szemlélteti a legjobban.

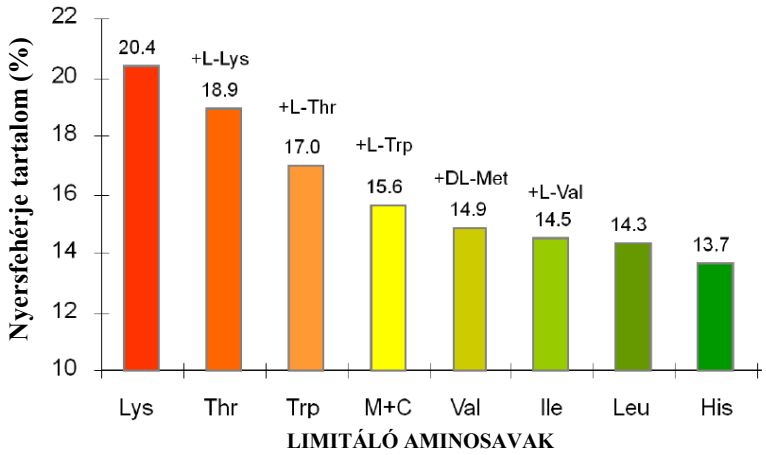
A lizin mellett a sertés számára esszenciális aminosav a metionin, a treonin, a triptofán, a valin, az izoleucin, a leucin, a hisztidin és a fenilalanin. A felsoroltakon kívül azonban néhány, nem esszenciális aminosav hiánya következtében az állatok maximális növekedési üteme és nitrogén retenciója nem érhető el. A cisztin, tirozin, az arginin (és esetenként a glutamin, valamint a prolin) a sertések számára félig-esszenciális aminosavaknak tekinthetők, mivel ezeket a sertés csak esszenciális aminosavakból képes szintetizálni (Nørgaard, 2012). A különböző ideális fehérje elméletek a szemi-esszenciális aminosavak ideális arányát azok prekurzoraival együtt adják meg. Ez a cisztin esetében a metionin, a tirozin esetében pedig a fenilalanin. Az arginin a takarmányokban a szükséglethez viszonyítva általában nagyobb mennyiségben van jelent ezért ezen aminosav jelentősége kisebb az előzőekben felsoroltakhoz képest.

Az ideális fehérje elmélet sertések részére történő kidolgozásával már az 1980-as éveket megelőzően is foglalkoztak, ez azonban még az állatok bruttó aminosav-szükségletét vette alapul. Néhány évvel később a takarmányok ileálisan emészthető aminosav-tartalmára vonatkozóan is megfelelő adatbázis jött létre, ezért az ideális fehérje elméletek pontosabbá váltak (Babinszky és mtsai, 2000) és ma már az ideális fehérje elméletek látszólagos- (AID), és valódi- (TID), valamint standardizált ileális emészthető (SID) aminosav összetételre vonatkoztatva is rendelkezésre állnak.

2.8 A kristályos aminosavak előállítása és alkalmazása

Korábban a sertések nyersfehérje- és aminosav-szükségletének kielégítése érdekében nagy biológiai értékű fehérjéket tartalmazó, állati eredetű takarmánykomponenseket használtak fel, mivel azok jelentős mennyiségben és viszonylag olcsón rendelkezésre álltak. Takarmány-alapanyagként történő felhasználásuk mellett szólt jól emészthető aminosav-garnitúrájuk és nagy lizintartalmuk. Az állati eredetű fehérjék etetése –néhány kivételtől eltekintve– ma már nem engedélyezett hazánkban sem, ezért ezen fehérjeforrások kiváltása- és a takarmányok megfelelő aminosav-összetételének biztosítása érdekében más megoldást kellett kidolgozniuk a takarmányipar szereplőinek. Ennek legfőbb oka, hogy a hízósertések aminosav igényét kizárólag a

takarmányok növényi eredetű fehérjéinek felhasználásával nem-, vagy csak nagyon drága fehérjeforrások etetésével lehetne fedezni.



4. ábra: A nyersfehérje-tartalom csökkentésének lehetősége kristályos aminosav-kiegészítéssel (Ajinomoto, 2011)

Ma már bevált eljárás, hogy az intenzív, nagyüzemi körülmények között hízlalt sertések takarmányait az ideális fehérje elvnek megfelelően állítják össze, kristályos aminosavak addícionális alkalmazása mellett (Babinszky, 2000). Általánosan elfogadott az is, hogy az állatok költséghatékony takarmányozása csak az ily módon előállított aminosavakkal kiegészített takarmányok etetése mellett valósítható meg. A takarmányhoz adott kristályos aminosavak használatával ugyanis a takarmánykeverék nyersfehérje-tartalma akár 2-6%-al is csökkenthető (Kerr és Easter, 1995; Deng és mtsai, 2007; Ajinomoto, 2011) az állatok teljesítményének romlása nélkül *(4. ábra)*. Mivel a takarmányfehérjék a legdrágább takarmánykomponenseknek tekinthetők, a csökkentett nyersfehérje-tartalmú, de ideális aminosav profillal rendelkező takarmányokkal tehető leginkább hatékonnyá a sertéshús-előállítás folyamata. A kristályos aminosavakat esetenként ipari úton előállított, vagy szintetikus aminosavaknak is nevezik. Jelenleg a fehérjét felépítő 20 féle aminosav közül a lizin, a metionin, a treonin, a triptofán és a valin használata tekinthető általánosnak. Előállításuk alapanyagai a legtöbb esetben olyan vázfehérjék, amelyek a vágóhídi feldolgozás során keletkező melléktermékek (Molnár, 2009). Ezek között említhető a sertéssörte, a különböző szaruképletek, az olcsó bőripari- és vágóhídi hulladékok, az állati szövetekből kivont kollagének, valamint a csontliszt is. A felsorolt melléktermékekből fehérje-hidrolízissel, valamint mikrobiológiai- és kémiai szintézissel is előállíthatók aminosavak. A

legelterjedtebbek ezek közül a fehérjealapú és a mikrobiológiai eljárások (Molnár, 2009).
A természetes fehérjében megtalálható aminosavak izolálására és kivonására alkalmas módszerként jöhet szóba a fehérje-hidrolízis, amely a hidrolizáló reagenstől függően lehet lúgos, savas vagy enzimatikus. Az eljárások előnyeit és hátrányait Molnár (2009) a következőképpen foglalja össze: „A lúgos-hidrolízis hátránya, hogy néhány aminosav racemizálódik az eljárás közben, ezért nem nyerhetők vele optikailag tiszta aminosavak. A savas hidrolízisnél ezzel szemben nagyon kismértékű az optikai szennyezés, viszont néhány aminosav (pl. a triptofán) érzékeny a savas közegre és a hidrolízis során lebomlik. Az enzimkatalitikus hidrolízis előnye, hogy nem jár optikai szennyezéssel, azonban hátrányként említhető költségigényessége."
Az aminosavak előállításának egy másik módszere a mikrobiológiai szintézis, amely során nagy hatékonyságú, szelektált baktériumtörzseket használnak az aminosavak fermentálására. A módszer nagy előnye, hogy ma már szinte bármely természetes L-aminosav előállítható ily módon és optikailag teljesen tiszta aminosav a végtermék.
Az enzimkatalitikus eljárás hasonlóságot mutat a mikrobiális fermentációval, azonban ebben az esetben csupán az aminosav-termelő baktériumtörzsek enzimjeit használják fel aminosav-szintézisre. A módszerrel alanin, valin, metionin, fenilalanin és triptofán is előállítható.
A felsorolt eljárások során előállított kristályos aminosavak alkalmazásával a takarmányozási költségek jelentős mértékben csökkenthetők. A takarmányok szintetikus aminosavakkal történő kiegészítése azonban nem csak ökonómiai szempontból növeli a hatékonyságot, hanem biológiai- és ökológiai aspektusból is előnyt jelent (Han és Lee, 2000). Ez az előny leginkább a fehérjében kötött aminosavakhoz képest gyorsabb és jobb felszívódásukból adódik. A kristályos aminosavak ugyanis az emésztőkészülékből gyorsan abszorbeálódnak és állnak rendelkezésre a metabolikus folyamatokhoz (Leibholz és mtsai, 1986; Sato és mtsai, 1987; Izquierdo és mtsai, 1988; Buraczewska és Swiech, 2000). Trottier (2004) szerint ennek bizonyítéka, hogy a fehérjekötésben található aminosavak kristályos aminosavakkal történő részleges helyettesítése a portális keringésben megnöveli a vér aminosav-tartalmát, ami arra utal, hogy a kristályos aminosavak sokkal gyorsabban szívódnak fel, mint a fehérjekötésben találhatók, még abban az esetben is, ha a takarmányokat valódi ileálisan emészthető alapon formulázták.
Nørgaard (2012) szerint a kristályos aminosavak emészthetősége standardizált ileális emészthetőségre (SID) formulázott takarmányok esetében is 100%-nak

tekinthető és felszívódásuk sokkal gyorsabb, mint az összetett szénhidrátoké (cukroké) és intakt fehérjékből származó aminosavaké. Ezzel szemben a takarmányfehérjében kötött aminosavak felszívódása ettől lényegesen rosszabb hatékonysággal és lassabban megy végbe (Yen és mtsai, 2004). A kristályos aminosavak felszívódása ugyan egyértelműen lerövidíti az egységnyi aminosav mennyiség feszívódásához szükséges időt, a kristályos- és a fehérjében kötött aminosavak eltérő abszorpciós rátája azonban csökkentheti a szöveti fehérjeszintézis intenzitását (Yen és mtsai, 2004). Ennek oka, hogy a fehérjekötésben található aminosavak intakt fehérjékből származnak és a kristályos aminosavakhoz képest (időben) később szívódnak fel az emésztőkészülékből. Mivel az ideális aminosav garnitúra nem egyidejűleg abszorbeálódik, már a felszívódás során imbalansz alakulhat ki, ez pedig a felszívódott kristályos aminosavak oxidációjához (Batterham és Bayley, 1989; Rérat, 1995) és glükoneogenezisre történő felhasználásukhoz vezethet. Ez az állapot egészen addig nem szűnik meg, amíg a szöveti fehérjeszintézishez valamennyi aminosav rendelkezésre nem áll. Ebből tévesen az a következtetés lenne levonható, hogy bár a kristályos aminosav-kiegészítés javítja a felszívódás hatékonyságát és gyorsaságát is, a különböző forrásból származó (kristályos vs. fehérjében kötött) aminosavak abszorpciós fázisai közötti eltérés nem teszi lehetővé a kristályos aminosavak felhasználását a szöveti fehérjeszintézisben, mivel felszívódásukat követően azok nagy része más folyamatokban vesz részt (pl. oxidáció). Ez az élettani jelenség azonban a gyakorlati hízósertés takarmányozásban könnyedén elkerülhető az állatok naponta többszöri, vagy *ad libitum* takarmányozásával. Naponta egyszeri etetés mellett azonban a kristályos aminosavak hasznosulásának romlásával kell számolni (Nørgaard, 2016; Colina, 2013) még abban az esetben is, ha a szakirodalmi adatok szerint a sertés aminosav-raktára meghaladja a 24 órát (Bokori, 1996).

Az ipari úton előállított aminosavak további előnye felszívódásuk gyorsasága mellett, hogy ma már a kereskedelmi forgalomban, nagy mennyiségben és megfizethető áron rendelkezésre állnak. A takarmány kristályos aminosavakkal történő kiegészítése ökológiai szempontból is kedvező, mivel a felszívódás hatékonyságának növekedése a nitrogénürítés csökkenését eredményezi, azaz a környezet nitrogén-terhelésének mérséklése irányába hat (Nahm, 2002). Knowles és mtsai (1998) szerint a csökkentett fehérjetartalmú, kristályos aminosavakkal kiegészített takarmányok etetetése a sertések fekális nitrogén-ürítését, valamint az urinális nitrogén-ürítést (karbamid) is csökkenti. Figyelemre méltó Noblet és mtsai (1987) megállapítása is, amely szerint az

aminosav-összetétel optimalizálása révén javítható az állatok energiamérlege. Az ideális aminosav-összetételű fehérje etetésekor ugyanis a feleslegben adott aminosavak dezaminálásának energia-szükséglete nem terheli az intermedier anyagcserét.
A takarmányozási technológiák és a szelekció révén az állatok nitrogén ürítése a fajtától és egyéb tényezőktől függően 5-35 %-kal mérséklődött (Gruber, 2012). Ezt megerősíti Horn (2012) is, aki szerint az intenzív állattartó telepeken alkalmazott okszerű takarmányozásnak, valamint a modern hibridek térhódításának köszönhetően az intenzív rendszerek fajlagos ökológiai lábnyoma mára nagyságrendekkel kisebb lett az extenzív állattartás által előidézett lábnyomhoz képest. Mindezek alapján levonható az a következtetés, hogy az állatok genetikai potenciáljához leginkább igazodó takarmányozási technológia alkalmazása, gazdasági, biológiai- és környezetvédelmi szempontból egyaránt előnyös. A genotípus specifikus takarmányozási technológiák kidolgozásának és alkalmazásának előfeltétele azonban a takarmányfehérjék és aminosavak ileális emészthetőségének vizsgálata a különböző genetikai potenciállal rendelkező sertésekben.

3. A DISSZERTÁCIÓ CÉLKITŰZÉSEI

Doktori munkámban három, eltérő genetikai potenciállal rendelkező sertés hibrid esetében a hízlalás első- (30-60 kg), illetve második szakaszában (60-110 kg) az alábbi kérdések tisztázását tűztem célul:

I. A genotípus-, és a takarmányok lizin/energia arányának függvényében miként változik a nyersfehérje és az aminosavak-, valamint a takarmánykeverékek összes-, illetve fehérjekötésben található aminosav-tartalmának látszólagos ileális emészthetősége.

II. A genotípus-, és a takarmányok lizin/energia arányának függvényében miként változik a kísérleti állatok N-retenciója.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 A nyersfehérje és az aminosavak ileális emészthetősége különböző genotípusú, PVTC kanüllel ellátott sertésekben

Kísérletsorozatunkban a nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetőségét határoztuk meg különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék- és hízó sertésekben.

4.1.1 A kísérleti állatok és elhelyezésük

Az emészthetőségi vizsgálatokat a 30-60 kg közötti, valamint a 60-110 kg élősúly intervallumban végetük el, genotípusonként 30 műtött ártánnyal. A különböző kísérleti takarmányok etetése során 360 analízisre kerülő mintát gyűjtöttünk (3 genotípus x 6 kezelés x 2 hízlalási fázis x 5 állat/kezelés x 2 ismétlés). A kísérletsorozatot 2012 és 2015 között bonyolítottuk le a Kaposvári Egyetem Takarmányozástani Tanszékének állatházában. A Somogy Megyei Mezőgazdasági Hivatal Élelmiszerlánc-Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság határozatának ügyiratszáma a kutatási témában elvégzett állatkísérletek engedélyezéséről, 2007. 10.12-2012.10.12-ig: 23.1/01027/005/2007. A Somogy Megyei Kormányhivatal Élelmiszerlánc-Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság határozatának Iktatószáma a kutatási témában elvégzett állatkísérletek engedélyezéséről, 2014. 04.02-2019.04.02-ig: SOI/31/446-7/2014.)

A vizsgálatokba olyan genotípusú állatokat vontunk be, amelyeket Magyarországon az iparszerű sertéshús előállító üzemben alkalmaznak, és amelyek genetikai potenciálja hízlalási teljesítményük (súlygyarapodásuk) szerint jól elhatárolható egymástól. A vizsgálatokban a kísérleti állatok Danbred végtermék hibridek (dán nagyfehér x dán lapály x dán duroc), Hungahib 39-es hibridek (nagyfehér x lapály x pietrain x hampshire), valamint háromvonalas keresztezéssel előállított, hagyományos hibridek (magyar nagyfehér x magyar lapály x duroc) voltak *(6. táblázat).*

Az ileális emészthetőségi vizsgálatok során a hizlalás első- és második felében ugyanaz a genotípusonként 30 kísérleti állat vett részt. Az állatok minden esetben mentesek voltak brucellózistól, leptospirózistól, Aujeszky-féle betegségtől és a sertések reprodukciós zavarokkal, valamint légzőszervi tünetekkel járó szindrómájától (PRRS). Az emészthetőségi vizsgálatok felépítését a *7. táblázat* mutatja be. A vizsgálatok megkezdése előtt a kísérleti állatokat Van Leeuwen és mtsai (1991) leírása alapján, PVTC-kanüllel (Post Valve T-Cannula) láttuk el, amelyet a *caecum* eltávolítását követően, annak

alapi részébe implantáltunk. A kísérleti állatok operációi összesen 5 napot vettek igénybe. A legutolsó műtéti naptól számítva az állatok részére legalább 10 napos regenerációs periódust biztosítottunk, majd ezt 5 napos előetetés követte. A növendék sertések élősúlya a kísérletek kezdetén 40,9 ± 8,5 kg, a hízóértéseké pedig 80,8 ± 9,3 kg volt.

6. táblázat: A vizsgálatokba vont hízósertések genetikai potenciálja a Close (1994) szerinti csoportokba sorolást alapul véve

EMÉSZTHETŐSÉGI ÉS N-RETENCIÓS VIZSGÁLATOK		
Genetikai potenciál	**Súlygyarapodás (g/nap)**	**Genotípus**
Nagy genetikai potenciál	1000-1200	Danbred (dán nagyfehér x dán lapály x dán duroc)
Közepes genetikai potenciál	800-1000	Hungahib 39 (nagyfehér x lapály x pietrain x hampshire)
Hagyományos genetikai potenciál	<800	(magyar nagyfehér x magyar lapály x duroc)

A műtéteket megelőzően, a regenerációs periódusban, valamint a vizsgálatok elő- és fő szakaszában a kísérleti állatokat a műtött sertéseknek kialakított egyedi kutricákban helyeztük el. A kísérleti terem hőmérsékletét és relatív páratartalmát a növendék sertések igényeinek megfelelően szabályoztuk.

7. táblázat: Az emészthetőségi vizsgálatok felépítése

ELŐKÉSZÍTŐ ÉS GYŰJTÉSI SZAKASZ							
A PVTC KANÜLÖK BEÜLTETÉSE (5 nap)	**REGENERÁCIÓS SZAKASZ (10 nap)**	**ELŐETETÉS (5 nap)**	**GYŰJTÉSI SZAKASZ (5 nap)**				
			Gyűjtési nap	Pihenő nap	Gyűjtési nap	Pihenő nap	Gyűjtési nap

4.1.2 Kezelések, a kísérleti állatok takarmányozása

A kísérleti takarmányokat a hízlalás első- (30-60 kg) és második fázisában (60-110 kg) is kukorica, szója és árpa alapon állítottuk össze a NRC (2012) ajánlása alapján, az ideális fehérje elv ajánlásainak figyelembevételével. A növendék és hízó sertésekkel végzett kísérlet során a takarmányok azonos DE-, nyersfehérje- és nyersrosttartalma mellett, 6 eltérő lizinszint ileális emészthetőségre kifejtett hatását vizsgáltuk. A kísérleti takarmányokban 5,0

g/kg-os menyiségben titán dioxidot használtunk (TiO_2/Tioxide® A-HR) jelző anyagként. A kísérleti takarmányok összetételét és táplálóanyag-tartalmát a 8-*11. táblázat* mutatja be.

8. táblázat: A kísérleti Hízó I. (30-60 kg) takarmányok összetétele és számított-, valamint mért táplálóanyag-tartalma (g/kg)

Komponens	**K E Z E L É S E K**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Kukorica	503,0	494,7	505,0	531,0	536,0	549,0
Árpa	251,0	274,0	265,0	240,0	237,0	225,0
Extr. Szójadara	191,8	187,0	183,6	179,6	175,0	171,5
Arbocel*	11,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Kukoricaolaj	15,0	7,0	7,4	7,5	7,5	7,6
Egyebek[1]	27,5	27,7	28,4	30,1	31,6	32,9
Lizin-HCl	**0,7**	**1,6**	**2,6**	**3,8**	**4,9**	**6,0**
ÖSSZESEN	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**
Számított táplálóanyag-tartalom (g/kg)						
Szárazanyag	893,8	892,8	892,8	893,3	893,4	893,5
DEs (MJ/kg)	14,0	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
Nyersfehérje	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
Nyerszsír	42,2	34,3	34,8	35,4	35,5	35,8
Nyersrost	44,6	43,2	42,8	41,9	41,6	41,1
$Lizin_{összes}$	**7,7**	**8,3**	**8,9**	**9,7**	**10,3**	**11,0**
Ca	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
$P_{összes}$	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Liz/DE arány[2]	**0,55**	**0,60**	**0,65**	**0,70**	**0,75**	**0,80**
KL/ÖL arány (%)[3]	9,1	19,3	29,2	39,2	47,6	54,5
Mért táplálóanyag-tartalom (g/kg)						
Szárazanyag	904,0	900,3	903,0	900,0	902,7	902,3
Nyersfehérje	153,7	153,7	155,0	155,0	155,0	155,3
Nyerszsír	37,7	30,0	30,3	30,3	30,3	30,3
Nyersrost	46,7	45,0	45,0	45,0	45,7	44,0
$Lizin_{összes}$	**7,7**	**8,4**	**9,4**	**10,2**	**11,0**	**11,3**
Ca	5,6	5,2	5,4	5,3	5,3	5,4
$P_{összes}$	5,0	4,9	5,1	5,0	5,1	5,1
Liz/DE arány[2]	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%)[3]	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

[1] Premix (0,5 %), DL-metionin, L-treonin, L-triptofán, Cisztin-HCl, MCP, takarmánymész, NaCl

[2] Összes-lizin/emészthető energia arány

[3] KL/ÖL: Kristályos lizin/összes-lizin arány

* Gyártó: J. Rettenmaier & Söhne GmbH

9. táblázat: A kísérleti Hízó I. (30-60 kg) takarmányok mért szárazanyag, nyersfehérje- és aminosavtartalma (g/kg)

Tápláló anyag	**K E Z E L É S E K**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Szárazanyag	904,0	900,3	903,0	900,0	902,7	902,3
Nyersfehérje	153,7	153,7	155,0	155,0	155,0	155,3
Liz/DE arány[1]	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%)[2]	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1
Esszenciális aminosavak						
Lizin	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Metionin	2,4	2,5	2,8	3,0	3,6	3,9
Cisztin	2,3	2,3	2,2	2,3	2,2	2,2
Treonin	5,8	5,8	6,4	6,7	7,0	7,5
Valin	7,3	7,1	7,2	7,1	6,9	7,0
Leucin	13,2	13,3	13,3	13,3	13,1	13,0
Izoleucin	6,1	6,0	6,0	6,0	5,8	5,8
Hisztidin	4,2	4,1	4,3	4,2	4,3	4,3
Fenilalanin	7,7	7,9	7,8	7,7	7,5	7,6
Tirozin	4,2	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2
Nem esszenciális aminosavak						
Arginin	8,7	8,5	8,5	8,3	8,3	8,0
Aszparaginsav	14,3	14,2	14,2	13,9	13,7	13,7
Glutaminsav	31,0	30,5	29,8	29,4	29,7	29,0
Alanin	8,3	8,3	8,3	8,3	8,1	8,1
Szerin	7,7	7,8	7,7	7,7	7,6	7,5
Glicin	6,5	6,4	6,4	6,3	6,1	6,1
Prolin	11,5	11,5	11,5	11,5	11,2	11,4

[1] Összes-lizin/emészthető energia arány

[2] KL/ÖL: Kristályos lizin/összes-lizin arány

10. táblázat: A kísérleti Hízó II. (60-110 kg) takarmányok összetétele és számított-, valamint mért táplálóanyag tartalma (g/kg)

Komponens	**K E Z E L É S E K**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Kukorica	531,5	515,2	532,0	545,0	563,7	568,1
Árpa	286,0	317,0	300,0	288,0	269,0	265,0
Extr. Szója	135,5	127,0	124,7	121,1	119,0	115,0
Arbocel*	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Kukoricaolaj	8,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
Egyebek[1]	28,1	29,0	30,4	31,9	33,2	34,7
Lizin-HCl	**1,9**	**2,8**	**3,9**	**5,0**	**6,1**	**7,2**
ÖSSZESEN	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**
Számított táplálóanyag-tartalom (g/kg)						
Szárazanyag	895,9	895,3	895,4	895,4	895,4	895,6
DEs (MJ/kg)	13,8	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
Nyersfehérje	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
Nyerszsír	36,2	29,0	29,3	29,5	29,9	30,1
Nyersrost	41,8	41,7	41,2	40,6	40,0	39,7
$Lizin_{összes}$	**7,6**	**8,1**	**8,8**	**9,5**	**10,2**	**10,8**
Ca	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
$P_{összes}$	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Liz/DE arány[2]	**0,55**	**0,60**	**0,65**	**0,70**	**0,75**	**0,80**
KL/ÖL arány (%)[3]	25,0	34,6	44,3	52,6	59,8	66,7
Mért táplálóanyag-tartalom (g/kg)						
Szárazanyag	895,7	896,3	895,3	893,7	896,7	895,7
Nyersfehérje	140,7	142,7	140,7	140,7	140,3	140,0
Nyerszsír	38,0	32,7	30,0	30,0	30,0	30,7
Nyersrost	46,0	45,0	44,0	44,3	43,7	42,7
$Lizin_{összes}$	**7,3**	**8,2**	**8,6**	**9,3**	**9,8**	**11,4**
Ca	5,8	5,7	5,7	5,7	5,5	5,5
$P_{összes}$	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	4,9
Liz/DE arány[2]	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%)[3]	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

1 Premix (0,5 %), DL-metionin, L-treonin, L-triptofán, Cisztin-HCl, MCP, takarmánymész, NaCl

2 Összes-lizin/emészthető energia arány

3 KL/ÖL: Kristályos lizin/összes-lizin arány

* Gyártó: J. Rettenmaier & Söhne GmbH

11. táblázat: A kísérleti Hízó II. (60-110 kg) takarmányok mért szárazanyag, nyersfehérje- és aminosavtartalma (g/kg)

Táplálóanyag	**K E Z E L É S E K**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Szárazanyag	895,7	896,3	895,3	893,7	896,7	895,7
Nyersfehérje	140,7	142,7	140,7	140,7	140,3	140,0
Liz/DE arány[1]	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%)[2]	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2
Esszenciális aminosavak						
Lizin	7,3	8,2	8,6	9,3	9,8	11,4
Metionin	2,2	2,6	2,9	3,2	3,7	4,1
Cisztin	2,2	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1
Treonin	5,3	5,6	5,9	6,7	6,9	7,4
Valin	6,8	6,7	6,6	6,4	6,3	6,2
Leucin	11,8	11,8	11,6	11,5	11,4	11,1
Izoleucin	5,4	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0
Hisztidin	4,0	3,9	3,9	4,0	3,9	3,9
Fenilalanin	7,0	7,1	6,9	6,9	6,6	6,5
Tirozin	4,0	4,0	4,0	3,9	3,8	3,8
Nem esszenciális aminosavak						
Arginin	8,1	8,0	7,7	7,4	7,2	7,2
Aszparaginsav	13,1	13,4	13,2	13,0	12,7	12,4
Glutaminsav	27,7	28,2	27,4	26,4	26,4	25,7
Alanin	7,3	7,3	7,2	7,2	7,1	6,9
Szerin	7,0	7,1	7,0	6,8	6,6	6,5
Glicin	5,8	5,8	5,7	5,6	5,5	5,3
Prolin	10,7	10,9	10,7	10,6	10,5	10,2

[1] Összes-lizin/emészthető energia arány

[2] KL/ÖL: Kristályos lizin/összes-lizin arány

A kísérleti állatok a vizsgálatok alatt, létfenntartó energiaszükségletük (450 kJ MEs/kg^{0,75}/nap) 2,8-szeresének megfelelő mennyiségű dercés takarmányt vehettek fel két egyenlő részletben ($8^{\underline{30}}$ és $16^{\underline{30}}$). Ivóvíz a vizsgálatok alatt kombinált önitatókból tetszés szerinti mennyiségben állt rendelkezésre.

4.1.3 Az állatkísérletek módszertana

Az ileális emészthetőségi kísérletek 5 napos előetetési-, és 3 napos gyűjtési szakaszból álltak. A gyűjtési napok között az állatok részére pihenőnapot biztosítottunk. A chymust a PVTC-kanülre rögzített polietilén zacskókba 8

órán keresztül folyamatosan (9^{00} és 17^{00} között) gyűjtöttük, megmértük, majd azonnal lefagyasztottuk.
A gyűjtési szakasz végén az összegyűjtött chymus mennyiségét ismételten megmértük majd a homogenizálást követően a teljes mennyiség 30%-át tömegállandóságig történő fagyasztva szárítással, 1 mm rostaméretű darálóval történő aprítással, illetve egy ismételt homogenizálással laboratóriumi vizsgálatra készítettük elő. A kísérleti állatok élőtömegét az előetetési-szakasz kezdetén, valamint a gyűjtési szakasz kezdetén és végén mértük meg.

4.1.4 Laboratóriumi vizsgálatok

A takarmánykomponensek szárazanyag- és nyersfehérje-tartalmát, valamint a kísérleti takarmányok táplálóanyag-tartalmát a Magyar Szabvány előírásai szerint határoztuk meg. A nedvességtartalom a MSz 6830/377, a nyersfehérje-tartalom a MSZ 6830-4:1981, a nyerszsírtartalom a MSz 6830/6-78, a nyersrosttartalom a Msz 6830/7-81, a nyershamutartalom a MSz 6830/8-78, a kalciumtartalom a Msz 6830/20-80, a foszfortartalom pedig a MSz-ISO 6491 leírása alapján került meghatározásra. A takarmányok és a chymus minták aminosav-analízisét Bech-Andersen és mtsai (1990) leírása alapján végeztük el. A kísérleti takarmányok, a chymus-, és a bélsárminták TiO_2-tartalmá az AOAC (1996) leírása szerint határoztuk meg, ANTHELIE light UV-VIS spektrofotométerrel.

4.1.5 A kísérleti adatok statisztikai analízise

A kezelések ileális emészthetőségre kifejtett hatását az egyes táplálóanyagok (szárazanyag, nyersfehérje és aminosavak) esetében kéttényezős variancia-analízissel (ANOVA) elemeztük (SAS/STAT® 9.4, 2013). A variancia-analízis általános modellje az alábbi volt:

$$Yijk = \mu + Ai + Bj + (A * B)ij + eijk$$

Ahol: Yijk = függő változó; μ = főátlag; Ai = kezelés (i = 6 kezelés); Bj = ismétlések száma (j = 2 ismétlés); (A * B) = kölcsönhatás a kezelés és az ismétlés között; eijk = maradék hiba.
Szignifikáns kezeléshatás esetén a kezelések közötti eltérések statisztikai megbízhatóságát Tukey-teszttel ellenőriztük. A kísérleti takarmányok lizintartalma és a nyersfehérje, valamint az aminosavak ileális emészthetősége közötti összefüggéseket genotípustól függetlenül, nemlineáris regresszióanalízissel vizsgáltuk.

4.2 A látszólagos emészthetőség és a N-retenció vizsgálata különböző genotípusú sertésekben

Kísérletsorozatunban a táplálóanyagok látszólagos fekális emészthetőségét, valamint a kísérleti állatok N-retencióját vizsgáltuk, különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék és hízó sertésekben.

4.2.1 A kísérleti állatok és elhelyezésük

A N-retenciós vizsgálatot ugyancsak a 30-60 kg közötti, valamint a 60-110 kg élősúly intervallumban állítottuk be. Összesen 72 (plusz 18 tartalék) intakt ártánnyal dolgoztunk. A különböző kísérleti takarmányok etetése során 288, analízisre kerülő mintát gyűjtöttünk (3 genotípus x 6 kezelés x 2 hízlalási fázis x 4 állat/kezelés x 2 ismétlés). A kísérletsorozatot 2012 és 2015 között végeztük a Kaposvári Egyetem Takarmányozástani Tanszékének állatházában. A Somogy Megyei Mezőgazdasági Hivatal Élelmiszerlánc-Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság határozatának ügyiratszáma a kutatási témában elvégzett állatkísérletek engedélyezéséről, 2007. 10.12-2012.10.12-ig: 23.1/01027/005/2007. A Somogy Megyei Kormányhivatal Élelmiszerlánc-Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság határozatának Iktatószáma a kutatási témában elvégzett állatkísérletek engedélyezéséről, 2014. 04.02-2019.04.02-ig: SOI/31/446-7/2014.).

A N-retenciós vizsgálat során a hizlalás első- és második felében ugyanaz a genotípusonként 30 kísérleti állat vett részt. A vizsgálatokba vont genotípusok és azok állategészségügyi státusza megegyezett az ileális emészthetőségi vizsgálatoknál alkalmazott kísérleti csoportoknál leírtakkal. Az intakt növendék sertések élősúlya a kísérlet kezdetén 42,9 ± 4,9 kg, a hízósertéseké pedig 75,0 ± 6,5 kg volt. A vizsgálatok megkezdése előtt, valamint a pihenő periódusokban az állatok elhelyezése egyedi kutricákban, míg a vizsgálatok fő szakasza alatt a vizelet és a bélsár elkülönített gyűjtését lehetővé tevő egyedi anyagcsere ketrecekben történt. Az állatok elhelyezésére szolgáló kísérleti termek hőmérsékletét és relatív páratartalmát a hízósertések igényeinek megfelelően szabályoztuk.

4.2.2 Kezelések, a kísérleti állatok takarmányozása

A kísérleti takarmányokat a hízlalás első- és második fázisában is kukorica, szója és árpa alapon állítottuk össze a NRC (2012) ajánlása alapján, az ideális fehérje elv ajánlásainak figyelembevételével. A növendék és hízó sertésekkel végzett kísérlet során a takarmányok azonos DE-, nyersfehérje- és nyersrosttartalma mellett, 6 eltérő lizin-szint N-retencióra kifejtett hatását

vizsgáltuk. A kísérleti takarmányokban 5,0 g/kg-os menyiségben titán dioxidot használtunk (TiO_2/Tioxide® A-HR) marker anyagként. A kísérleti takarmányok összetétele és táplálóanyag-tartalma a *12-15. táblázatban* látható.

12. táblázat: A kísérleti Hízó I. (30-60 kg) takarmányok összetétele és számított-, valamint mért táplálóanyag-tartalma (g/kg)

Komponens	**K E Z E L É S E K**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Kukorica	515,0	535,0	563,0	565,0	576,0	576,0
Árpa	263,0	258,0	228,3	228,3	218,0	219,8
Extr. Szója	168,4	165,0	163,0	158,4	154,3	150,0
Arbocel*	11,0	8,0	10,0	10,0	11,0	11,0
Kukoricaolaj	15,0	5,5	5,0	5,0	5,0	5,5
Egyebek[1]	26,6	26,7	27,8	29,3	30,6	31,5
Lizin-HCl	**1,0**	**1,8**	**2,9**	**4,0**	**5,1**	**6,2**
ÖSSZESEN	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**
Számított táplálóanyag-tartalom (g/kg)						
Szárazanyag	892,5	891,5	891,5	891,6	891,6	891,7
DEs (MJ/kg)	14,0	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
Nyersfehérje	150,0	150,0	150,0	150,0	150,1	150,1
Nyerszsír	42,5	33,7	33,7	33,7	33,9	33,9
Nyersrost	43,9	41,9	42,3	42,0	42,1	41,9
Lizin$_{\text{összes}}$	**7,8**	**8,3**	**9,0**	**9,6**	**10,3**	**11,0**
Ca	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
P$_{\text{összes}}$	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Liz/DE arány[2]	**0,55**	**0,60**	**0,65**	**0,70**	**0,75**	**0,80**
KL/ÖL arány (%)[3]	12,8	21,7	32,2	41,7	49,5	56,4
Mért táplálóanyag-tartalom (g/kg)						
Szárazanyag	898,0	897,3	897,7	898,3	899,0	898,3
Nyersfehérje	146,7	148,0	148,0	146,7	147,0	147,0
Nyerszsír	43,3	33,0	32,3	32,7	33,3	33,3
Nyersrost	42,7	40,7	40,3	41,0	39,7	38,3
Lizin$_{\text{összes}}$	**7,4**	**8,1**	**9,1**	**9,2**	**10,0**	**11,0**
Ca	5,7	5,6	5,8	5,6	5,9	5,8
P$_{\text{összes}}$	4,9	4,8	4,9	4,9	4,9	4,8
Liz/DE arány[2]	**0,53**	**0,59**	**0,66**	**0,67**	**0,72**	**0,80**
KL/ÖL arány (%)[3]	13,5	22,2	31,9	43,5	51,0	56,4

1 Premix (0,5 %), DL-metionin, L-treonin, L-triptofán, Cisztin-HCl, MCP, takarmánymész, NaCl

2 Összes-lizin/emészthető energia arány

3 KL/ÖL: Kristályos lizin/összes-lizin arány

* Gyártó: J. Rettenmaier & Söhne GmbH

13. táblázat: A kísérleti Hízó I. (30-60 kg) takarmányok analizált szárazanyag, nyersfehérje, és aminosavtartalma (g/kg)

Tápláléoanyag	**K E Z E L É S E K**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Szárazanyag	898,0	897,3	897,7	898,3	899,0	898,3
Nyersfehérje	146,7	148,0	148,0	146,7	147,0	147,0
Liz/DE arány[1]	**0,53**	**0,59**	**0,66**	**0,67**	**0,72**	**0,80**
KL/ÖL arány (%)[2]	13,5	22,2	31,9	43,5	51,0	56,4
Esszenciális aminosavak						
Lizin	7,4	8,1	9,1	9,2	10,0	11,0
Metionin	2,3	2,3	2,7	3,2	3,6	3,9
Cisztin	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,4
Treonin	5,1	5,4	5,5	6,1	6,7	7,3
Valin	6,7	7,0	6,7	6,5	6,4	6,6
Leucin	12,3	12,5	12,4	12,3	12,2	12,1
Izoleucin	5,5	5,7	5,5	5,4	5,3	5,3
Hisztidin	4,1	4,1	3,9	3,8	3,9	4,2
Fenilalanin	7,4	7,2	7,1	7,0	6,8	6,7
Tirozin	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1
Nem esszenciális aminosavak						
Arginin	8,5	8,5	8,3	8,1	8,2	8,0
Aszparaginsav	13,6	13,9	13,7	13,3	13,2	12,9
Glutaminsav	29,5	29,3	29,3	29,0	28,4	28,1
Alanin	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,4
Szerin	7,3	7,5	7,5	7,4	7,3	7,1
Glicin	6,2	6,2	6,1	6,0	6,0	5,9
Prolin	11,0	11,3	11,2	11,2	10,9	10,9

1 Összes-lizin/emészthető energia arány

2 KL/ÖL: Kristályos lizin/összes-lizin arány

14. táblázat: A kísérleti Hízó II. (60-110 kg) takarmányok összetétele és számított-, valamint mért táplálóanyag-tartalma (g/kg)

Komponens	**K E Z E L É S E K**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Kukorica	490,0	490,0	496,0	501,1	500,5	504,0
Árpa	291,0	303,0	298,0	293,0	293,0	290,0
Extr. Szója	171,1	166,4	162,3	159,0	155,0	151,0
Arbocel*	11,0	10,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Kukoricaolaj	8,0	1,0	1,0	2,0	4,0	5,0
Egyebek[1]	28,1	27,9	28,9	30,0	31,5	32,9
Lizin-HCl	**0,8**	**1,7**	**2,8**	**3,9**	**5,0**	**6,1**
ÖSSZESEN	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**	**1000,0**
Számított táplálóanyag-tartalom (g/kg)						
Szárazanyag	885,3	884,7	884,7	884,9	885,2	885,4
DEs (MJ/kg)	13,8	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
Nyersfehérje	150,0	150,0	150,0	150,0	150,1	150,2
Nyerszsír	36,0	29,3	29,3	30,4	32,3	33,3
Nyersrost	45,4	45,0	45,3	44,9	44,7	44,3
Lizin$_{\text{összes}}$	**7,6**	**8,2**	**8,9**	**9,6**	**10,2**	**10,9**
Ca	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
P$_{\text{összes}}$	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Liz/DE arány[2]	**0,55**	**0,60**	**0,65**	**0,70**	**0,75**	**0,80**
KL/ÖL arány (%)[3]	10,5	20,7	31,5	40,6	49,0	56,0
Mért táplálóanyag-tartalom (g/kg)						
Szárazanyag	898,0	897,0	897,3	897,7	897,7	898,3
Nyersfehérje	150,0	149,0	149,3	147,3	148,3	150,6
Nyerszsír	37,0	29,0	29,3	29,7	32,3	34,3
Nyersrost	41,0	41,7	40,3	40,7	39,7	39,0
Lizin$_{\text{összes}}$	**7,5**	**8,1**	**8,9**	**9,2**	**10,1**	**10,7**
Ca	5,6	5,6	5,5	5,6	5,5	5,5
P$_{\text{összes}}$	4,9	4,8	5,0	4,8	4,9	4,9
Liz/DE arány[2]	**0,54**	**0,60**	**0,65**	**0,68**	**0,74**	**0,79**
KL/ÖL arány (%)[3]	10,7	21,0	31,5	42,4	49,5	57,0

1 Premix (0,5 %), DL-metionin, L-treonin, L-triptofán, Cisztin-HCl, MCP, takarmánymész, NaCl

2 Összes-lizin/emészthető energia arány

3 KL/ÖL: Kristályos lizin/összes-lizin arány

* Gyártó: J. Rettenmaier & Söhne GmbH

15. táblázat: A kísérleti Hízó II. (60-110 kg) takarmányok analizált szárazanyag, nyersfehérje- és aminosavtartalma (g/kg)

Tápláló anyag	**K E Z E L É S E K**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Szárazanyag	898,0	897,0	897,3	897,7	897,7	898,3
Nyersfehérje	150,0	149,0	149,3	147,3	148,3	150,6
Liz/DE arány[1]	**0,54**	**0,60**	**0,65**	**0,68**	**0,74**	**0,79**
KL/ÖL arány (%)[2]	10,7	21,0	31,5	42,4	49,5	57,0
Esszenciális aminosavak						
Lizin	7,5	8,1	8,9	9,2	10,1	10,7
Metionin	2,4	2,7	3,0	3,3	3,8	4,3
Cisztin	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4
Treonin	5,4	5,5	6,0	5,9	6,9	7,4
Valin	7,1	6,9	6,8	6,7	6,6	6,7
Leucin	12,5	12,3	12,3	12,3	11,9	11,8
Izoleucin	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,4
Hisztidin	3,9	3,9	3,8	3,7	3,8	4,0
Fenilalanin	7,4	7,1	7,3	6,9	6,9	6,7
Tirozin	4,2	4,0	4,2	3,9	3,9	3,8
Nem esszenciális aminosavak						
Arginin	8,4	8,4	8,2	7,9	7,8	7,5
Aszparaginsav	14,1	14,0	13,7	13,2	13,3	13,0
Glutaminsav	31,0	30,5	30,3	29,7	29,6	30,5
Alanin	7,9	7,6	7,7	7,5	7,5	7,4
Szerin	7,6	7,5	7,6	7,5	7,3	7,3
Glicin	6,3	6,2	6,2	6,0	6,0	5,9
Prolin	11,7	11,6	11,1	11,8	11,6	12,0

1 Összes-lizin/emészthető energia arány

2 KL/ÖL: Kristályos lizin/összes-lizin arány

A kísérleti állatok a vizsgálatok alatt, létfenntartó energiaszükségletük (450 kJ MEs/kg^{0,75}/nap) 2,8-szeresének megfelelő mennyiségű dercés takarmányt vehettek fel két egyenlő részletben ($8^{\underline{30}}$ és $16^{\underline{30}}$). Ivóvíz szopókás önitatókból tetszés szerinti mennyiségben állt rendelkezésre.

4.2.3 Az állatkísérletek módszertana

Az anyagcsere vizsgálatok felépítését a *16. táblázat* mutatja be. Az anyagcsere vizsgálatok 8 napos előetetési- és 6 napos gyűjtési szakaszból álltak. A kísérleti állatok előetetése az ileális emészthetőség vizsgálatok lebonyolításakor alkalmazott egyedi kutricákban történt, majd ezt követően, a gyűjtési szakaszban kerültek az anyagcsere ketrecekbe. A vizsgálatokhoz összesen 12 anyagcsere ketrec állt rendelkezésre, ezért párhuzamosan két csoport állattal (2 x 12 kísérleti állat) dolgoztunk. Az első csoport esetében zajló gyűjtési szakasszal párhuzamosan történt meg a második csoport előetetése.

16. táblázat: Az anyagcsere vizsgálatok felépítése

Előetetési szakasz (8 nap)								**Gyűjtési szakasz (6 nap)**					
V	**H**	**K**	**Sze**	**CS**	**P**	**Szo**	**V**	**H**	**K**	**Sze**	**CS**	**P**	**Szo**
Egyedi kutrica								Anyagcsere ketrec					

A termelődött bélsár mennyiségét naponta kétszer, grammnyi pontossággal megmértük és a teljes mennyiséget lefagyasztottuk. A kísérlet végén az összegyűjtött bélsarat homogenizáltuk, az összes mennyiség 20 %-át fagyasztva szárítással, tömegállandóságig szárítottuk, majd darálással (1 mm rostaméret) laboratóriumi vizsgálatra készítettük elő. Az össz-bélsármennyiség további 20 %-át újra lefagyasztottuk. Az újrafagyasztott nyersmintákból végeztük el a N-vizsgálatokat, és ezen minták egyúttal ellenmintaként is szolgáltak. A vizeletet ugyancsak folyamatosan gyűjtöttük a vizeletgyűjtő tálcához csatlakoztatott zárt kannákba. A vizelet konzerválásához (a gyűjtés alatt) 50 %-os töménységű kénsavoldatot használtunk. Az összegyűjtött vizeletet, súlyának megmérése után (napi 1 alkalommal, a reggeli etetést követően) homogenizáltuk, N-mentes vattán megszűrtük majd, az összmennyiség 15 %-át lefagyasztottuk. A napi vizeletmintákat a gyűjtési szakasz végén kíméletesen felolvasztottuk, újra homogenizáltuk, N-mentes vattán ismételten megszűrtük majd állatonként 2 x 100 ml (100 ml laboratóriumi vizsgálatra, + 100 ml ellenmintaként) mennyiséget lefagyasztottunk. A kísérleti állatok élősúlyát az előetetési szakasz kezdetén, valamint a gyűjtési szakasz kezdetén és végén mértük meg.

4.2.4 Laboratóriumi vizsgálatok

A takarmánykomponensek és a kísérleti takarmányok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, nyershamu-, kalcium- és foszfortartalmát a Magyar Szabvány előírásai szerint határoztuk meg. A nedvességtartalom a MSz 6830/377, a nyersfehérje-tartalom a MSZ 6830-4:1981, a nyerszsírtartalom a MSz 6830/6-78, a nyersrosttartalom a Msz 6830/7-81, a nyershamutartalom a MSz 6830/8-78, a kalciumtartalom a Msz 6830/20-80, a foszfortartalom pedig a MSz-ISO 6491 leírása alapján került meghatározásra. A bélsár- és a vizeletminták nitrogén tartalma a MSZ 6830-4:1981 alapján került meghatározásra. A takarmányok és a bélsár titán-dioxid-tartalmát az AOAC (1996) előírásainak megfelelően határoztuk meg, a takarmányok aminosav-analízisét pedig Bech-Andersen és mtsai (1990) leírása alapján végeztük el, ANTHELIE light UV-VIS spektrofotométerrel.

4.2.5 A kísérleti adatok statisztikai analízise

A kezelések N-retencióra, szárazanyag- és N-emészthetőségre, N-felvételre, összes N-, bélsár N- és vizelet N-ürítésre kifejtett hatását kéttényezős variancia-analízissel (ANOVA) elemeztük (SAS/STAT® 9.4, 2013). A variancia-analízis általános modellje az alábbi volt:

$$Yijk = \mu + Ai + Bj + (A * B)ij + eijk$$

Ahol: Yijk = függő változó; μ = főátlag; Ai = kezelés (i = 6 kezelés); Bj = ismétlések száma (j = 2 ismétlés); (A * B) = kölcsönhatás a kezelés és az ismétlés között; eijk = maradék hiba.

Szignifikáns kezeléshatás esetén a kezelések közötti eltérések statisztikai megbízhatóságát Tukey-teszttel ellenőriztük. A kísérleti takarmányok lizintartalma és a N-retenció közötti összefüggéseket, genotípustól függetlenül, nemlineáris regresszióanalízissel vizsgáltuk.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1 A nyersfehérje és az aminosavak ileális emészthetőség vizsgálatának eredményei különböző genotípusú, PVTC kanüllel ellátott sertésekben

5.1.1 A nyersfehérje ileális emészthetősége növendék sertésekben

A különböző genotípusú növendék sertésekkel (30-60 kg) beállított kísérletsorozatunk eredményeit a *17-19. táblázat* foglalja össze. A nyersfehérje ileális emészthetőségének összehasonlító elemzése pedig az *5-8. ábrákon* látható genotípus specifikus (GSIE)-, és genotípustól független (GFIE) bontásban.

A nyersfehérje ileális emészthetőségét a különböző genetikai potenciállal rendelkező állatokban a takarmányok lizin/energia aránya differenciált módon befolyásolja. A nyersfehérje emészthetősége a MNF x ML x Du, hagyományos genetikai potenciállal rendelkező sertések esetében csak a legnagyobb összes lizintartalmú takarmány hatására (F-kezelés) növekedett meg szignifikánsan ($P<0,05$). Ezzel szemben, a közepes genetikai potenciálal bíró Hungahib 39-es (NF x L x Pi x H) genotípusnál már a C-kezelés 9,4 g/kg-os lizintartalma (Liz/DE: 0,68) is statisztikailag igazolhatóan javította az emészthetőséget ($P<0,05$). A további kezeléseknek (D-, E- és F-kezelés) nem volt szignifikáns, javító hatásuk a takarmányfehérjék emészthetőségére ebben a genotípusban.

A nagy genetikai potenciállal rendelkező, Danbred (DNF x DL x Du) állatok esetében a nyersfehérje emészthetősége ugyancsak a C-kezelés hatására mutatott szignifikáns növekedést ($P<0,05$). A további kezelések (F-kezelés) esetében fokozatosan csökkent a nyersfehérje emészthetősége ($P<0,05$). Eredményeinkből következik, hogy mindhárom vizsgált genotípus esetében más tendencia érvényesült a különböző Liz/DE-arányú takarmányok etetésekor.

A nyersfehérje genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE), valamint a takarmányok lizin/energia aránya között szoros (R^2 = 0,73-0,96) polinomiális összefüggés írható le *(5. ábra),* a felszívódás hatékonyságának genotípusonként eltérő alakulása ellenére. A nyersfehérje genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) –a GSIE-vel szemben– nem világít rá ezen eltérésekre, mivel az bizonyos esetekben túl, esetenként pedig alulértékeli a felszívódás hatékonyságát *(6. ábra)* a különböző genotípusokban. Ennek okán a genotípusok szerinti takarmányozási technológiák kidolgozásának és alkalmazásának létjogosultsága már a takarmányfehérjéket alkotó aminosavak abszorpciója szintjén is megkérdőjelezhetetlennek tekinthető.

17. táblázat: A nyersfehérje és az aminosavak genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) hagyományos genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben (%)

HAGYOMÁNYOS GENETIKAI POTENCIÁL (MNF x ML x Du) 30-60 kg							
Táplálóanyag	**K E Z E L É S E K[1, 2]**						**RMSE**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
Szárazanyag	73,8[a]	73,8[a]	73,9[a]	73,6[a]	73,2[ab]	72,7[b]	0,9
Nyersfehérje	73,3[a]	74,5[ab]	74,7[ab]	74,4[ab]	74,5[ab]	74,8[b]	1,5
Esszenciális aminosavak							
Lizin	81,2[a]	83,6[b]	85,1[c]	86,6[d]	87,4[d]	88,8[e]	1,0
Metionin	85,9[a]	86,0[a]	87,3[b]	90,2[c]	91,3[cd]	91,9[d]	1,3
Cisztin	73,7[a]	78,9[b]	78,3[b]	77,7[b]	77,6[b]	78,0[b]	2,8
Metionin+cisztin	79,6[a]	82,6[b]	83,5[b]	84,8[c]	86,2[d]	87,2[d]	1,3
Treonin	69,3[a]	71,2[b]	77,3[c]	77,6[c]	77,6[c]	77,8[c]	1,9
Valin	73,3	73,4	73,5	73,1	72,5	72,4	1,6
Leucin	81,1	81,5	81,9	81,2	80,9	80,9	1,4
Izoleucin	77,7[ab]	77,2[ab]	78,5[b]	77,4[ab]	76,6[a]	76,4[a]	1,6
Hisztidin	81,5[a]	79,5[b]	79,8[b]	79,3[b]	79,2[b]	79,4[b]	1,7
Fenilalanin	80,9[ab]	81,4[ab]	82,1[b]	80,8[a]	80,7[a]	80,6[a]	1,2
Tirozin	70,5[a]	72,4[bc]	73,9[c]	73,2[c]	71,2[ab]	71,2[ab]	2,0
Nem esszenciális aminosavak							
Arginin	90,7[a]	90,6[ab]	90,5[ab]	90,7[a]	89,5[c]	89,8[bc]	0,8
Aszparaginsav	75,1[a]	75,4[ab]	76,6[b]	76,6[b]	75,2[a]	75,0[a]	1,5
Glutaminsav	84,7	84,7	84,9	84,8	84,3	84,8	1,4
Alanin	73,8	73,8	73,3	73,7	73,5	73,7	2,2
Szerin	75,9	77,1	76,7	76,1	76,9	76,5	1,4
Glicin	60,2[a]	63,1[bc]	63,6[c]	62,3[abc]	61,8[abc]	60,9[ba]	2,7
Prolin	66,5[a]	66,4[a]	72,4[b]	73,1[b]	73,5[b]	74,7[b]	4,6
ÖSSZES AMINOSAV[3]	**77,9[a]**	**78,2[a]**	**79,4[b]**	**79,4[b]**	**79,2[b]**	**79,5[b]**	1,0

[1] Lizintartalom (g/kg): A: 7,7; B: 8,4; C: 9,4; D: 10,2; E: 11,0; F: 11,3

[2] Liz/DE arány: A: 0,55; B: 0,61; C: 0,68; D: 0,74; E: 0,80; F: 0,82

[3] Triptofán nélkül

RMSE : Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c, d, e: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

A vizsgált közepes- és nagy genetikai potenciállal rendelkező sertések esetében megállapítható, hogy a takarmány lizintartalmának növelésével a nyersfehérje emészthetősége egy bizonyos pontig nő. Ekkor a görbe elér egy maximális értéket, ezt követően pedig a felszívódás hatékonyasága stagnál, vagy csökkenést mutat. A görbe által elért legnagyobb pont jelöli az abszorpciós maximumot, amelyet minden genotípus esetében és genotípustól függetlenül is kiszámoltunk.

18. táblázat: A nyersfehérje és az aminosavak genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) közepes genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben (%)

KÖZEPES GENETIKAI POTENCIÁL (HUNGAHIB 39) 30-60 kg							
Táplálóanyag	**K E Z E L É S E K[1, 2]**						**RMSE**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
Szárazanyag	71,7[a]	73,5[b]	73,7[b]	73,1[b]	73,4[b]	73,2[b]	0,8
Nyersfehérje	72,2[a]	73,6[ab]	74,5[b]	74,1[b]	73,9[b]	73,5[ab]	1,4
Esszenciális aminosavak							
Lizin	83,6[a]	85,3[b]	88,3[c]	87,4[c]	87,4[c]	87,5[c]	1,4
Metionin	80,3[a]	80,7[ab]	81,3[ab]	83,1[bc]	84,1[c]	87,8[d]	2,5
Cisztin	82,1[abc]	82,4[ab]	83,2[b]	80,4[acd]	80,1[cd]	78,6[d]	2,1
Metionin+cisztin	81,2[a]	81,5[a]	82,1[a]	82,0[a]	82,5[a]	84,3[b]	1,5
Treonin	70,9[a]	71,1[a]	74,3[b]	76,1[bc]	76,9[c]	77,2[c]	2,0
Valin	74,0[ab]	74,3[b]	77,7[c]	75,6[b]	72,3[ad]	72,0[d]	1,8
Leucin	79,9[a]	80,0[a]	81,4[b]	80,6[ab]	79,7[a]	79,3[a]	1,3
Izoleucin	77,5[abc]	77,3[abc]	78,8[b]	78,2[ab]	77,0[ac]	76,4[c]	1,5
Hisztidin	81,8	81,6	82,7	82,4	82,4	83,5	2,0
Fenilalanin	80,7	81,1	82,4	82,6	82,2	82,2	1,9
Tirozin	75,6[a]	76,4[ab]	78,3[bc]	78,5[bc]	78,6[bc]	78,9[c]	2,5
Nem esszenciális aminosavak							
Arginin	93,2[ab]	93,6[ac]	94,4[c]	92,9[ab]	92,3[cd]	91,7[d]	1,0
Aszparaginsav	76,1[a]	77,5[ba]	79,6[c]	79,0[bc]	78,0[abc]	77,2[ab]	2,1
Glutaminsav	80,3	80,7	80,2	80,4	80,8	80,3	1,9
Alanin	73,3[ab]	73,5[ab]	75,3[b]	73,3[ab]	72,0[ac]	70,1[c]	2,2
Szerin	77,6[ab]	77,4[ab]	79,6[c]	79,3[c]	78,8[ac]	77,0[b]	1,3
Glicin	61,3[ab]	62,6[b]	61,3[ab]	60,1[ab]	59,2[a]	59,3[a]	2,7
Prolin	56,1	57,4	57,4	52,1	58,9	60,2	8,4
ÖSSZES ASMINOSAV[3]	**76,6[a]**	**77,2[ab]**	**78,4[c]**	**77,7[abc]**	**77,9[bc]**	**77,8[bc]**	1,1

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,7; B: 8,4; C: 9,4; D: 10,2; E: 11,0; F: 11,3

2 Liz/DE arány: A: 0,55; B: 0,61; C: 0,68; D: 0,74; E: 0,80; F: 0,82

3 Triptofán nélkül

RMSE : Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c, d : A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

Az abszorpciós maximumok meghatározása azért fontos, mert ez az a pont, amely esetében a takarmánnyal felvett fehérjék ileális emészthetősége a leghatékonyabb. Ezek helye, és adott pontokon az emésztés hatékonysága genotípusonként változó, ez pedig tovább erősíti a genetika specifikus takarmányozási technológiák kidolgozásának és gyakorlati alkalmazásának szükségességét *(7-8. ábra)*. Az *5. ábrán* látható, hogy a felszívódás hatékonysága a nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred (DNF x DL x Du) hibridek esetében egyértelműen meghaladta a közepes- és a hagyományos

genetikai potenciállal rendelkező állatoknál mért értékeket, egészen az összes lizin 44,5%-át kitevő kristályos lizint (KL/ÖL) tartalmazó kísérleti takarmány etetéséig (E-kezelés). Az F-kezelés etetése mellett azonban a Danbred genotípusban a nyersfehérje emészthetősége már nem különbözött a közepes- és hagyományos genetikai potenciállal rendelkező állatokban mért emészthetőségtől.

19. táblázat: A nyersfehérje és az aminosavak genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) nagy genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben (%)

NAGY GENETIKAI POTENCIÁL (DANBRED) 30-60 kg							
Táplálóanyag	**K E Z E L É S E K[1, 2]**						**RMSE**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
Szárazanyag	73,2	73,3	73,8	73,3	73,4	73,4	0,6
Nyersfehérje	75,0^{ab}	75,8^{abd}	76,6^{d}	76,2^{cd}	75,2^{bc}	74,1^{a}	1,1
Esszenciális aminosavak							
Lizin	87,2^{a}	88,1^{b}	88,3^{b}	89,4^{c}	89,6^{cd}	90,1^{d}	0,7
Metionin	87,8^{a}	88,8^{b}	89,0^{b}	91,3^{c}	92,2^{d}	92,9^{e}	0,6
Cisztin	70,3^{a}	70,2^{a}	68,6^{ab}	67,0^{bc}	66,7^{cd}	65,0^{d}	1,8
Metionin+ciszti	79,4^{a}	80,2^{b}	80,5^{b}	81,9^{c}	83,6^{d}	84,1^{d}	0,8
Treonin	74,6^{a}	75,0^{a}	75,4^{ab}	76,4^{bc}	76,8^{c}	77,6^{c}	1,3
Valin	78,1^{a}	77,1^{ab}	76,7^{b}	76,1^{b}	74,8^{c}	73,6^{c}	1,3
Leucin	85,4^{a}	84,5^{b}	83,7^{bc}	83,5^{cd}	82,7^{d}	80,5^{e}	0,9
Izoleucin	81,6^{a}	81,0^{ab}	79,9^{bc}	79,6^{cd}	78,5^{d}	76,6^{e}	1,1
Hisztidin	80,2^{a}	81,1^{a}	82,8^{b}	80,6^{a}	81,1^{a}	78,8^{c}	1,1
Fenilalanin	84,3^{a}	84,0^{a}	83,7^{a}	83,5^{a}	82,5^{b}	81,1^{c}	0,9
Tirozin	75,9^{a}	74,6^{ab}	74,0^{bc}	73,5b^{c}	73,1^{c}	70,9^{d}	1,4
Nem esszenciális aminosavak							
Arginin	91,9^{a}	91,1^{b}	90,9^{bc}	90,3^{c}	89,5^{d}	88,9^{d}	0,7
Aszparaginsav	78,8^{ab}	79,8^{b}	78,1^{a}	76,7^{c}	76,6^{c}	76,2^{c}	1,3
Glutaminsav	86,9^{a}	86,4^{ab}	86,2^{ab}	85,5^{bc}	84,4^{cd}	83,8^{d}	1,3
Alanin	76,8^{a}	75,5^{ab}	75,3^{b}	75,1^{b}	73,6^{c}	72,6^{c}	1,3
Szerin	82,5^{a}	82,6^{a}	81,5^{ab}	80,8^{b}	78,4^{c}	78,1^{c}	1,2
Glicin	66,8^{a}	68,7^{ab}	70,4^{b}	67,8^{a}	67,7^{a}	66,9^{a}	2,1
Prolin	64,3^{a}	74,0^{b}	77,7^{c}	75,5^{b}	75,0^{b}	73,6^{b}	2,0
ÖSSZES AMINOSAV[3]	**81,0**^{ab}	**81,5**^{b}	**81,5**^{b}	**80,7**^{ac}	**80,2**^{cd}	**79,6**^{d}	0,7

* Lizintartalom (g/kg): A: 7,7; B: 8,4; C: 9,4; D: 10,2; E: 11,0; F: 11,3

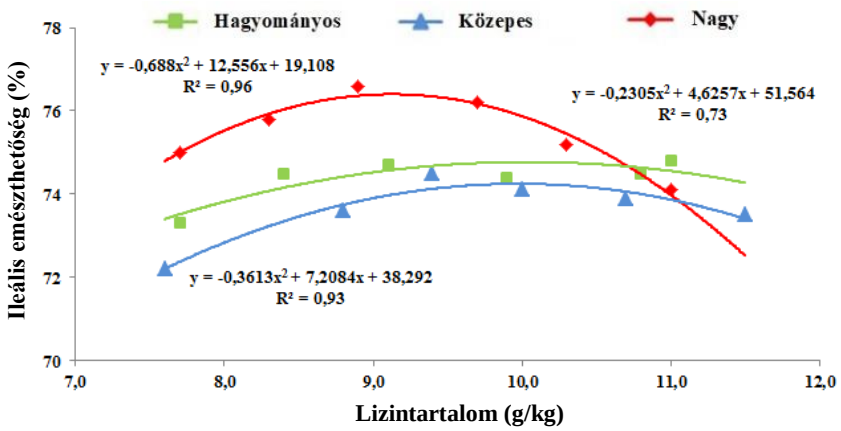
** Liz/DE arány: A: 0,55; B: 0,61; C: 0,68; D: 0,74; E: 0,80; F: 0,82

*** Triptofán nélkül

RMSE : Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c, d, e: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

A nagy genetikai potenciálal rendelkező Danbred sertésekben az F-kezelés etetésekor a nyersfehérje emészthetősége szignifikánsan kisebb volt a C-kezelés esetén mért, maximális értékhez képest (P<0,05), de az E-kezelésnél is kisebb emészthetőséget mértünk. A hagyományos- és közepes genetikai potenciállal rendelkező állatokban azonban a csökkenés nem volt ilyen markáns (P>0,05). Az adatok alapján megállapítható, hogy a nagy genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben a nyersfehérje ileális emészthetősége azon takarmányok etetése esetén a leghatékonyabb, amelyekben a felhasznált kristályos aminosavak aránya kisebb a fehérjében kötött aminosavakhoz képest (A-, B-, C-, D- és E-kezelés). Ebben a tartományban a nyersfehérje-emésztés tekintetében előnnyel rendelkeznek a két másik vizsgált genotípushoz (Hungahib 39, és MNF x ML x Du) képest.

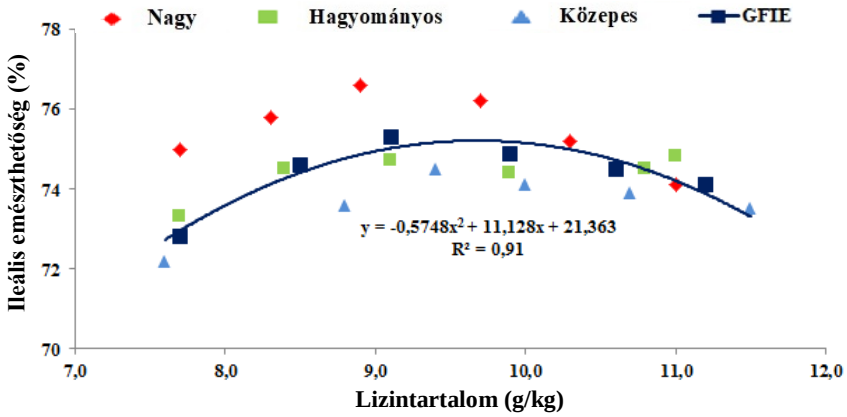


KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

5. ábra: A nyersfehérje genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

A C-kezelés etetésekor a nyersfehérje ileális emészthetősége a nagy genetikai potenciállal rendelkező állatok esetében 2%-al nagyobb volt a MNF x ML x Du és a Hungahib 39-es állatoknál mért ileális emészthetőséghez képest (74,5% vs. 74,7% vs. 76,6%). Az F-kezelés etetésekor a Danbred genotípusnál mért nyersfehérje emészthetőség azonban nem különült el ilyen egyértelműen a másik két genotípusétól (74,8% vs. 73,5% vs. 74,1%). A különböző genetikai konstrukciójú állatok esetében mért értékek feltételezhetően azért álltak

egymáshoz ilyen közel, mert a rosszabb „natív” fehérje emésztő képességgel rendelkező állatokban (hagyományos és közepes genetikai potenciál) is érvényesült a kristályos aminosavak 100%-os felszívódása (Chung és Baker, 1992; Trottier, 2004; Nørgaard, 2012). Megállapításunk alapján azonban joggal merülhet fel az a kérdés, hogy ez a jelenség miért nyilvánult meg kisebb mértékben a Danbred genotípusnál. A kristályos aminosavak felszívódása itt sem volt kisebb mértékű, mint a másik két genotípusban és minden kétséget kizáróan a fehérje kötésben található aminosavak esetében bekövetkezett kisebb mértékű felszívódás eredményezte a Danbred genotípus esetében az emészthetőség 74,1%-ra történő csökkenését. Ezen hipotézisünk igazolását a fehérjekötésben található- és az összes aminosav ileális emészthetőség alakulását elemző fejezetben mutatom be.



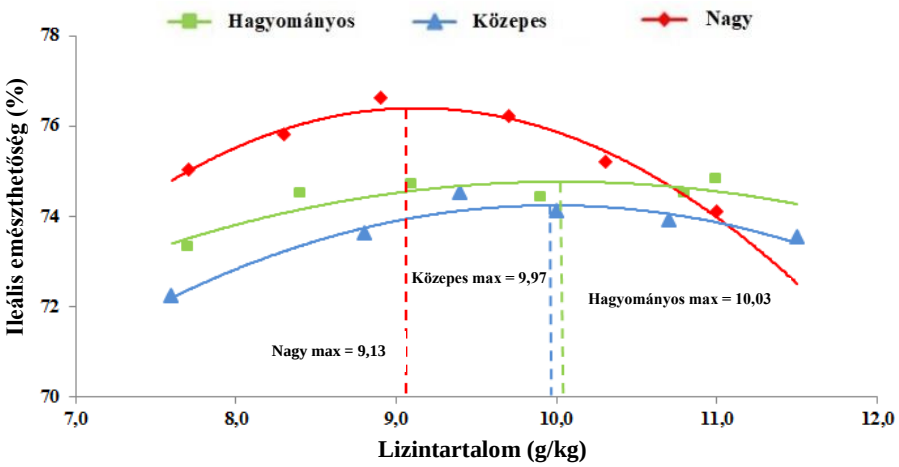
KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

6. ábra: A nyersfehérje genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Mindezekkel együtt az is jól látható, hogy a nyersfehérje emészthetősége egyik vizsgált genotípus esetén sem az F-kezelés etetésekor érte el a maximális értékét annak ellenére, hogy a KL/ÖL-arány a kísérleti takarmányok közül minden esetben itt volt a legnagyobb és ebből adódóan a legjobb emészthetőséget is ebben az esetben vártuk.

A nyersfehérje genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) esetében ugyanaz a tendencia írható le, mint a GSIE esetében és ugyancsak megállapítható, hogy a takarmányok lizintartalma, valamint a nyesfehérje

emészthetősége között szoros, polinomiális összefüggés áll fenn (R^2 = 0,91). Ezzel együtt szükséges ismételten hangsúlyozni azt, hogy a genotípustól független értékelési mód (GFIE) a különböző genetikai potenciállal rendelkező sertéseknél esetenként alul-, néhány esetben pedig túlértékeli a nyersfehérje emészthetőségét *(6. ábra)*. A kísérleti takarmányok közül az F-kezelés KL/ÖL-aránya volt a legnagyobb minden esetben, ez alapján pedig feltételezhető, hogy az abszorpcóis maximum is az F-kezelés nagy KL/ÖL-aránya mellett jelentkezik. A nagy genetikai potenciállal rendelkező sertések esetében a nyersfehérje ileális emészthetősége a takarmány 9,1 g/kg-os lizintartalma esetén érte el a maximumát *(7. ábra)*. Ezzel szemben a hagyományos és a közepes genetikai potenciállal rendelkező genotípusoknál az abszorpciós maximum 10,0 g/kg-os lizintartalom mellett jelentkezett. A felszívódás hatékonysága egyik genotípusban sem azon takarmány etetése mellett volt a leghatékonyabb, amely a legnagyobb arányban tartalmazott kristályos aminosavakat (F-kezelés).



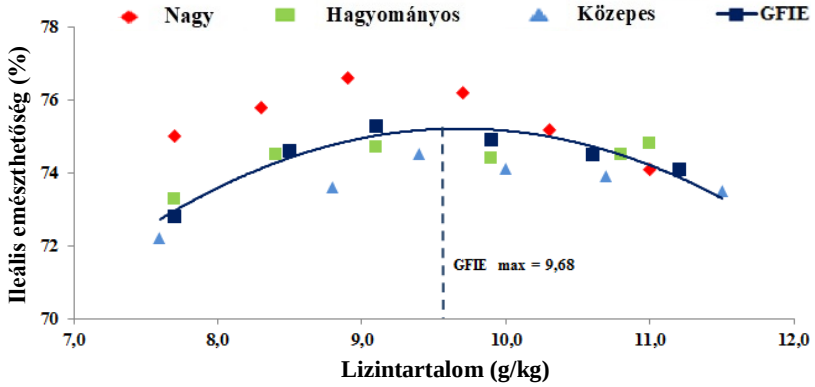
KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

7. ábra: A nyersfehérje genotípus specifikus ileális emészthetőségének (GSIE) maximumai különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Ez feltételezhetően azzal magyarázható, hogy a kristályos- és a fehérjébenkötött aminosavak eltérő abszorpciós rátája csökkenti a szöveti fehérjeszintézis intenzitását (Yen és mtsai, 2004). A nagy mennyiségű

kristályos aminosavval kiegészített takarmányok etetésekor ugyanis (az abszorpciós fázisok eltérései miatt) ez a jelenség hatványozottan jelentkezhet. A felszívódott aminosavak abszolút mennnyisége egy más megközelítési mód. Adott aminosav nagyobb mennyiségben történő felszívódása ugyanis a maximális emésztési hatékonyág elérése nélkül is realizálódhat, azaz egy adott genotípus kevésbé hatékony emészthetőségét feltételezve is lehetséges, hogy a szöveti fehérjeszintézishez nagyobb mennyiségű aminosav áll rendelkezésre a véráramban, mint az abszorpciós maximum elérésekor. Ennek előfeltétele azonban a takarmányok nagyobb lizin/energia arányának biztosítása.

A *7. ábra* adatai alapján az a következtetés is levonható, hogy a hagyományos és közepes genetikai potenciállal rendelkező állatok esetében a leghatékonyabb nyersfehérje-emésztés gyakorlatilag azonos lizintartalmú takarmány etetése mellett realizálható (Liz/DE:0,72).



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

8. ábra: A nyersfehérje genotípustól független ileális emészthetőségének (GFIE) maximuma növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

A nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred sertések esetében azonban kisebb lizintartalmú takarmány etetése mellett is hatékonyabb fehérjeemésztés valósul meg, mint a Hungahib 39-es és a MNF x ML x Du állatok esetében (Liz/DE:0,66). Ez 9,0%-os különbséget jelent a nagy- és a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező sertések takarmányainak lizintartalma között. *(17 és 19. táblázat).*

A nyersfehérje esetében a GFIE a maximumát a takarmány 9,7 g/kg-os lizintartalma mellett (Liz/DE:0,70) éri el *(8. ábra),* amely a vizsgáltaink során

etetett kísérleti takarmányok közül a C-kezeléshez áll a legközelebb. A 7. *és 8. ábra* adatai alapján megállapítható tehát, hogy nyersfehérje-emésztés maximális értékei genotípustól független-, illetve genotípus specifikus bontásban eltéréseket mutatnak és az abszorpciós maximumok helyén mérhető emészthetőség hatékonysága is genotípusonként eltérő. A GFIE sem a nyersfehérje emésztés maximális értékéről, sem pedig az annak eléréséhez szükséges Liz/DE arányról nem ad valós információt egyik általam vizsgált genotípusra vonatkoztatva sem.

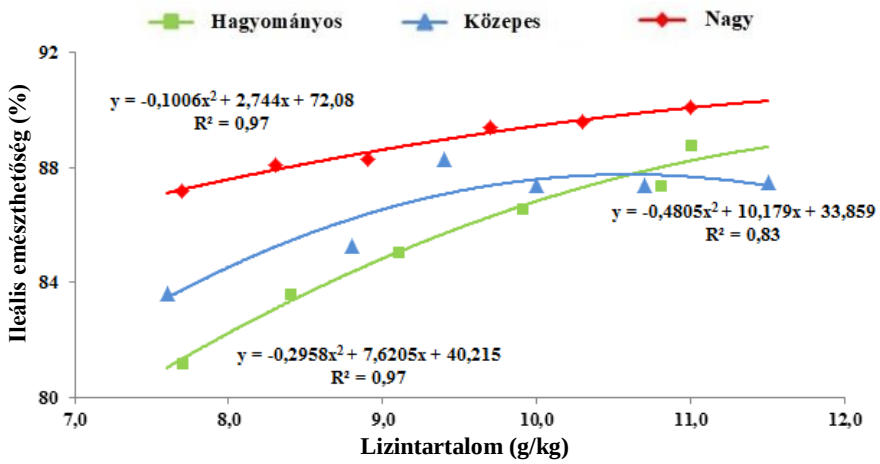
A SEGES Pig Research Centre (2017) ajánlásában a Danbred növendék sertések számára 9,4 g/kg összes lizintartalmat javasol. Saját vizsgálatainkban az abszopciós maximum a Danbred állatoknál a takarmányok 9,1 g/kg-os lizintartalma esetén jelentkezett. Ez 0,3 g/kg-os eltérést jelent a dán ajánlásban deklarált értékhez képest, amely kis különbségnek tekinthető. Az emészthetőségi vizsgálataimban kapott adatok alapján ez azt jelenti, hogy a dán ajánlásban megfogalmazott lizinszinttel összeállított takarmányok etetése a nyersfehérje emészthetőségének- és ezzel együtt a felszívódás hatékonyságának maximális értékhez közeli alakulását eredményezi. Szükséges megjegyezni, hogy ez csak a Danbred genotípusú állatok esetében helytálló következtetés. A további két genotípus esetében az abszorpciós maximumok 10,0 g/kg lizintartalom mellett voltak mérhetők.

5.1.2 Az aminosavak ileális emészthetősége növendék sertésekben

A vizsgálatainkban, additív formában is használt esszenciális aminosavak (lizin, metionin és treonin) emészthetősége a lizin/energia arány növekedésének –és ezzel együtt a kristályos aminosav kiegészítés– hatására szignifikáns növekedést ($P<0,05$) mutatott mindhárom vizsgált genotípus esetében *(17-19. táblázat)*. Mivel a kristályos aminosavak felszívódása 100%-nak tekinthető (Nørgaard, 2012), ezért a kezelésenként növekvő kristályos aminosavhányad miatt a felszívódás hatékonysága folyamatos növekedést mutatott a kristályos formában is etetett aminosavak (lizin, metionin és treonin) esetében. A vizsgálati eredmények alapján tehát egyértelműen megállapítható, hogy a takarmányok nagy kristályos aminosav-tartalma a kísérleteinkben egyidejűleg „natív” és additív formában is biztosított aminosavak megnövekedett abszorpcióját vonja maga után a nagyobb kristályos aminosavhányad felszívódásából adódóan, genotípustól függetlenül. Ezzel együtt szükséges hangsúlyozni azt is, hogy a kristályos aminosavak hatékonyabb felszívódása ugyan genotípustól független, a fehérje- és aminosav-emésztés maximális értékei genotípusonként eltérőek és az

abszorpciós maximumok a takarmány más-más lizin/energia arányánál állapíthatók meg. Ennek oka feltételezhetően az, hogy a növekedés-, és ezzel együtt a fehérjebeépülés üteme a vizsgált genotípusokban különböző és emiatt a szöveti fehérjeszintézis aminosav-szükséglete is eltéréseket mutat az életkor függvényében.

Az esszenciális, de kristályos formában nem etetett aminosavak (valin, izoleucin, leucin, hisztidin, fenilalanin és tirozin) emészthetősége nem-, vagy csak nagyon kis mértékben javult a Liz/DE arány növelésének hatására és a legtöbb esetben a javulás nem volt statisztikailag igazolható (P>0,05). A nem esszenciális aminosavak esetében (arginin, aszparaginsav, glutaminsav, alanin, szerin, glicin és prolin) ugyancsak ez a tendencia érvényesült a legtöbb esetben, genotípustól függetlenül.

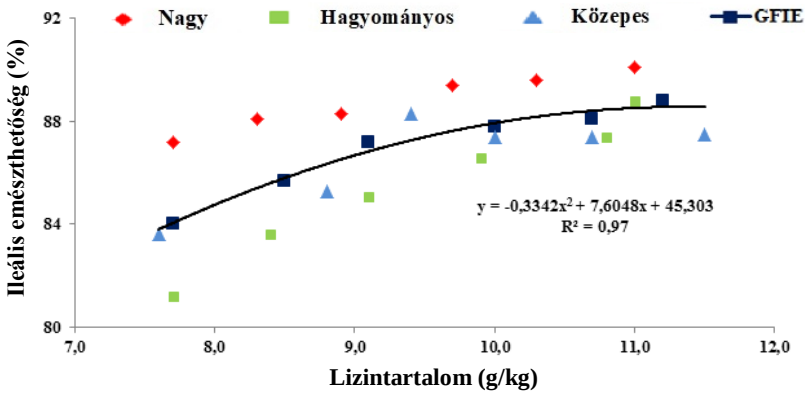


KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

9. ábra: Az összes lizin genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Az esszenciális aminosavak közül az összes lizin ileális emészthetősége javult a kezelések lizin/energia arányának növelésével párhuzamosan *(9. ábra).* Az ileális emészthetőségre, genotípusonként kiszámolt regressziós egyenletek alapján az is megállapítható, hogy a takarmányok lizintartalma és az összes lizin ileális emészthetősége között szoros, polinomiális összefüggés áll fent (R^2 = 0,83-0,97).

Az ileális emészthetőség maximális értékei genotípusonként és a GFIE-hez képest eltéréseket mutatnak *(10., 11. és 12. ábra).* Az összes lizin esetében is érvényes megállapítás, hogy a GFIE *(10. ábra)* a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező sertések esetében túl-, a nagy genetikai potenciállal rendelkező sertések esetében pedig alulértékeli az emésztés hatékonyságát, bár a GFIE és a takarmány Liz/DE-aránya közötti korreláció nagyon szoros (R^2 = 0,97). A *10. ábrán* jól látható, hogy a GFIE a közepes genetikai potenciállal rendelkező Hungahib 39-es állatoknál meglehetősen pontos adatokat szolgáltat a lizin felszívódásáról. Genetikai profilra alapozott takarmányozásnál azonban megítélésem szerint célravezetőbb a GSIE-val történő kalkuláció.



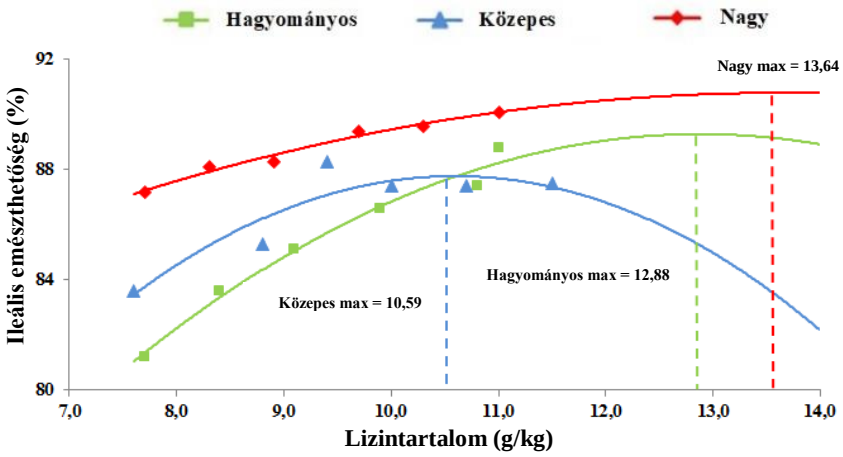
KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

10. ábra: Az összes lizin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Az összes lizin ileális emészthetősége genotípustól függetlenül a takarmányok 11,4 g/kg-os lizin-tartalma (Liz/DE: 0,82) esetén volt a legnagyobb *(12. ábra).* Ehhez a vizsgálataimban beállított F-kezelés állt a legközelebb, amely etetése esetén 88,8%-os GFIE kalkulálható. A regressziós egyenlet segítségével megbecsülhető, hogy a takarmány lizintartalmának további, 1,0 g/kg-al történő növelése már előidézné az összes lizin emészthetőségének romlását. Ez a gyakorlati sertéstakarmányozásban a sertéshízlalás biológiai-, és azon keresztül ökonómiai hatékonyságának romlását idézi elő.

Az összes lizin ileális emészthetőség értékeire (GSIE) illesztett görbe abszorpciós maximuma a közepes genetikai potenciállal rendelkező sertések

esetében (Hungahib 39) még az általunk mért tartományon belül volt. A hagyományos és a nagy genetikai potenciállal rendelkező állatok esetében azonban az összes lizin abszorpciós maximumai csak extrapolálás útján számíthatók ki *(11. ábra).* A lizin ileális emészthetősége tehát ugyancsak genotípusonként differenciált pontokon éri el maximumát.

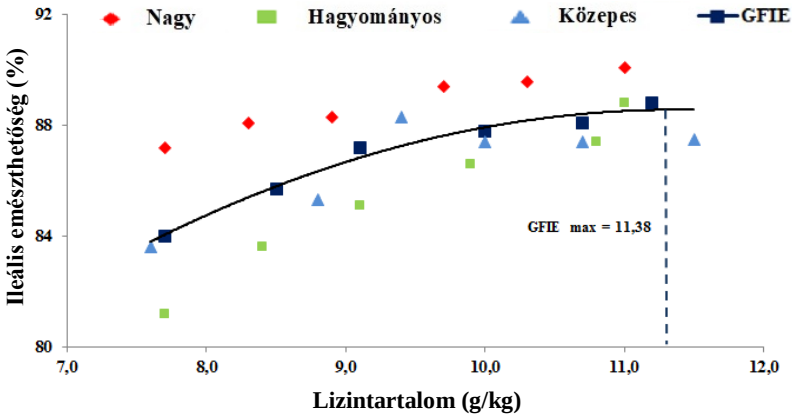


KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

11. ábra: Az összes lizin ileális emészthetőségének maximum értékei különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Zhang és mtsai (2005) növendék sertésekkel beállított emészthetőségi vizsgálataiban 150,0 g/kg nyersfehérje- és 8,1 g/kg összes lizintartalmú kukorica-szója alapú kísérleti takarmányok etetésekor 83,2% látszólagos ileális emészthetőséget mértek. A hagyományos genetikai potenciállal rendelkező sertések esetében illesztett görbét összehasonlítva a szerzők adataival megállapítható, hogy a Zhang és mtsai (2005) által mért lizin-emészthetőség gyakorlatilag megegyezik a saját vizsgálatainkban kapott értékkel annak ellenére, hogy Zhang és mtsai (2005) nagyfehér x lapály állatokkal dolgoztak. Otto és mtsai (2003) a saját kísérletsorozatunkban is használt nagyfehér x lapály x duroc keresztezést vizsgálták. A szerzők a 146,4 g/kg nyersfehérje és 7,0 g/kg lizintartalmú, kukorica-szója alapú takarmányok etetésekor 83,1% látszólagos ileális emészthetőséget állapítottak meg. Saját

vizsgálatainkban ilyen alacsony lizintartalmú takarmányokat nem etettünk, azonban a görbéket extrapolálva megállapítható, hogy ez az érték a közepes genetikai potenciállal rendelkező sertések (Hungahib 39) esetében kapott értékekkel mutatna egyezőséget.

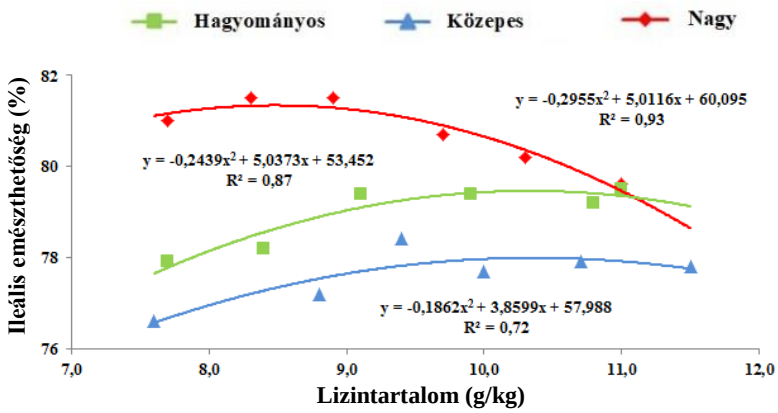


KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

12. ábra: Az összes lizin genotípustól független ileális emészthetőségének (GFIE) maximuma növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

He és mtsai (2016) duroc x lapály x nagyfehér keresztezéssel előállított, növendék és hízósertésekkel beállított kísérletsorozatukban, kukorica-szója alapú takarmányok etetése mellett vizsgálták a nyersfehérje és az aminosavak ileális emészthetőségét a takarmányok nyersfehérje-tartalmának függvényében. A szerzők kísérletében etetett 151,6 g/kg nyersfehérje-tartalmú, 9,7 g/kg lizintartalmú és 0,68 Liz/DE-aránnyal összeállított takarmány etetése mellett kapott eredmények lehetőséget adnak a saját vizsgálatainkban etetett, gyakorlatilag azonos aminosav-tartalommal összeállított C-kezeléssel történő összehasonlításra. He és mtsai (2016) vizsgálataikban 78,4% nyersfehérje emészthetőséget mértek, amely csaknem megegyezik a saját vizsgálatainkban, a nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred állatok esetében mért emészthetőséggel (76,6%). A lizin esetében a szerzők 75,5% ileális emészthetőséget állapítottak meg, amely 12,8%-al elmarad a saját vizsgálatainkban rögzített értéktől (75,5% vs. 88,3%), annak ellenére, hogy a szerzők kísérleti takarmányában a KL/ÖL arány 47,4% volt. A lizin mellett,

több esszenciális aminosav esetében is fennállnak ezek a különbségek (metionin, valin, izoleucin és leucin). Ezen eltérések feltételezhetően a vizsgálatok során alkalmazott eltérő kísérlettechnikai eljárásokkal hozhatók összefüggésbe. He és mtsai (2016) ugyanis –ellentétben a vizsgálatainkba beállított kanülözött sertésekkel– az állatok leölését követően vizsgálták a béltartalom aminosav-tartalmát. A módszer hátrányaként említi Low (1980), hogy az állatok leölésekor fellépő sokkos állapot hatására a bélben mucosa lelökődés történik, ami hatással van a fehérje- és az aminosav-emészthetőség eredményére az endogén aminosavhányad arányának megnövekedése miatt. A szerző szerint emiatt a módszer a nyersfehérje és az aminosavak ileális emészthetőségének megállapítására csak fenntartásokkal használható.



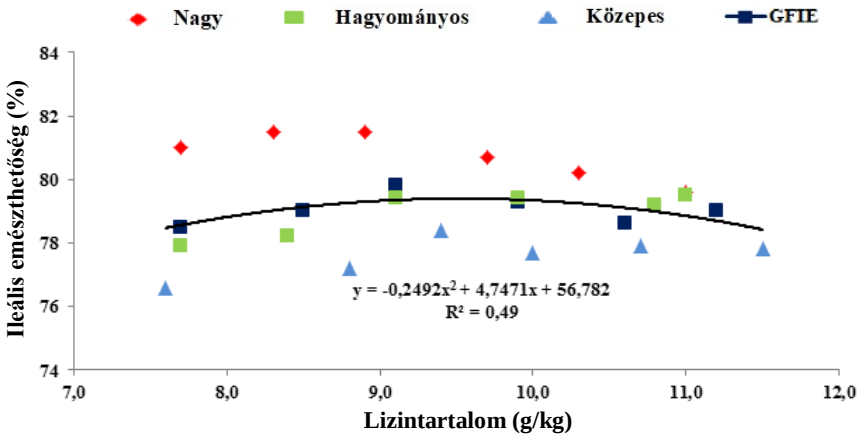
KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

13. ábra: Az összes aminosav genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

A takarmányok összes aminosav-tartalmának emészthetősége a genetikai potenciál-, és a takarmányok lizin/energia arányának függvényében ugyancsak eltéréseket mutat *(13. ábra)*. A hagyományos- és a közepes genetikai potenciállal rendelkező állatok esetében a C-kezelés hatására szignifikánsan megnőtt az összes aminosav ileális emészthetősége az A-kezeléshez képest (P<0,05). A lizin/energia arány további növelésekor nem javult tovább az összes aminosav ileális emészthetősége (P>0,05). A nagy genetikai

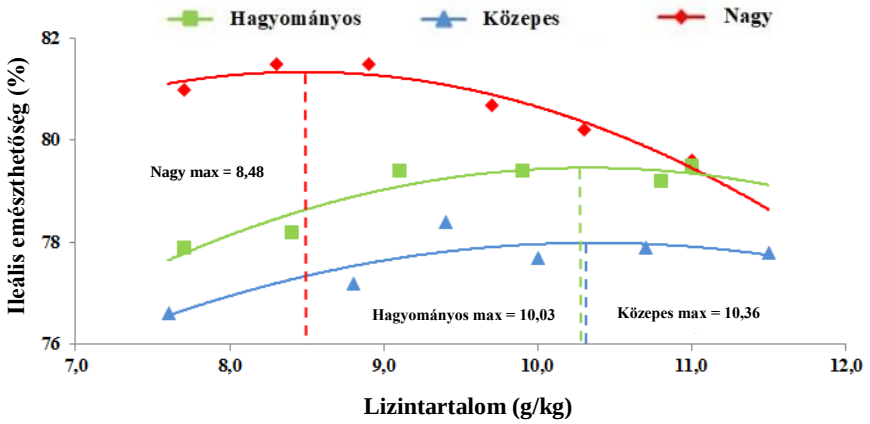
potenciállal rendelkező Danbred állatokban a takarmányok összes aminosav-tartalmának emészthetősége ezzel szemben az E-kezelés és az F-kezelés esetében szignifikánsan kisebb volt az A-, B- és C-kezeléshez viszonyítva ($P<0,05$). A differenciált hatás mellett az egyes genotípusok között lényeges különbségek találhatók az összes aminosav emészthetőségében. Az A-kezelés takarmányának etetésekor az összes aminosav ileális emészthetőségében több mint 4,0% különbség volt a nagy- és a közepes genetikai potenciállal bíró állatok között, de jól elkülönülnek a MNF x ML x Du és a Hungahib 39-es genotípusok esetében mért emészthetőségi értékekre illesztett görbék is *(13. ábra).* A görbék lefutása mindkét genotípus vonatkozásában hasonló, a közepes genetikai potenciállal rendelkező Hungahib 39-es állatoknál azonban kisebb emészthetőséget mértünk, mint a hagyományos genetikai potenciállal bíró MNF x ML x Du genotípusban. A takarmányok Liz/DE-aránya és a takarmányok összes aminosav-tartalmának ileális emészthetősége között is szoros, polinomiális összefüggés állapítható meg (R^2 = 0,72-0,93) minden vizsgált genotípusban.

Az összes aminosav genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) és a takarmányok lizin/energia aránya közötti összefüggés a *14. ábrán* látható. A takarmány lizin/energia aránya és az összes aminosav-tartalom GFIE között közepes polinomiális összefüggést találtunk (R^2 =0,49). A GSIE-re felírt regressziós egyenletek R^2 értékei alapján a takarmányok lizin/energia aránya és az összes aminosav-tartalom ileális emészthetősége között sokkal szorosabb összefüggés áll fenn, ezért a vizsgált genotípusok esetében a GSIE-vel történő kalkuláció ad megbízhatóbb és pontosabb információt az összes aminosav ileális emészthetőségének változásairól. A nyersfehérjéhez és az összes lizinhez hasonlóan az összes aminosav ileális emészthetőségénél a GFIE a különböző genetikai potenciállal rendelkező sertéseknél esetenként alul-, néhány esetben pedig túlértékeli az emészthetőséget. Az összes minosav GSIE esetében a genotípusok közötti különbségek markánsan kimutathatók. Az összes aminosav felszívódásánk maximuma a takarmányok eltérő lizin/energia arányainál van, illetve az egyes genotípusok között különbséget mutat *(15. ábra).* A nagy genetikai potenciállal bíró Danbred hibridekben az összes aminosav abszorpciós maximuma a takarmány 8,5 g/kg lizintartalma mellett jelentkezett (Liz/DE: 0,61). Ez az érték a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező állatokban 10,0 g/kg (Liz/DE: 0,72), a közepes genetikai potenciállal rendelkező hibridekben pedig a takarmány 10,4 g/kg lizintartalmánál (Liz/DE: 0,75) található.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

14. ábra: Az összes aminosav genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)



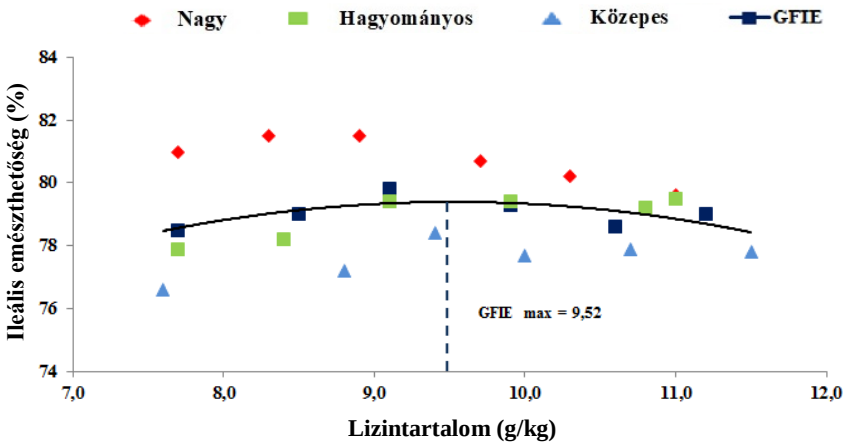
KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

15. ábra: Az összes aminosav ileális emészthetőségének maximális értéke különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Az eltérés a nagy- és a közepes genetikai potenciállal rendelkező sertések között a legnagyobb. Az abszorpciós maximum a Hungahib 39-es, közepes genetikai potenciállal rendelkező állatok esetében 1,9 g/kg-al (18,2%-al) nagyobb lizinszintet jelent a takarmányokban. Megállapítható az is, hogy az összes aminosav maximális ileális emészthetősége a Hungahib 39-es genotípus esetében így is jelentősen elmarad a Danbred genotípusnál mért legnagyobb emészthetőségtől (C-kezelés: 81,5% vs 78,4%).

A hagyományos- és közepes genetikai potenciállal jellemezhető állatok esetében kalkulált abszorpciós maximumok helye közötti különbség ugyanakkor kismértékű (10,0 vs 10,4 g/kg lizintartalom). Ezekhez a pontokhoz a legközelebb a D-kezelés lizintartalma áll, ahol a két genotípus között 1,7% különbséget mértünk az összes aminosav emészthetőségében (79,4% vs 77,7%).

Az összes aminosav GFIE esetében *(16. ábra)* az abszorpciós maximum a takarmányok 9,52 g/kg lizintartalma esetén jelentkezik (Liz/DE: 0,69), ami eltér a vizsgált genotípusok esetében kalkulált GSIE-hez képest. Ebből adódóan a GFIE ez esetben sem ad valós képet az összes aminosav ileális emészthetőségéről a vizsgált genotípusokban.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

16. ábra: Az összes aminosav genotípustól független maximális ileális emészthetősége (GFIE) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Összefoglalva tehát megállapítható, hogy a különböző genetikai potenciállal rendelkező sertésekben a nyersfehérje-, a lizin- és az összes aminosav ileális emészthetőségében jól leírható különbségek vannak. Ezen túlmenően az emészthetőséget a takarmányok Liz/DE aránya is befolyásolja. Az abszorpció maximális hatékonysága (abszorpciós maximum) mindhárom genotípus esetén más-más lizinszintnél található, bár a hagyományos és közepes genetikai potenciállal rendelkező hibridek esetében ezek az értékek egymáshoz nagyon közel állnak.

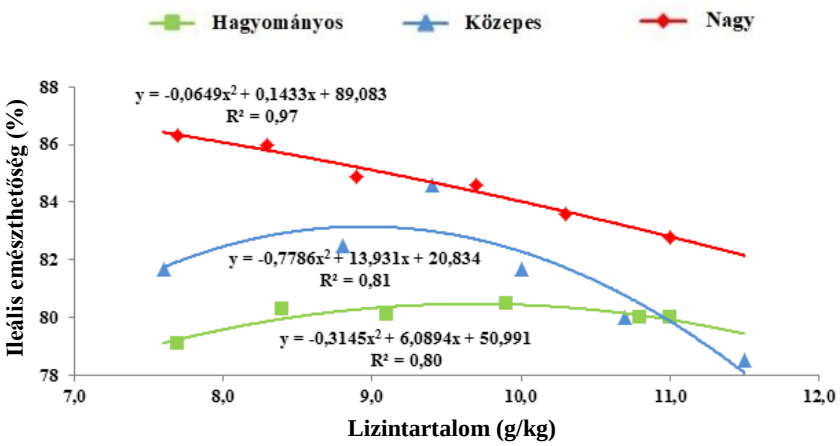
A nagy genetikai potenciállal rendelkező növendék sertések esetében mért markáns eltérések feltételezhetően a Danbred hibridek eltérő növekedési jellemzőire, fehérjebeépítő képességére és azon keresztül különböző nyersfehérje-, valamint aminosav-szükségletére vezethetők vissza. Mindezek mellett a takarmányok kristályos aminosav/fehérjében kötött aminosav-tartalmának aránya is befolyásoló tényezőként vehető számításba a GSIE-re nézve. Ezt a kérdéskört a következő fejezetben részletesen tárgyalom.

5.1.3 Az összes és a fehérjében kötött aminosavak ileális emészthetősége növendék sertésekben

A gyakorlati sertéstakarmányozásban az ideális fehérje elv alkalmazása ma már általánosnak tekinthető. A táplálóanyagszükségleti ajánlásokban megfogalmazott aminosavszintek, és ezek egymáshoz viszonyított arányának beállítása ugyancsak megszokott eljárás. A takarmányreceptúrák összeállítása során azonban a fehérjekötésben található, (PBAA/Protein Bound Amino Acids) és a kristályos formában (CAA/Crystalline Amino Acids) felhasznált aminosavak felszívódásának különbözőségeit még csak kismértékben veszik figyelembe. A takarmányok formulázása során kizárólagos kívánalom az adott korú, ivarú, hasznosítási irányú és genotípusú állatok számára az előírt emészthetőaminosav-szintek biztosítása, arra azonban ma még egyetlen ajánlás sem tér ki célzottan, hogy milyen arányú legyen adott aminosav esetében a PBAA/CAA arány. A deklarált nyersfehérje-tartalmak a helyes fehérjében kötött/kristályos aminosavarány beállítását elősegíthetik, azonban már több olyan ajánlás is hozzáférhető, amelyek ajánlott nyersfehérje-tartalmat egyáltalán nem adnak meg (Topigs Feeding Manual, 2012).

A megfelelő PBAA/CAA arány meghatározása azért lenne fontos, mert a szakirodalomban több szerző eredményei is rávilágítanak arra, hogy az eltérő forrásból származó aminosavak felszívódása más-más hatásfokkal, különböző energia-felhasználással és változó gyorsasággal megy végbe (Chung és Baker, 1992; Colina, 2002; Trottier, 2004; Yen és mtsai, 2004; Nørgaard, 2012). Ezek

a különbségek az emészthetőségen keresztül jelentős mértékben befolyásolhatják az állatok teljesítményét is.
Szükséges kiemelni, hogy a szakirodalom a takarmányokban egyidejűleg fehérjében kötött és kristályos formában is jelen levő aminosavak felszívódásának változásait sem tárgyalja részletekbe menően, csupán a kristályos aminosavak emészthetőségre gyakorolt pozitív hatásáról tesz említést. Ezen fejezet keretein belül ezért a takarmányok összes-, és fehérje kötésben található aminosav-tartalmának emészthetőségét külön-külön is bemutatjuk.

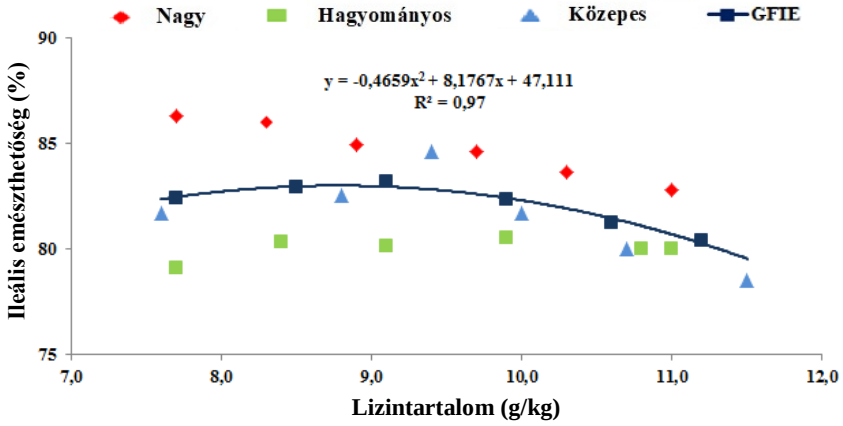


KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

17. ábra: A fehérjében kötött lizin genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) külöböző genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

A takarmányok fehérjében kötött lizintartalmának ileális emészthetőségét megvizsgálva *(17. és 18. ábrák)* általánosságban elmondható, hogy a lizin/energia arány növekedése a fehérjekötésben található lizin emészthetőségének statisztikailag igazolható csökkenését, vagy stagnálását idézte elő a vizsgált genotípusokban (P<0,05). Az általánosan leírt csökkenő vagy stagnáló tendenciákon túl azonban, genotípusonként differenciált változásokól van szó, ezért ezen specifikus változások a GSIE-vel írhatók le pontosan *(17. ábra)*.

A genotípus specifikus különbözőségek nem csak a lizin esetében, hanem a vizsgálatainkban egyidejűleg kristályos- és fehérjében kötött formában is megtalálható egyéb aminosavak (metionin, treonin) vonatkozásában is fennállnak. Az eredményeket röviden, genotípus specifikus (GSIE) bontásban összefoglalva a *20. táblázat* mutatja be. Az egyes aminosavak kristályos- és fehérjében kötött részének alakulását genotípustól független (GFIE) bontásban pedig a *19-21. ábrák* szemléltetik.
Megállapítható az is, hogy a GFIE a különböző genetikai potenciálú sertések aminosav emésztésének speciális jellegzetességeit a fehérjekötésben található aminosav emészthetőség esetében sem írja le pontosan *(18. ábra)*.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

18. ábra: A fehérjében kötött lizin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

A lizin, a metionin és a treonin esetében azonban egyértelműen kimutatható volt a lizintartalom növekedésének hatására bekövetkező, genotípustól független emészthetőség (GFIE) javulása *(19-21. ábra)*. Eredményeink a szakirodalomban leírtakkal szinkronban vannak (Leibholz és mtsai, 1986; Sato és mtsai, 1987; Izquierdo és mtsai, 1988; Chung és Baker, 1992; Buraczewska és Swiech, 2000; Colina, 2002; Trottier, 2004; Yen és mtsai, 2004; Nørgaard, 2012).

20. táblázat: Az összes és a fehérjekötésben található aminosavak ileális emészthetősége (GSIE) különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Táplálóanyag	K E Z E L É S E K [1, 2]						RMSE
	A	B	C	D	E	F	
	HAGYOMÁNYOS GENETIKAI POTENCIÁL (MNF x ML x Du)						
Szárazanyag	73,8^{a}	73,8^{a}	73,9^{a}	73,6^{a}	73,2^{ab}	72,7^{b}	0,9
Nyersfehérje	73,3^{a}	74,5^{ab}	74,7^{ab}	74,4^{ab}	74,5^{ab}	74,8^{b}	1,5
Lizin (összes)	81,2^{a}	83,6^{b}	85,1^{c}	86,6^{d}	87,4^{d}	88,8^{e}	1,0
Lizin (fehérjében kötött)	79,1	80,3	80,1	80,5	80,0	80,0	1,3
Metionin (összes)	85,9^{a}	86,0^{a}	87,3^{b}	90,2^{c}	91,3^{cd}	91,9^{d}	1,3
Metionin (fehérjében kötött)	85,9^{a}	85,3^{a}	83,8^{b}	83,3^{b}	83,0^{bc}	81,6^{c}	1,6
Treonin (összes)	69,3^{a}	71,2^{b}	77,3^{c}	77,6^{c}	77,6^{c}	77,8^{c}	1,9
Treonin (fehérjében kötött)	69,3^{ab}	71,2^{b}	75,4^{c}	73,3^{d}	70,7^{b}	68,7^{a}	2,0
	KÖZEPES GENETIKAI POTENCIÁL (HUNGAHIB 39)						
Szárazanyag	71,7^{a}	73,5^{b}	73,7^{b}	73,1^{b}	73,4^{b}	73,2^{b}	0,8
Nyersfehérje	72,2^{a}	73,6^{ab}	74,5^{b}	74,1^{b}	73,9^{b}	73,5^{ab}	1,4
Lizin (összes)	83,6^{a}	85,3^{b}	88,3^{c}	87,4^{c}	87,4^{c}	87,5^{c}	1,4
Lizin (fehérjében kötött)	81,7^{ab}	82,5^{ac}	84,6^{c}	81,7^{ab}	80,0^{db}	78,5^{d}	2,1
Metionin (összes)	80,3^{a}	80,7^{ab}	81,3^{ab}	83,1^{bc}	84,1^{c}	87,8^{d}	2,5
Metionin (fehérjében kötött)	80,3^{a}	79,9^{ab}	76,7^{bc}	74,4^{cd}	71,2d^{e}	69,4^{e}	3,2
Treonin (összes)	70,9^{a}	71,1^{a}	74,3^{b}	76,1^{bc}	76,9^{c}	77,2^{c}	2,0
Treonin (fehérjében kötött)	70,9^{ab}	71,1^{ab}	72,1^{b}	71,6^{ab}	69,8^{ac}	67,9^{c}	2,3
	NAGY GENETIKAI POTENCIÁL (DANBRED)						
Szárazanyag	73,2^{a}	73,3^{a}	73,8^{a}	73,3^{a}	73,4^{a}	73,4^{a}	0,6
Nyersfehérje	75,0^{ab}	75,8^{ad}	76,6^{d}	76,2^{cd}	75,2^{cb}	74,1^{a}	1,1
Lizin (összes)	87,2^{a}	88,1^{b}	88,3^{b}	89,4^{c}	89,6^{cd}	90,1^{d}	0,7
Lizin (fehérjében kötött)	86,3^{a}	86,0^{a}	84,9^{b}	84,6^{b}	83,6^{c}	82,8^{c}	0,9
Metionin (összes)	87,8^{a}	88,8^{b}	89,0^{b}	91,3^{c}	92,2^{d}	92,9^{e}	0,6
Metionin (fehérjében kötött)	86,8^{a}	86,2^{ba}	85,5^{bc}	85,5^{bc}	84,8^{dc}	84,4^{d}	0,8
Treonin (összes)	74,6^{a}	75,0^{a}	75,4^{ba}	76,4^{bc}	76,8^{c}	77,6^{c}	1,3
Treonin (fehérjében kötött)	74,6^{a}	75,0^{a}	73,1^{b}	71,4^{c}	69,1^{d}	67,7^{d}	1,5

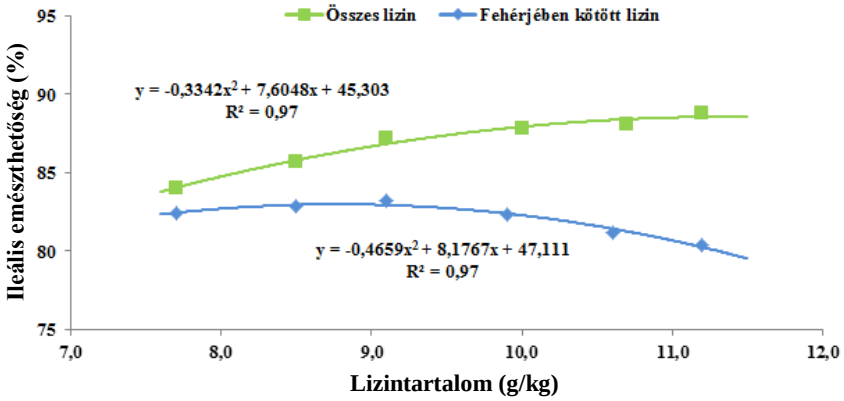
[1] Lizintartalom (g/kg): A: 7,7; B: 8,4; C: 9,4; D: 10,2; E: 11,0; F: 11,3

[2] Liz/DE arány: A: 0,55; B: 0,61; C: 0,68; D: 0,74; E: 0,80; F: 0,82

RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c, d, e: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

Ezzel együtt szükséges azt is kiemelni, hogy a takarmányok lizin/energia arányának növekedésével, –amelyet a kísérleti takarmányokban a KL/ÖL arány növelésével értünk el– csökkent a fehérjekötésben található aminosavak emészthetősége. A takarmányok növekvő lizintartalma a és a fehérjében kötött aminosavak ileális emészthetősége között tehát szoros, negatív korreláció áll fenn (R^2=0,93-0,99) abban az esetben, ha a takarmányokban kristályos aminosavakat is használunk.



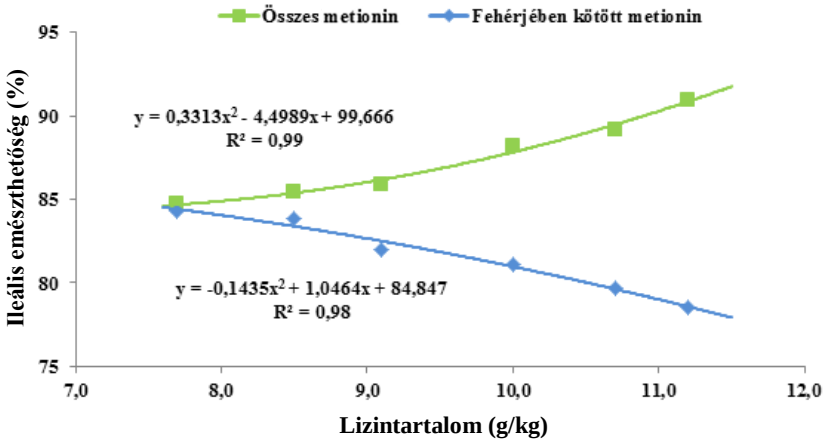
KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

19. ábra: Az összes és a fehérjében kötött lizin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

A fehérjekötésben található aminosavhányad emészthetőségének csökkenése a kristályos-, és a „natív" forma eltérő abszorbciós fázisaira vezethető vissza. A takarmánykomponensek fehérjében kötött aminosav-tartalma a kristályos aminosavaktól lassabban, és rosszabb hatásfokkal szívódik fel (Yen és mtsai, 2004).

A nyersfehérje-emésztés F-kezelés hatására bekövetkező statisztikailag igazolható romlása –amelyet az előző fejezetben már tárgyaltunk a Danbred állatok esetében– valószínűsíthetően erre a jelenségre vezethető vissza.

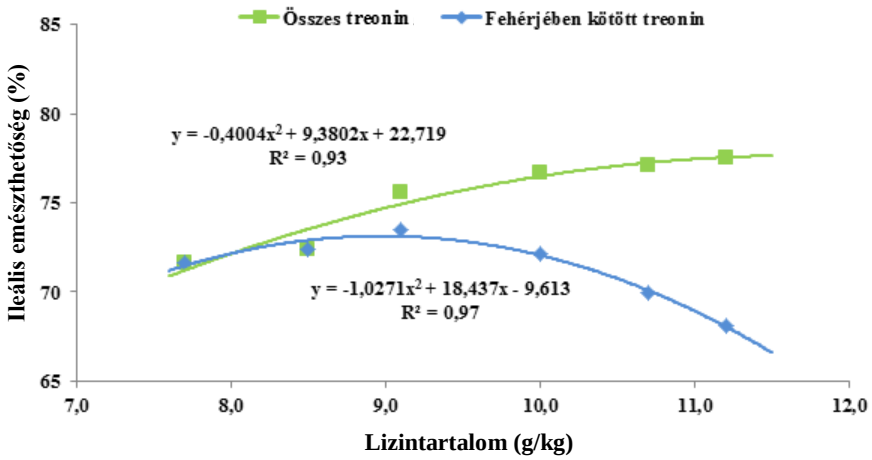
A lassabban felszívódó, natív formában felvett aminosavak ileális emészthetősége a nem abszorbeálódott, fehérjében kötött aminosavak megnövekedett mennyisége okán lecsökken, ami azt eredményezi, hogy azok emésztetlen formában a postileális bélszakaszba kerülnek.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

20. ábra: Az összes és a fehérjében kötött metionin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

A globálisan megjelenő, egészséges életmódra és táplálkozásra való törekvések a sertéstakarmányozási stratégiákra is hatást gyakorolnak. Az antibiotikum-mentes sertéshús előállítása napjaink kiemelt feladata és ennek keretein belül a kutatások egyre nagyobb jelentőséget tulajdonítanak az állatok egészséges emésztőkészülékének és az olyan takarmányozási koncepciók alkalmazásának, amelyekkel minimalizálhatók az állatok emésztőszervi megbetegedései. A nyersfehérje emésztése és az aminosavak felszívódása az állatok emésztőkészülékének egészsége szempontjából kritikus tényezőként jöhet szóba (Ball és Aherne, 1987; Wellock és mtsai, 2008; Heo és mtsai, 2009). Ennek oka, hogy a vastagbélbe jutó emésztetlen fehérjék (az endogén hányadot is beleértve) bakteriális fermentációja következtében olyan toxikus metabolitok keletkeznek, amelyek károsítják a bélhámsejteket és elősegítik az enterális rendellenességek, például a malacok választást követő hasmenésének előfordulását (Jha, 2016). Emellett néhány potenciálisan mérgező anyagcseretermék, például ammónia és amin (Cone és mtsai, 2005), valamint kedvezőtlen hatású vegyületek, szkatol és indol szintén keletkezhet (Jensen és mtsai, 1995).



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,7	8,4	9,4	10,2	11,0	11,3
Liz/DE arány:	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,74**	**0,80**	**0,82**
KL/ÖL arány (%):	9,1	19,0	27,7	37,3	44,5	53,1

21. ábra: Az összes és a fehérjében kötött treonin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

A fehérjében kötött aminosavak ileális emészthetőségének romlása azt jelzi, hogy a csípőbél végéig felszívódott hányaduk lecsökkent, azaz a vastagbélbe jutott emésztetlen hányaduk potenciális szubsztrátja a bakteriális fermentációnak, amely a béltraktus egészségi állapotát kedvezőtlenül befolyásoló anyagok keletkezését idézi elő.

Megállapítható, hogy minél nagyobb a kristályos aminosav-kiegészítéssel elért Liz/DE arány, annál nagyobb mértékű a fehérjében kötött aminosav hányad emészthetőségének csökkenése. A takarmányozás intenzitásának növelésével egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetni a takarmányok megfelelő nyersfehérje-szintjeinek beállítására (csökkentésére), ellenkező esetben az enterális rendellenességek előfordulása gyakoribbá válhatnak. A takarmányfehérje bakteriális fermentációja ökonómiai és ökológiai szempontból sem kívánatos folyamat, ezért a kristályos aminosav-kiegészítés nem csak lehetőséget ad a takarmányok nyersfehérje-tartalmának csökkentésére, hanem megköveteli azt.

5.1.4 A nyersfehérje ileális emészthetősége hízósertésekben

A különböző genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekkel (60-110 kg) beállított kísérletsorozat eredményeit a *21-23. táblázat* foglalja össze. A nyersfehérje ileális emészthetőségének összehasonlító elemzése a *22-25.*

ábrákon látható genotípus specifikus (GSIE), és genotípustól független (GFIE) bontásban.

A nyersfehérje ileális emészthetősége esetében megállapítható, hogy azt a különböző genetikai potenciállal rendelkező állatokban a takarmányok lizin/energia aránya különböző módon befolyásolja.

A nyersfehérje emészthetősége a MNF x ML x Du, hagyományos genetikai potenciállal rendelkező állatok esetében *(21. táblázat)* a B-kezelés etetése mellett érte el maximumát (74,8%). A további kezelések hatására az ileális emészthetőség minden esetben kisebb volt a B-kezelés esetében mért értékhez viszonyítva (P<0,05). Ezzel szemben, a közepes genetikai potenciállal rendelkező Hungahib 39-es genotípusban *(22. táblázat)* a nyersfehérje ileális emészthetősége egyik kezelés hatására sem változott meg szignifikánsan (P>0,05). A nagy genetikai potenciállal rendelkező, Danbred (DNF x DL x Du) állatokban *(23. táblázat)* a nyersfehérje ileális emészthetősége a C-kezelésben volt a legnagyobb (P<0,05). A további kezelésekben az ileális emészthetőség a C-kezeléshez képest nem mutatott statisztikailag igazolható változást (P>0,05).

He és mtsai (2016) duroc x lapály x nagyfehér keresztezéssel előállított hízósertésekkel beállított kísérletsorozatukban, kukorica-szója alapú takarmányok etetése mellett vizsgálták a nyersfehérje és az aminosavak ileális emészthetőségét a takarmányok nyersfehérje-tartalmának függvényében, a 60-110 kg-os élősúly intervallumban. A szerzők kísérletében etetett 16,3% nyersfehérje-tartalmú, 7,2 g/kg lizintartalmú és 0,50 Liz/DE-aránnyal összeállított takarmány etetésekor mért eredmények lehetőséget adnak a saját vizsgálatainkban etetett, csaknem azonos aminosav-tartalommal összeállított takarmány etetése mellett megállapított adatokkal történő összehasonlításra.

Ezek szerint He és mtsai (2016) vizsgálataiban a nyersfehérje emészthetősége 77,0% volt, amely meghaladja a nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred állatok esetében kapott emészthetőséget (73,1%). A lizin esetében a szerzők 78,9% ileális emészthetőséget állapítottak meg, amely 8,1%-al több ileális lizin ürítést feltételez, mint a saját vizsgálatainkban kapott érték (78,9% vs. 87,0%). A lizin mellett, több esszenciális aminosav esetében is fennállnak ezek a különbségek (metionin, valin, izoleucin, leucin), amelyek feltételezhetően a növendék sertések esetében már leírt, eltérő kísérlettechnikai eljárások alkalmazásával és a post mortem módszert potenciálisan terhelő hibákkal magyarázhatók.

21. táblázat: A nyersfehérje és az aminosavak genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) hagyományos genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekben (%)

HAGYOMÁNYOS GENETIKAI POTENCIÁL (MNF x ML x Du) 60-110 kg							
Táplálóanyag	**K E Z E L É S E K[1, 2]**						**RMSE**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
Szárazanyag	72,0[a]	74,1[b]	73,2[ac]	73,8[bc]	73,5[abc]	73,0[a]	0,6
Nyersfehérje	72,8[a]	74,8[b]	73,6[a]	73,8[a]	71,5[c]	71,5[c]	1,0
Esszenciális aminosavak							
Lizin	84,8[a]	87,8[b]	88,2[bc]	88,7[c]	88,6[c]	88,7[c]	0,6
Metionin	85,6[a]	88,3[b]	88,9[b]	90,9[c]	91,4[cd]	91,8[d]	0,7
Cisztin	72,4[a]	74,1[a]	73,6[a]	70,2[b]	69,7[bc]	68,0[c]	1,8
Metionin+ cisztin	79,6[a]	82,2[b]	82,8[b]	84,0[c]	84,3[c]	85,2[d]	0,8
Treonin	65,2[a]	72,1[b]	74,2[c]	75,6[d]	77,0[e]	79,5[f]	1,2
Valin	71,5[a]	74,3[b]	72,4[a]	72,3[a]	72,8[ab]	70,9[a]	1,9
Leucin	80,7[ab]	82,5[c]	81,6[ac]	81,6[ac]	80,2[b]	78,9[d]	1,2
Izoleucin	73,8[a]	77,0[b]	76,6[b]	75,5[b]	72,9[ac]	71,9[c]	1,6
Hisztidin	79,3[ab]	80,0[ab]	80,1[b]	80,8[b]	80,5[b]	78,3[a]	1,7
Fenilalanin	79,5[a]	83,3[b]	80,2[a]	79,9[a]	78,2[c]	77,4[c]	1,2
Tirozin	69,7[ab]	72,8[c]	71,2[ac]	71,3[ac]	70,5[ab]	68,7[b]	1,8
Nem esszenciális aminosavak							
Arginin	90,0[a]	90,7[a]	88,8[b]	87,7[c]	87,1[c]	87,5[c]	0,7
Aszparaginsav	74,5[a]	76,6[b]	76,9[b]	76,4[b]	74,4[ac]	72,8[c]	1,5
Glutaminsav	82,1[a]	84,1[b]	82,4[a]	81,8[ac]	81,8[ac]	80,9[c]	1,0
Alanin	69,8[ab]	73,6[c]	72,3[cd]	70,8[bd]	70,1[ab]	68,6[a]	1,8
Szerin	76,4[ab]	79,2[c]	77,5[b]	76,8[ab]	75,8[a]	74,0[d]	1,3
Glicin	59,4[ab]	63,7[c]	62,9[cd]	61,2[bd]	57,8[a]	55,4[e]	2,2
Prolin	73,8[a]	76,1[b]	72,6[ac]	72,3[ac]	72,0[ac]	70,8[c]	2,1
ÖSSZES AMINOSAV[3]	**76,9[a]**	**79,7[b]**	**78,5[c]**	**78,3[cd]**	**77,5[ad]**	**76,9[a]**	0,8

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,3; B: 8,2; C: 8,6; D: 9,2; E: 9,8; F: 11,4
2 Liz/DE arány: A: 0,53; B: 0,60; C: 0,63; D: 0,68; E: 0,72; F: 0,83
3 Triptofán nélkül
RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke
a, b, c, d, e, f: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

González-Vega és Stein (2012) vizsgálataikban nagyfehér x lapály vonalak keresztezésével előállított ártányokon vizsgálták a nyersfehérje ileális emészthetőségét, különböző fehérjeforrások felhasználásával összeállított

takarmányok etetése mellett. A 158,0 g/kg nyersfehérje- és 9,9 g/kg lizintartalmú kukoricakeményítő-szója alapú kísérleti takarmány etetésekor a szerzők 71,1% nyersfehérje és 81,5% lizin emészthetőséget mértek.

22. táblázat: A nyersfehérje és az aminosavak genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) közepes genetikai potenciállal rendelkező hízó sertésekben (%)

KÖZEPES GENETIKAI POTENCIÁL (HUNGAHIB 39) 60-110 kg							
Táplálóanyag	**K E Z E L É S E K[1, 2]**						**RMSE**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
Szárazanyag	72,6[ab]	73,2[bc]	74,3[d]	73,9[cd]	72,8[ab]	71,9[a]	0,8
Nyersfehérje	72,2	73,5	73,6	73,2	73,2	73,4	1,4
Esszenciális aminosavak							
Lizin	83,4[a]	85,4[b]	87,1[c]	87,2[c]	88,3[d]	88,8[d]	0,9
Metionin	86,5[a]	89,0[b]	90,5[b]	92,2[d]	92,9[d]	92,9[d]	1,1
Cisztin	75,4[a]	75,6[a]	79,8[b]	76,9[ab]	74,5[a]	77,1[ab]	3,8
Metionin+ cisztin	81,3[a]	83,6[b]	86,4[c]	86,7[cd]	87,1[cd]	88,3[d]	1,6
Treonin	66,9[a]	70,9[b]	73,9[c]	75,6[c]	78,3[d]	79,3[d]	1,8
Valin	74,0[abc]	74,2[ab]	74,8[b]	72,8[acd]	72,5[cd]	71,7[d]	1,4
Leucin	82,2[ab]	82,2[ab]	83,0[b]	81,3[ac]	81,0[ac]	80,3[c]	1,2
Izoleucin	77,6[abc]	77,9[ab]	78,2[b]	76,8[ac]	76,6[c]	75,3[d]	1,1
Hisztidin	81,6	81,1	81,4	81,2	81,3	81,9	1,7
Fenilalanin	81,8[a]	81,7[a]	82,1[a]	81,3[ab]	81,3[ab]	80,6[b]	1,0
Tirozin	66,9[a]	69,3[ab]	69,8[b]	68,7[ab]	68,2[ab]	68,8[ab]	2,5
Nem esszenciális aminosavak							
Arginin	91,1[a]	91,1[a]	91,7[a]	91,1[a]	90,2[b]	89,3[c]	1,6
Aszparaginsav	75,0[ab]	75,3[ab]	75,9[b]	74,6[ab]	74,5[ab]	74,2[a]	1,5
Glutaminsav	84,0	84,0	84,0	83,4	83,6	83,6	1,0
Alanin	70,8	71,3	71,1	69,7	69,8	69,4	1,9
Szerin	77,9[a]	77,1[abc]	77,8[ab]	76,5[bc]	76,3[c]	77,8[ab]	1,3
Glicin	55,7[ab]	58,1[b]	58,4[b]	56,7[ab]	57,7[ab]	54,3[b]	3,2
Prolin	26,9[a]	43,1[cb]	44,0[c]	51,3[d]	45,3[c]	37,3[b]	5,5
ÖSSZES AMINOSAV[3]	**74,4[a]**	**76,5[b]**	**77,2[b]**	**77,1[b]**	**76,9[b]**	**76,3[b]**	1,1

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,3; B: 8,2; C: 8,6; D: 9,2; E: 9,8; F: 11,4

2 Liz/DE arány: A: 0,53; B: 0,60; C: 0,63; D: 0,68; E: 0,72; F: 0,83

3 Triptofán nélkül

RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c, d : A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

23. táblázat: A nyersfehérje és az genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) nagy genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekben (%)

NAGY GENETIKAI POTENCIÁL (DANBRED) 60-110 kg							
Táplálóanyag	**K E Z E L É S E K[1, 2]**						**RMSE**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
Szárazanyag	72,6[a]	73,3[ab]	74,0[b]	73,5[ab]	73,3[ab]	72,7[a]	0,8
Nyersfehérje	73,1[a]	73,7[ab]	74,5[b]	73,9[ab]	73,7[ab]	73,8[ab]	1,2
Esszenciális aminosavak							
Lizin	87,0[a]	87,2[a]	88,1[b]	89,3[c]	89,7[cd]	90,2[d]	0,6
Metionin	85,6[a]	86,3[ab]	87,5[b]	90,0[c]	91,6[d]	92,3[d]	1,2
Cisztin	74,8[a]	77,3[b]	76,5[bc]	76,0[ac]	73,6[d]	73,5[d]	1,1
Metionin+ cisztin	80,2[a]	82,0[b]	82,7[b]	84,4[c]	85,0[c]	86,2[d]	1,0
Treonin	73,4[a]	74,4[a]	76,5[b]	78,1[c]	78,9[cd]	79,8[d]	1,2
Valin	74,2[a]	72,7[ab]	72,1[bc]	71,7[bc]	70,4[cd]	69,5[d]	1,9
Leucin	84,0[a]	81,2[b]	80,9[b]	80,8[b]	80,5[b]	80,0[b]	1,2
Izoleucin	78,1[a]	76,8[ab]	76,7[ab]	76,1[bc]	75,8[bc]	74,8[c]	1,5
Hisztidin	83,6[a]	81,5[b]	81,8[b]	80,0[b]	80,2[b]	80,4[b]	1,7
Fenilalanin	82,3[a]	81,7[ab]	81,4[ab]	80,8[bc]	80,0[c]	79,7[c]	1,2
Tirozin	68,8[ab]	69,2[ab]	71,2[b]	68,9[ab]	68,0[a]	66,6[a]	2,5
Nem esszenciális aminosavak							
Arginin	91,7	92,2	92,5	91,8	91,6	91,7	1,9
Aszparaginsav	76,2[a]	75,8[a]	75,3[a]	75,3[a]	74,8[a]	73,0[b]	1,4
Glutaminsav	85,4[a]	85,8[a]	85,1[a]	83,9[b]	83,5[b]	81,7[c]	1,1
Alanin	73,7[a]	73,5[ab]	72,7[ab]	72,5[ab]	71,8[bc]	70,7[c]	1,6
Szerin	79,7[a]	79,1[a]	78,9[a]	78,5[ab]	77,0[b]	75,1[c]	1,5
Glicin	62,3[a]	64,6[ab]	65,7[b]	63,6[ab]	63,7[ab]	58,7[c]	2,5
Prolin	63,4[a]	77,9[b]	75,6[c]	74,3[cd]	72,1[de]	71,5[e]	2,2
ÖSSZES AMINOSAV[3]	**79,0[ab]**	**80,2[c]**	**79,7[ac]**	**79,2[ab]**	**79,0[ab]**	**78,4[b]**	0,9

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,3; B: 8,2; C: 8,6; D: 9,2; E: 9,8; F: 11,4

2 Liz/DE arány: A: 0,53; B: 0,60; C: 0,63; D: 0,68; E: 0,72; F: 0,83

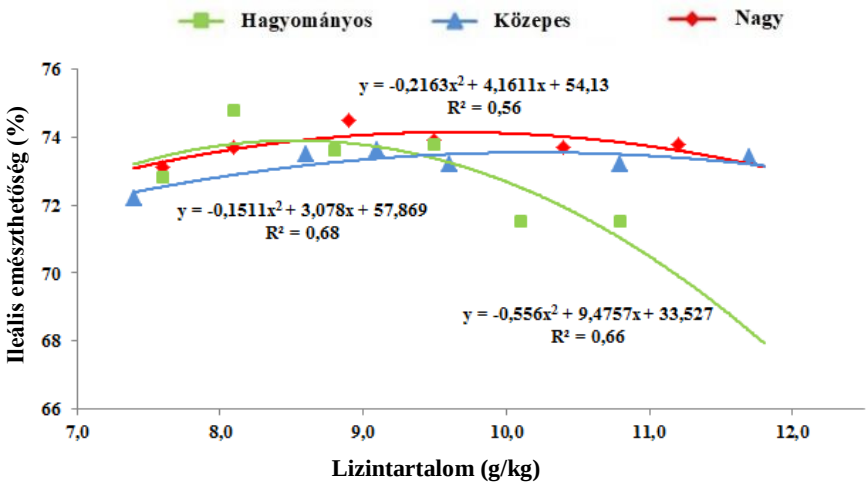
3 Triptofán nélkül

RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c, d ,e: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

Saját vizsgálatainkban az E-kezelés lizintartalma (9,8 g/kg) állt a legközelebb a szerzők által etetett kísérleti takarmányéhoz. Az E-kezelés etetése mellett, a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező sertésekben csaknem megegyező, 71,5% ileális emészthetőséget mértünk, az esszenciális

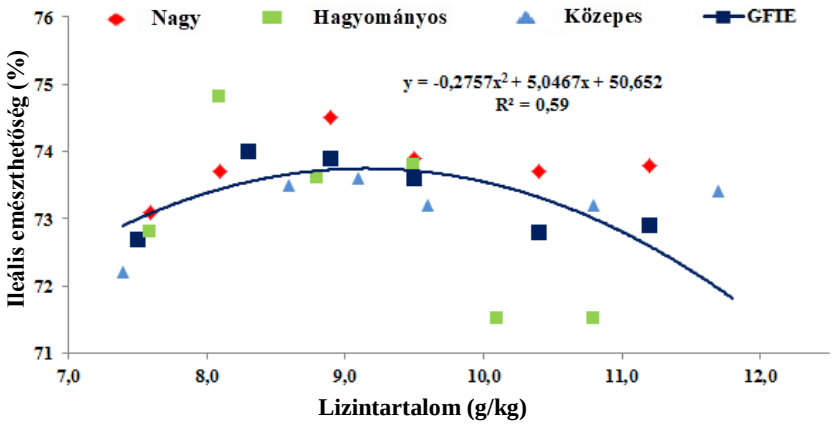
aminosavak esetében azonban a legtöbb esetben nagyobb értékeket rögzítettünk, mint González-Vega és Stein (2012). A lizin esetében 7,1%-al (81,5% vs. 88,6%), a metioninnál 6,9%-al (84,5% vs. 91,4%), a treoninnál pedig 1,5%-al (75,5% vs. 77,0%) nagyobb emészthetőséget mértünk a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekben. A közepes és a nagy genetikai potenciállal rendelkező hibridek adatait összevetve González-Vega és Stein (2012) eredményeivel megállapítható, hogy az eltérések ezekben az esetekben is jelentősek. Ennek magyarázata az lehet, hogy a szerzők fehérjeforrásként kizárólag szóját használtak a kísérleti takarmány összeállításakor, azaz takarmányozási koncepciójuk csak a fehérjekötésben található aminosavakra épült. Ezzel szemben a saját vizsgálatainkban etetett, szinte megegyező aminosav-tartalmú takarmány (E-kezelés) 62,2% mennyiségben tartalmazott kristályos lizint, amely következtében a lizin ileális abszorpciója hatékonyabbá vált. A metionin és a treonin felszívódása minden kétséget kizáróan azért mutatott kisebb javulást, mert vizsgálatainkban ezekből az aminosavakból kisebb mennyiséget használtunk fel kristályos formában. A kristályos aminosavak abszorpciót javító hatása ezen eredmények alapján is megkérdőjelezhetetlennek tűnik.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

22. ábra: A nyersfehérje genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) különböző genetikai potenciállal rendelkező hízó sertésekben (60-110 kg) (%)

A takarmányok növekvő lizin/energia arányának kisebb hatása van a nyersfehérje ileális emészthetőségére a hízlalás második szakaszában, amit megerősítenek a illesztett regressziós egyenletek is *(22. és 23. ábra)*. Ezek azt mutatják, hogy a nyersfehérje genotípus specifikus- (GSIE), és genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE), valamint a takarmányok lizin/energia aránya között a hízlalás második szakaszában az összefüggés csak közepesen erős (R^2 = 0,56-0,68).

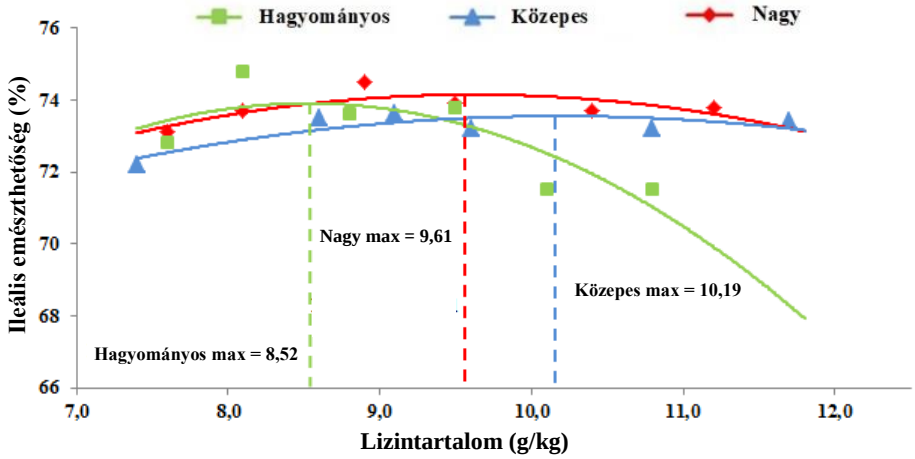


KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

23. ábra: A nyersfehérje genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) hízósertésekben (60-110 kg) (%)

A nyersfehérje GSIE maximumát ábrázolva jól látható, hogy csak kismértékű különbséget találunk az emészthetőségi értékekben *(24. ábra)*. Az ileális emészthetőség ezeken a pontokon minden vizsgált genotípusnál 73-74% közötti. Az abszorpciós maximumok helyeit kiszámolva azonban megállapítható, hogy azok a hízlalás második szakaszában is a takarmányok eltérő lizintartalmánál találhatók a különböző genotípusokban.

A nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred állatokban az abszorpciós maximum a 9,61 g/kg lizintartalomnál van (Liz/DE: 0,69). Ez a kísérleti takarmányaink közül az D-kezeléshez áll a legközelebb. A hagyományos genetikai potenciállal bíró MNF x ML x Du sertésekben ezzel szemben az abszorpciós maximum a takarmány 8,52 g/kg lizintartalma mellett (Liz/DE: 0,61) volt mérhető, amely a legkisebb érték volt a vizsgált genotípusok közül. Ez a kísérleti takarmányok közül a C-kezeléshez áll a legközelebb.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

24. ábra: A nyersfehérje genotípus specifikus ileális emészthetőségének (GSIE) maximumai különböző genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekben (60-110 kg) (%)

A Hungahib 39-es hibridekben az abszorpciós maximum 10,19 g/kg lizintartalmú (Liz/DE: 0,74) takarmány etetése mellett realizálódott, ami a vizsgálatainkban etetett kísérleti takarmányok közül az E-kezelés értékeihez közelít.

A nyersfehérje GFIE maximumát *(25. ábra)* összehasonlítva a genotípus specifikus (GSIE) elemzés során kapott maximum értékekkel *(24. ábra)* jól látható, hogy az egyik vizsgált genotípusok esetében sem ad pontos információt a nyersfehérje ileális emészthetőségének maximumáról. A közepes és nagy genetikai potenciállal rendelkező állatokban alulértékeli, míg a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező állatokban túlbecsüli azt.

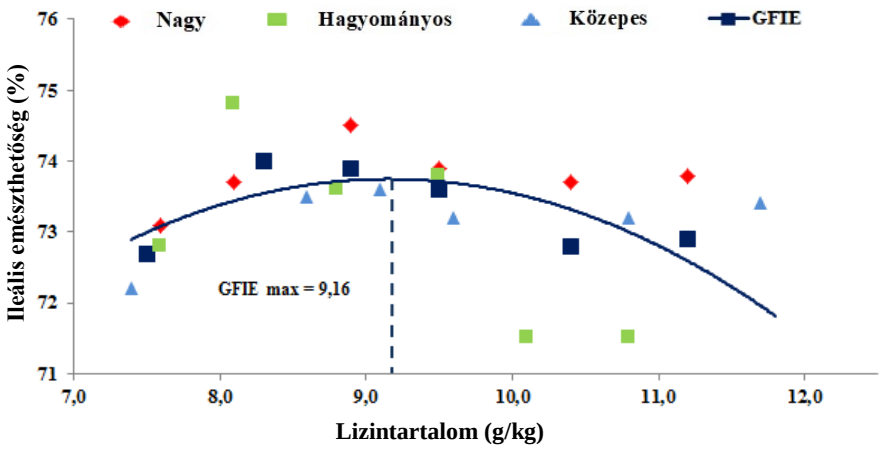
Figyelemre méltó az is, hogy a közepes genetikai potenciállal bíró hízósertésekben mért abszorpciós maximum 1,7 g/kg-al nagyobb lizinfelhasználást jelent a hagyományos genetikai potenciálú állatok azon takarmányaihoz képest, ahol a nyersfehérje ileális emésztése a legnagyobb. Abban az esetben tehát, ha a maximális emészthetőség elérése a cél, –azaz szinte megegyező nyersfehérjehányad felszívódása a kívánalom mindkét genotípusban– a közepes genetikai potenciál esetén több, mint 15%-al nagyobb lizintartalmú takarmányt kell etetni, mint a MNF x ML x Du

hibridekkel. Ez kiemelt jelentőséggel bír annak ismeretében, hogy a sertéshízlalás második felében jóval több takarmányt etetünk. A hízósertésekben mért abszorpciós maximumokat mindezekből adódóan ökonómiai szempontok alapján is elemezni szükséges.

A SEGES Pig Research Centre (2017) ajánlásában a Danbred hízósertések számára a takarmányban 8,6 g/kg összes lizintartalom szerepel. Saját vizsgálati eredményeink alapján az abszopciós maximum a Danbred állatokban 9,6 g/kg lizintartalom (Liz/DE: 0,70) esetén jelentkezett. Ez 1,0 g/kg eltérést jelent az ajánlásban deklarált értékhez képest, amely jelentős különbségnek tekinthető, de nem azt jelenti, hogy az ajánlásban szereplő, vagy a méréseink során kalkulált értékek helytelenek. Jól látható ugyanis, hogy a Danbred és a Hungahib 39 hibridek mérési pontjaira fektetett görbe lefutása elnyújtott *(24. ábra)*, ami azt jelenti, hogy a takarmány lizintartalmának jelentős, 1,0 g/kg-os változtatásának hatására a nyersfehérje felszívódása a nagy és a közepes genetikai potenciál esetén csak néhány tized százaléknyit változik. Ez azt mutatja, hogy a Danbred és a Hungahib 39-es állatok a takarmány Liz/DE-arányának a mérési tartományon belüli csökkenésére szinte alig reagálnak. Az iparszerű sertéshús előállításban ez hatalmas előny, mivel ezen állatokban a nyersfehérje emésztése a takarmányok kisebb Liz/DE aránya mellett is szinte megegyező hatékonyságú, mint nagyobb Liz/DE-arány mellett. A két különböző genetikai potenciállal rendelkező hibrid esetében illesztett görbe lefutása továbbá arra is utal, hogy a nagyüzemi takarmánygyártás során előforduló homogenitási problémákat ezen állatok a hízlalás második szakaszában jól tolerálják.

Adataink alapján az a következtetés is levonható, hogy a dán tenyésztő szervezet ajánlása a Danbred hízósertések esetében az ökonómiai szempontokat maximális hangsúllyal figyelembe véve született meg, az állatok hatékonyabb nyersfehérje emésztésének realizálódását háttérbe szorítva. Érdemes megjegyezni, hogy 60-110 kg élősúly között az állatok immunrendszere és emésztőkészüléke már kellően fejlett ahhoz, hogy a vastagbélbe kerülő fehérjék bakteriális fermentációja során felszabaduló vegyületek ne okozhassanak emésztőszervi megbetegedéseket és ezen keresztül jelentősebb teljesítmény-csökkenést a termelés során.

A közepes genetikai potenciállal rendelkező Hungahib 39-es és a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező MNF x ML x Du állatokra vonatkozva nem találunk a genetikai konstrukciókhoz rendelhető, ajánlott takarmányozási stratégiát. Eredményeink összevetése így genotípus specifikus táplálóanyag szükségleti értékekkel nem lenne releváns.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

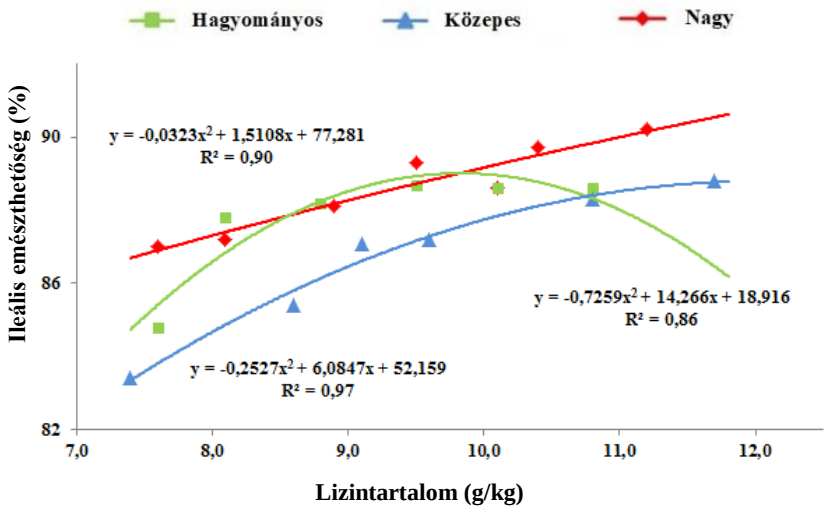
25. ábra: A nyersfehérje genotípustól független ileális emészthetőségének (GFIE) maximuma hízósertésekben (60-110 kg) (%)

5.1.5 Az aminosavak ileális emészthetősége hízósertésekben

A hízósertésekkel beállított kísérletsorozatunkban az egyidejűleg fehérjekötésben található-, és kristályos formában is etetett esszenciális aminosavak (lizin, metionin, cisztin és treonin), emészthetősége a takarmány kristályos lizintartalmának hatására szignifikásan nőtt mindhárom vizsgált genotípusban *(21-23. táblázat).* A vizsgálati eredmények alapján a hízlalás második szakaszában is egyértelműen megállapítható, hogy a takarmányok kristályos aminosav-kiegészítése az egyidejűleg „natív" és additív formában is etetett aminosavak megnövekedett abszorpcióját vonja maga után genotípustól függetlenül. Ezt megerősítik González-Vega és Stein (2012) eredményei is, amelyeket az előző fejezetben már bemutattam. Az esszenciális aminosavak közül az összes lizin felszívódása a kezelések növekvő kristályos lizintartalmával párhuzamosan növekedést mutat *(26. ábra),* aminek mértéke genotípusonként különböző.

Az ileális emészthetőségre (GSIE), genotípusonként illesztett regressziós egyenletek alapján az is megállapítható, hogy a takarmány lizintartalma és az összes lizin ileális emészthetősége között szoros, polinomiális összefüggés áll fenn (R^2 = 0,86-0,97). A hízlalás első szakaszához hasonlóan jól látható, hogy minden genotípusban a kristályos aminosavak adagolásával párhuzamosan nő az összes lizin felszívódás, az ileális emészthetőség maximális értékei azonban

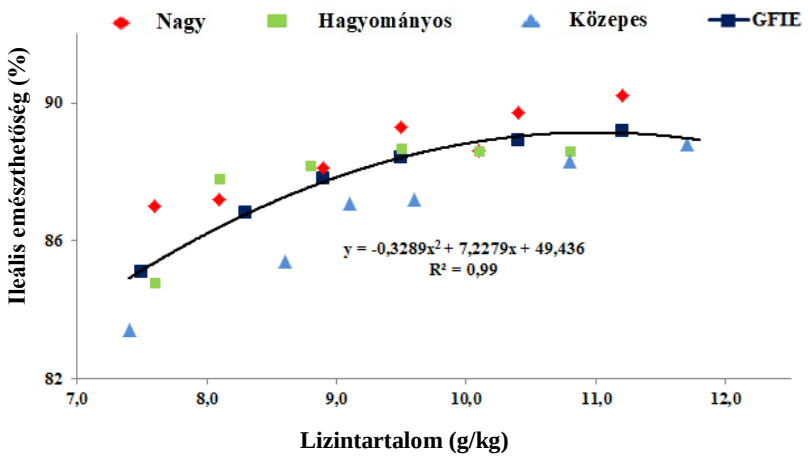
genotípusonként (GSIE) és a GFIE-hez képest is eltéréseket mutatnak *(28-29. ábra).*



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

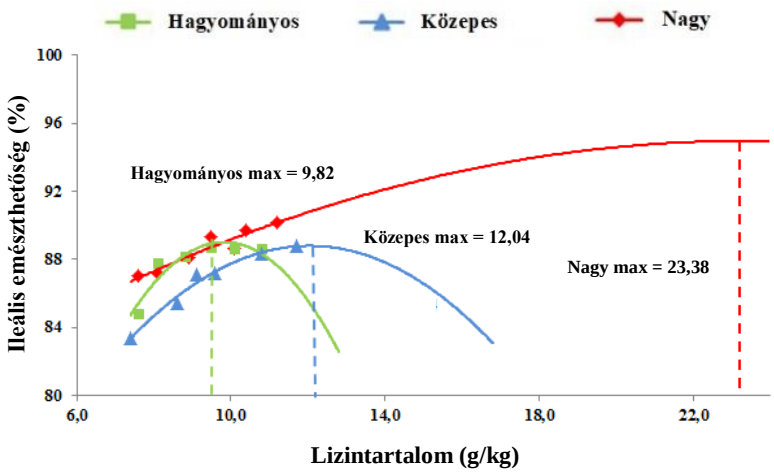
26. ábra: Az összes lizin genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) különböző genetikai potenciálú hízósertésekben (60-110 kg) (%)

A hízlalás második szakaszában is helytálló megállapítás, hogy az összes lizin GFIE *(27. ábra)* a nagy genetikai potenciállal rendelkező sertések esetében alulértékeli, a közepes genetikai potenciállal rendelkező Hungahib 39-es állatokban pedig túlértékeli az emésztés hatékonyságát. A *27. ábrán* az is látható, hogy a GFIE és a takarmány Liz/DE-aránya közötti korreláció nagyon szoros (R^2 = 0,99). Az ileális emészthetőségi értékekre (GSIE) illesztett görbe abszorpciós maximuma a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező sertéseknél még az általunk mért tartományon belülre esett, a közepes és a nagy genetikai potenciállal rendelkező sertések esetében azonban az abszorpciós maximumok csak extrapolálás útján számíthatók ki *(28. ábra).* A lizin emészthetősége tehát a hízlalás második szakaszában is genotípusonként különböző pontokon éri el maximumát. Ezzel együtt szükséges hangsúlyozni, hogy a közepes- és a nagy genetikai potenciál esetén az összes lizin abszorpciós maximumait nem érhetjük el, mivel az biológiai és ökonómiai aspektusból aggályokat vet fel.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

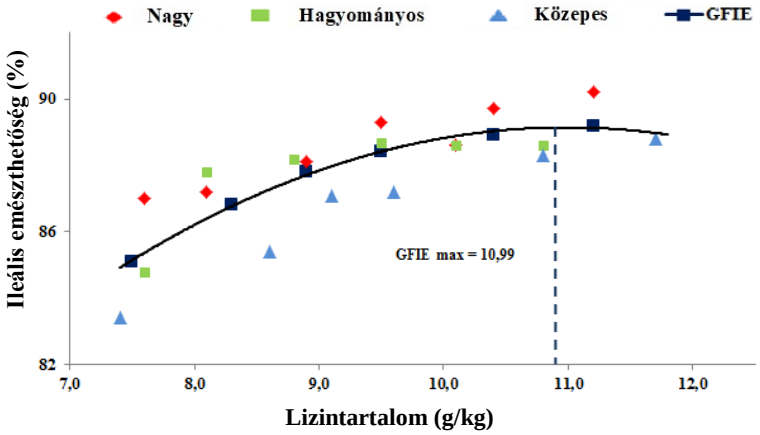
27. ábra: Az összes lizin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) hízósertésekben (60-110 kg) (%)



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizin-tartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45, 3	53,8	62,2	63,2

28. ábra: Az összes lizin genotípus specifikus ileális emészthetőségének (GSIE) maximumai különböző genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekben (60-110 kg) (%)

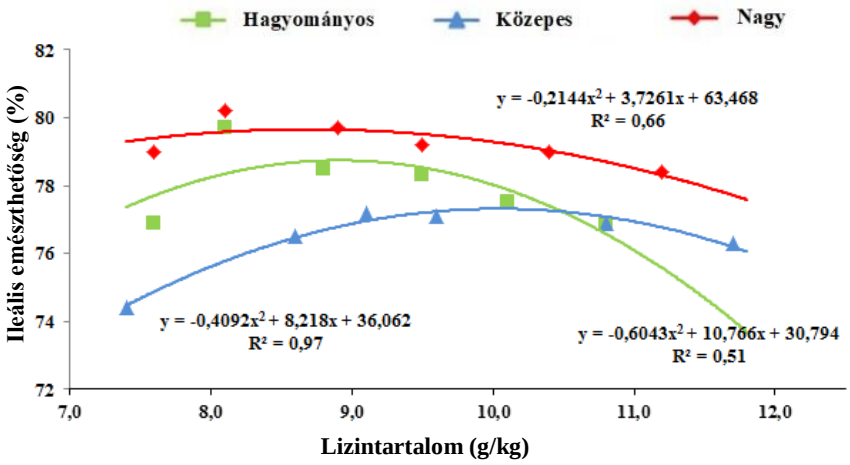
A takarmány Liz/DE-arányának növelésekor az emészthetőség alig javul, az állatok fehérje-beépülését az ilyen, szélsőségesen nagy Liz/DE-arányú takarmányok etetése nem képes növelni.
Az összes lizin GFIE *(29. ábra)* esetén kiszámolt abszorpciós maximum emiatt reálisabb információt szolgáltat az emészthetőség alakulásáról. Az értékelésmód azonban korábban leírt bizonytalanságokkal terhelt, azaz nem világít rá a vizsgált genetikai konstrukciók genotípus specifikus emésztési sajátosságaira.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

29. ábra: Az összes lizin genotípustól független ileális emészthetőségének (GFIE) maximuma hízósertésekben (60-110 kg) (%)

Bár a GFIE segítségével ez esetben viszonylag pontosan megbecsülhető a hagyományos genetikai potenciállal bíró MNF x ML x Du állatokban az abszorpció hatékonysága. Jól látható az is, hogy ez az értékelésmód a Danbred sertések esetében az ileálisan abszorbeálódott lizin mennyiségét alulbecsüli. A közepes genetikai potenciállal bíró Hungahib 39-es állatokban a GFIE viszont nagyobb értéket ad a tényleges értékeknél az összes kezelésben.
Emiatt ez az értékelésmód csak fenntartásokkal fogadható el, mivel nem szolgáltat kellően pontos információt az ileális emészthetőség genetikai potenciál szerinti alakulásáról. A takarmány összes aminosav emészthetősége a genetikai potenciál-, és a takarmányok lizin/energia arányának függvényében szintén eltérő *(30. ábra)*.



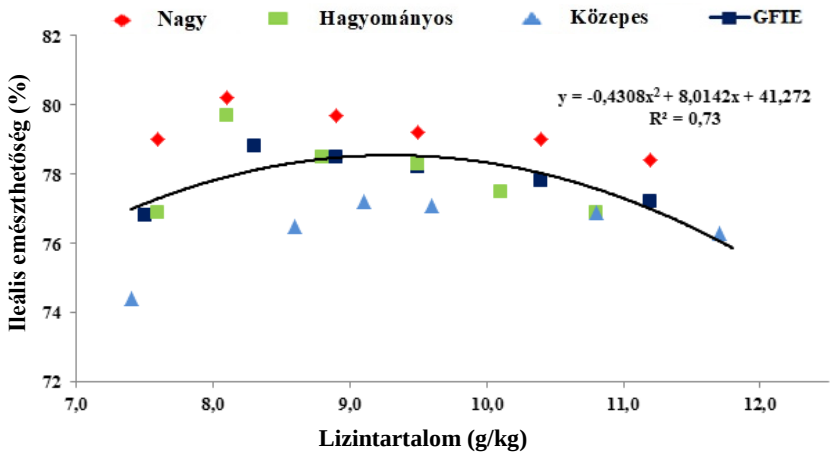
KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

30. ábra: Az összes aminosav genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) különböző genetikai potenciállal rendelkező hízó (60-110 kg) sertésekben (%)

Mindhárom vizsgált genotípusban a B-kezelés hatására szignifikánsan megnőtt a takarmányok összes AS-tartalmának ileális emészthetősége az A-kezeléshez képest (P<0,05).

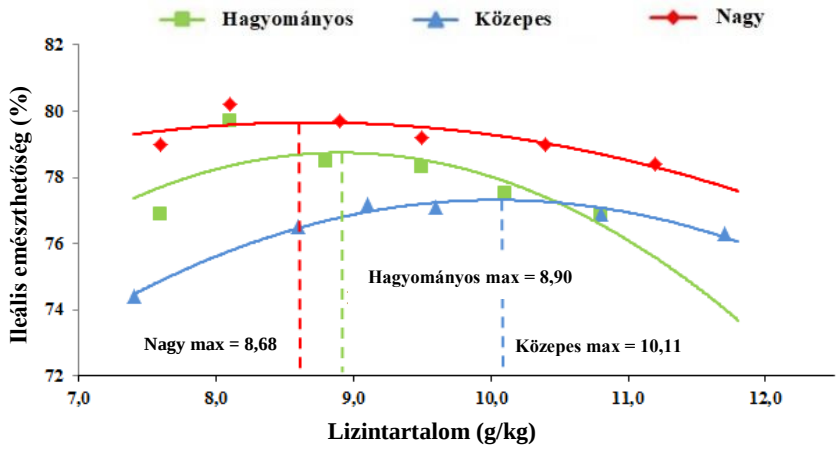
A GFIE *(31. ábra)* ez esetben is terhelt a korábban leírt bizonytalanságokkal, azaz a nyersfehérje és az összes lizin ileális emészthetőségéhez hasonlóan az összes aminosav emészthetőségét sem képes a genetikai különbözőségek figyelembevétele mellett értékelni. Az összes aminosav GSIE alapján azonban a genetikai potenciál szerinti különbségek már jól kimutathatók.

A *32. ábra* jól szemlélteti, hogy az összes aminosav GSIE abszorpciós maximumai a takarmányok eltérő lizinszintjei mellett jelentkeznek és ezeken a pontokon a felszívódás hatékonysága is eltér a genotípus függvényében. A Danbred sertésekben az összes aminosav abszorpciós maximuma a takarmány 8,68 g/kg lizintartalma (Liz/DE: 0,63) mellett jelentkezett. A hagyományos genetikai potenciállal rendelkező állatok összes aminosav abszorpciójának maximuma 8,90 g/kg lizintartalomnál volt, amely a nagy genetikai potenciálú állatokban mért értékhez közelebb áll (Liz/DE: 0,65).



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

31. ábra: Az összes aminosav genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) hízósertésekben (60-110 kg) (%)

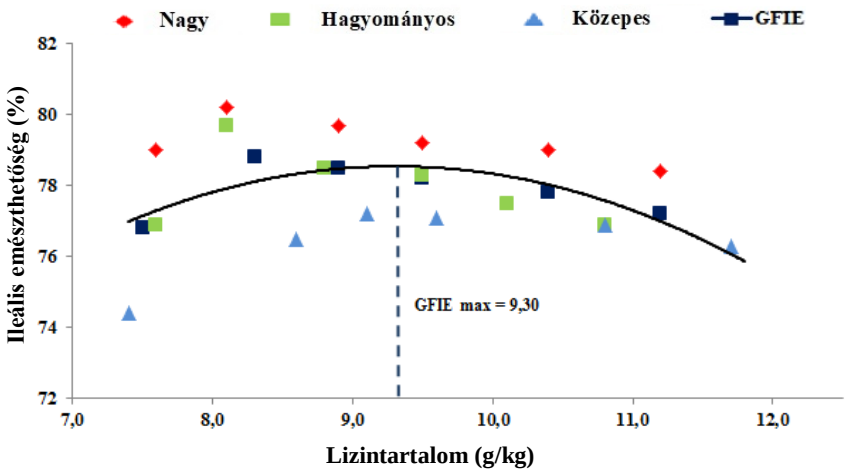


KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

32. ábra: Az összes aminosav genotípus specifikus ileális emészthetőségének (GSIE) maximumai a különböző genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekben (60-110 kg) (%)

Ezzel szemben a felszívódás a legnagyobb hatékonyságát a közepes genetikai potenciállal rendelkező hibridekben csak nagyobb, 10,11 g/kg lizintartalomnál (Liz/DE: 0,73) érte el. Az eltérés a nagy- és a közepes genetikai potenciállal rendelkező sertések között volt a legnagyobb, hasonlóan a hízlalás első szakaszához. A Hungahib 39-es állatok esetében ez 14,1%-al több lizin felhasználást jelent a takarmányokban, abban az esetben, ha a leghatékonyabb emészthetőség elérése a cél (az adatok nincsenek táblázatba foglalva). Az összes aminosav maximális emészthetősége a Hungahib 39-es genotípus esetében így is jelentősen elmarad a Danbred genotípusnál mért legnagyobb értéktől.

Az összes aminosav GFIE-t vizsgálva *(33. ábra)* megállapítható, hogy az abszorpciós maximum 9,30 g/kg lizintartalomnál volt, ami eltér a vizsgált genotípusok esetében kalkulált GSIE-hez képest. Ebből adódóan a GFIE ez esetben sem ad valós képet az összes aminosav ileális emészthetőségéről a vizsgált genotípusokban.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

33. ábra: Az összes aminosav genotípustól független ileális emészthetőségének (GFIE) maximuma hízósertésekben (60-110 kg) (%)

Összefoglalva tehát megállapítható, hogy a különböző genetikai potenciállal rendelkező hízósertések nyersfehérje-, összes lizin-, és összes aminosav ileális emészthetőségében a hízlalás második szakaszában is jól detektálható különbségek vannak. Az emésztés hatékonysága a takarmányok lizin/energia

arányának függvényében is eltér. A felszívódás maximális hatékonysága mindhárom genotípus esetén más-más lizinszint mellett realizálódik, bár ennek jelentősége a hízlalás második szakaszában (60-110 kg) emésztés-élettani szempontokból adódóan is kisebb, mint a növendék sertések (30-60 kg) esetében. A felszívódás hatékonysága- és az abszorpciós maximum pontok eltérései feltételezhetően a különböző genetikai potenciállal rendelkező hízósertések eltérő növekedési jellemzőire, ugyancsak eltérő fehérjebeépítő képességére és azon keresztül különböző nyersfehérje-, valamint aminosav-szükségletére (Liz/DE-arány) vezethető vissza.

5.1.6 Az összes és a fehérjében kötött aminosavak ileális emészthetősége hízósertésekben

A kísérleti takarmányok fehérjében kötött aminosav-tartalmának genotípus specifikus ileális emészthetőségét (GSIE) vizsgálva általánosan megállapítható, hogy a kristályos aminosavtartalom növelésével elért tágabb Liz/DE-arány hatására a fehérjekötésben található, vizsgált aminosavak (lizin, metionin, treonin) emészthetősége statisztikailag igazolható csökkenést mutatott az A-kezelés esetében mért értékekhez képest ($P<0,05$). Ezen aminosavak (lizin, metionin és treonin) genotípus specifikus (GSIE) emészthetőségét röviden a *24. táblázat* mutatja be.

A fehérjében kötött lizin esetében mért GSIE értékeit a *34. ábra* is bemutatja, hangsúlyozva azt, hogy a csökkenő tendencián túl a hízó sertések esetében is genotípusonként differenciált változásokat jelez.

A GSIE alkalmazásával az állatok genetikai potenciáljához kötötten kimutathatók a genotípusok aminosav emésztő képessége közötti különbségek. Ezzel szemben a genotípustól független értékelésmód (GFIE) az állatok emésztésének adott genotípusra jellemző sajátságait nem képes ilyen tökéletesen leírni. Bár az emésztés hatékonyságát a GFIE kevésbé objektíven mutathatja be, ennek ellenére képes megfelelően rávilágítani az aminosavak emészthetőségének változásáról. Ezen állításunkat megerősítik a *35. ábrán* bemutatott adataink is, amelyen a fehérjében kötött lizin genotípustól független emészthetősége látható, összehasonlítva a különböző genotípusok esetében mért értékekkel.

24. táblázat: Az összes és a fehérjekötésben található aminosavak ileális emészthetősége különböző genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekben (60-110 kg) (%)

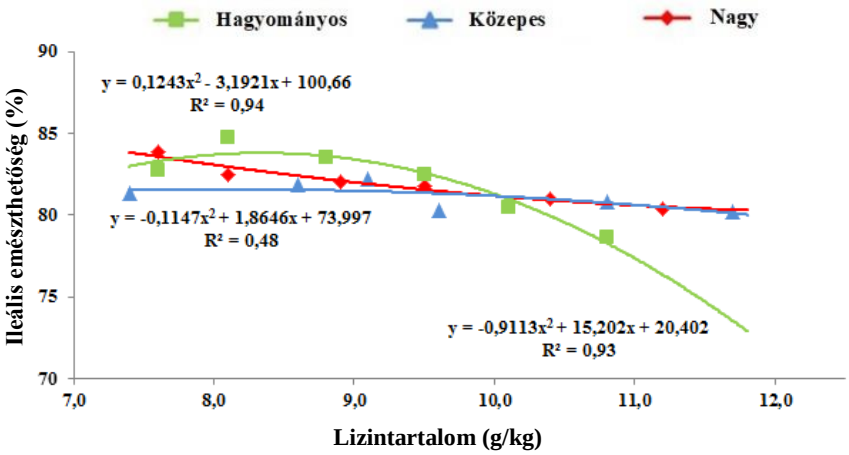
Táplálóanyag	KEZELÉSEK[1, 2]						RMSE
	A	B	C	D	E	F	
	HAGYOMÁNYOS GENETIKAI POTENCIÁL (MNF x ML x Du)						
Szárazanyag	72,0^{a}	74,1^{b}	73,2^{ac}	73,8^{bc}	73,5^{bc}	73,0^{a}	0,6
Nyersfehérje	72,8^{a}	74,8^{b}	73,6^{a}	73,8^{a}	71,5^{c}	71,5^{c}	1,0
Lizin (összes)	84,8^{a}	87,8^{b}	88,2^{bc}	88,7^{c}	88,6^{c}	88,6^{c}	0,6
Lizin (fehérjében kötött)	82,7^{ab}	84,7^{c}	83,5^{b}	82,5^{a}	80,5^{d}	78,6^{e}	0,9
Metionin	85,6^{a}	88,3^{b}	88,9^{b}	90,9^{c}	91,4^{cd}	91,8^{d}	0,7
Metionin (fehérjében kötött)	83,9^{a}	84,4^{a}	82,2^{b}	81,9^{b}	80,6^{c}	78,9^{d}	1,2
Treonin (összes)	65,2^{a}	72,1^{b}	74,2^{c}	75,6^{d}	77,0^{e}	79,5^{f}	1,2
Treonin (fehérjében kötött)	65,2^{a}	69,4^{b}	68,5^{bc}	67,5^{cd}	66,2^{ad}	66,8^{a}	1,5
	KÖZEPES GENETIKAI POTENCIÁL (HUNGAHIB 39)						
Szárazanyag	72,6^{ab}	73,2^{bc}	74,3^{d}	73,9^{cd}	72,8^{ab}	71,9^{a}	0,8
Nyersfehérje	72,2	73,5	73,6	73,2	73,2	73,4	1,4
Lizin (összes)	83,4^{a}	85,4^{b}	87,1^{c}	87,2^{c}	88,3^{d}	88,8^{d}	0,9
Lizin (fehérjében kötött)	81,3^{abc}	81,9^{ab}	82,2^{b}	80,3^{c}	80,8^{ac}	80,2^{c}	1,3
Metionin	86,5^{a}	89,0^{b}	90,5^{b}	92,2^{d}	92,9^{d}	92,9^{d}	1,1
Metionin (fehérjében kötött)	85,0	85,6	85,6	85,5	85,6	83,7	1,7
Treonin (összes)	66,9^{a}	70,9^{b}	73,9^{c}	75,6^{c}	78,3^{d}	79,3^{d}	1,8
Treonin (fehérjében kötött)	66,9	67,9	68,1	67,6	67,9	66,6	2,2
	NAGY GENETIKAI POTENCIÁL (DANBRED)						
Szárazanyag	72,6^{a}	73,3^{ab}	74,0^{b}	73,5^{ab}	73,3^{ab}	72,7^{a}	0,8
Nyersfehérje	73,1^{a}	73,7^{ab}	74,5^{b}	73,9^{ab}	73,7^{ab}	73,8^{a}	1,2
Lizin (összes)	87,0^{a}	87,2^{a}	88,1^{b}	89,3^{c}	89,7^{cd}	90,2^{d}	0,6
Lizin (fehérjében kötött)	83,9^{a}	82,5^{b}	82,0^{bc}	81,8^{bc}	81,0^{cd}	80,4^{d}	1,0
Metionin	85,6^{a}	86,3^{ab}	87,5^{b}	90,0^{c}	91,6^{d}	92,3^{d}	1,2
Metionin (fehérjében kötött)	85,0^{a}	83,3^{ab}	82,0^{b}	82,4^{b}	82,3^{b}	81,5^{b}	2,0
Treonin (összes)	73,4^{a}	74,4^{a}	76,5^{b}	78,1^{c}	78,9^{cd}	79,8^{d}	1,2
Treonin (fehérjében kötött)	72,8^{a}	71,3^{ab}	70,7^{b}	69,7^{bc}	68,4^{c}	66,5^{d}	1,7

[1] Lizintartalom (g/kg): A: 7,3; B: 8,2; C: 8,6; D: 9,2; E: 9,8; F: 11,4

[2] Liz/DE arány: A: 0,53; B: 0,60; C: 0,63; D: 0,68; E: 0,72; F: 0,83

RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c, d, e, f: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

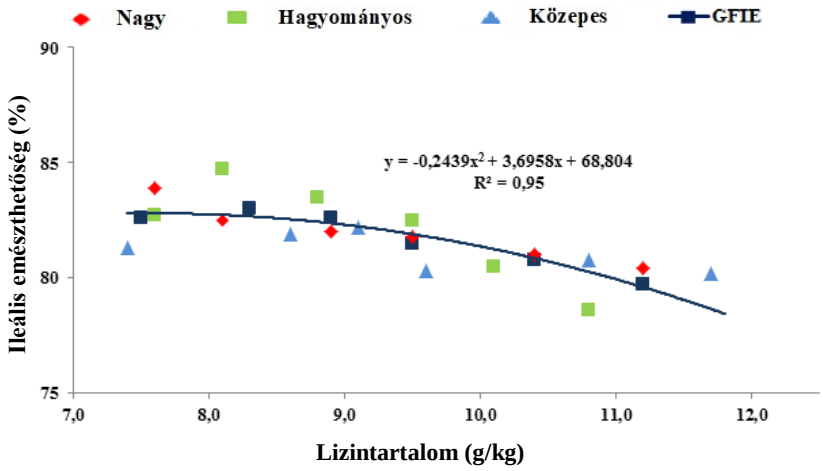


KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

34. ábra: A fehérjében kötött lizin genotípus specifikus ileális emészthetősége (GSIE) külöböző genetikai potenciálú hízósertésekben (60-110 kg) (%)

A *35. ábra* alapján megállapítható, hogy a takarmányok Liz/DE-aránya és a fehérjében kötött lizin abszorpciója között szoros, polinomiális összefüggés áll fenn (R^2=0,95) genotípustól függetlenül (GFIE).

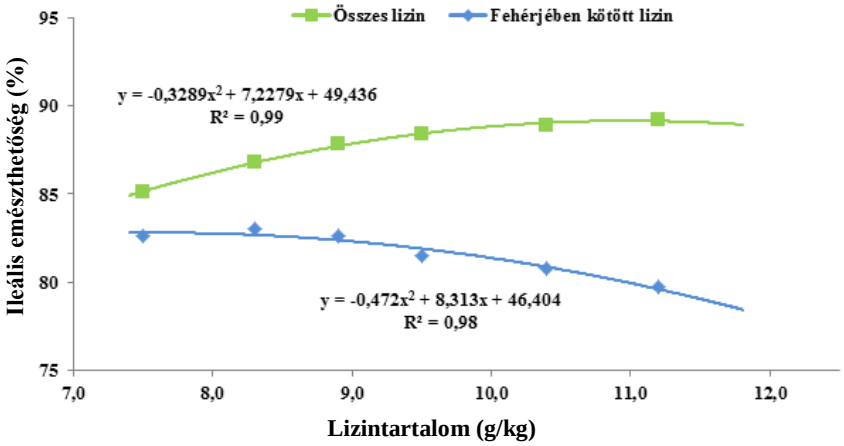
Ugyanez az összefüggés áll fenn a kísérletsorozatunkban vizsgált további esszenciális aminosavak (lizin, metionin, treonin) esetében is. Az összefüggés valamennyi vizsgált aminosavnál szoros, polinomiális a hízósertések vonatkozásában is (R^2=0,87-0,98). A lizin, a metionin, valamint a treonin esetében egyértelműen kimutatható volt a kristályos aminosavak nagyobb arányú felhasználásával elért, tágabb Liz/DE-arány pozitív hatása az összes aminosav emészthetőségre *(36-38. ábra)*. A folyamatosan javuló összes aminosav emészthetőséggel együtt a fehérje kötésben található aminosavhányad abszorpciója statisztikailag igazolhatóan csökken (P<0,05). Az összes aminosav ileális emészthetőségénél kapott eredményeink a szakirodalomi adatokkal egyezőséget mutatnak (Leibholz és mtsai, 1986; Sato és mtsai, 1987; Izquierdo és mtsai, 1988; Chung és Baker, 1992; Buraczewska és Swiech, 2000; Colina, 2002; Trottier, 2004; Yen és mtsai, 2004; Nørgaard, 2012). Szükséges azonban hangsúlyozni, hogy ezzel párhuzamosan egyik hivatkozott szerző vizsgálata sem tért ki a fehérjében kötött aminosavak emészthetőségének változásaira.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

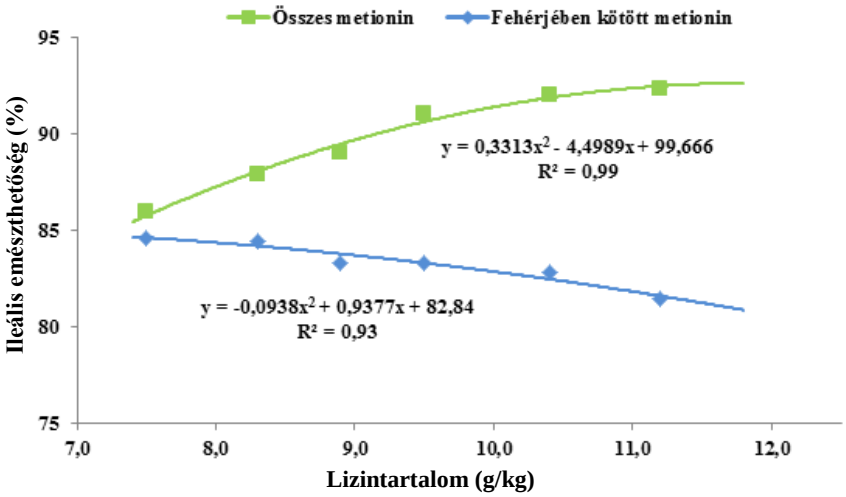
35. ábra: A fehérjében kötött lizin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) hízósertésekben (60-110 kg) (%)

A fehérjében kötött aminosavak csökkenő mértékű felszívódása azért érdemel kiemelt figyelmet, mivel a szakirodalom szerint a vékonybél terminális szakaszáig fel nem szívódott N-tartalmú anyagok vastagbélben bekövetkező bakteriális bontása egyértelműen kedvezőtlen folyamat. Az emésztőcső ezen részében bontott fehérje ugyanis az állatok fehérjeszintézisében már nem vesz részt (Zebrowska, 1973). A postileális emésztés során azonban olyan, részben toxikus aminosav származékok is keletkezhetnek belőlük, amelyek gyulladást idéznek elő a béltraktusban és esetenként az állatok elhullásához vezethetnek a patogén proteolitikus mikróbák által termelt endotoxinok keletkezése következtében. Itt szükséges hangsúlyozni azt is, hogy a bakteriális fermentáció szubsztrátjai csak és kizárólag a fehérjében kötött aminosavak lehetnek, mivel a kristályos forma felszívódása az ileum végéig 100%-os hatásfokkal megtörténik (Trottier, 2004). Ebből adódóan az is egyértelműnek tekinthető, hogy a bélsárral ürített nitrogén hányad legnagyobb részét a fehérjekötésben található, meg nem emésztett aminosavak adják. A felszívódott kristályos aminosavak azon hányada, amely a szöveti fehérjeszintézis során nem hasznosult (pl. oxidálódott az abszorpciós fázisok eltérése miatt) kizárólag a vizeleten keresztül ürülhet az állati szervezetből.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

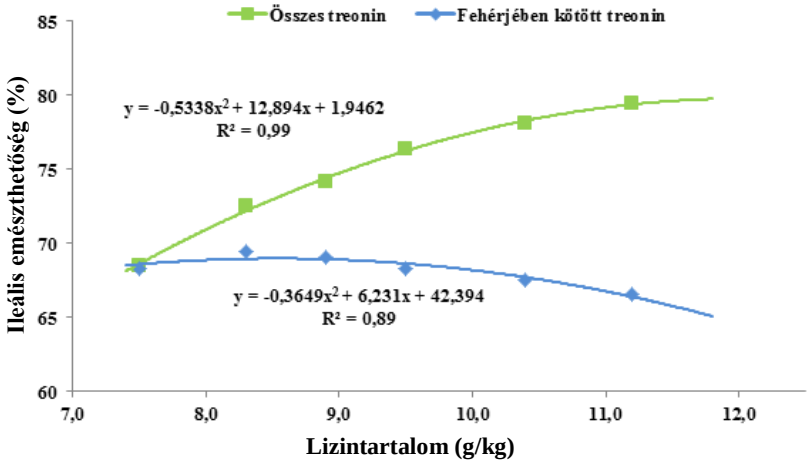
36. ábra: Az összes és a fehérjében kötött lizin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) hízósertésekben (60-110 kg) (%)



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

37. ábra: Az összes és a fehérjében kötött metionin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) hízósertésekben (60-110 kg) (%)

A hizlalás második felében (60-110 kg) ugyan a hízó sertések immunrendszere és emésztőkészüléke már kifejlettnek tekinthető és a túlzó fehérjebevitel miatt esetlegesen kialakuló diszbiózis kisebb egészségügyi kockázatot jelent, az emésztőkészülék megbetegedése a naturális eredmények romlásán keresztül ökonómiai veszteségekben is megnyilvánulhat. Ezen negatív hatások eredőjeként a fehérjében kötött aminosavak rosszabb hatásfokkal bekövetkező emésztése nevezhető meg. Vizsgálati eredményeink alapján ezért egyértelműen megállapítható, hogy a takarmányok kristályos aminosavakkal történő kiegészítésekor minden esetben csökkenteni kell a keverék-takarmányok nyersfehérje tartalmát, ezzel is mérsékelve a fehérjében kötött, emésztetlen aminosavhányadot.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,3	8,2	8,6	9,2	9,8	11,4
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,60**	**0,63**	**0,68**	**0,72**	**0,83**
KL/ÖL arány (%):	26,0	34,1	45,3	53,8	62,2	63,2

38. ábra: Az összes és a fehérjében kötött treonin genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) hízósertésekben (60-110 kg) (%)

Az okszerű és gazdaságos sertéstakarmányozásnak a jövőben egyre inkább törekednie kell a béltraktus egészségi állapotának megőrzésére, amelynek első lépcsőfoka az állatok racionális fehérje ellátása. Mindezek mellett a „fehérje túletetés" környezetvédelmi aspektusait is figyelembe kell venni, amely a nitrogénemisszió mérséklése irányába hat. Horn (2012) szerint a nagyüzemi állattartó telepeken alkalmazott okszerű takarmányozásnak, valamint a modern hibridek alkalmazásának köszönhetően az intenzív rendszerek fajlagos „ökológiai lábnyoma" nagyságrendekkel kisebbé vált, mint az alternatív-, vagy extenzív állattartásé.

Eredményeink alapján valósznűsíthető, hogy az állatok emésztési sajátságaihoz leginkább igazodni képes takarmányozási technológiák alkalmazásával, az iparszerű sertéshúselőállításban további előrelépés érhető el a környezeti lábnyom csökkentése terén. Ezen feltételezésünket Colina (2002) adatai is megerősítik, aki részletesen vizsgálta a takarmányok összes, illetve fehérjében kötöttt aminosavainak emészthetőségét. A szerző szerint okszerű fehérje és aminosav felhasználás mellett jelentősen csökkenthető a környezet N-terhelése.

5.2 A látszólagos bélsárból mért emészthetőség és a N-retenciós vizsgálat eredményei

5.2.1 A növendék sertések N-retenciója

A különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekkel (30-60 kg) végzett vizsgálataink eredményeit a *25-27. táblázatokban* foglaljuk össze. A vizsgált genotípusok N-retenciójának összehasonlító elemzése pedig a *39. és 40. ábrán* látható. Adataink szerint a növendék sertések N-retencióját a takarmányok Liz/DE-aránya különböző módon befolyásolta. A kísérleti takarmányok tágabb Liz/DE-aránya nem volt hatással a hagyományos- és a közepes genetikai potenciállal rendelkező sertésekben a fekális-, az urinális-, illetve az összes nitrogén-ürítésre és a N-retencióra sem. Ez feltételezhetően az azonos nyersfehérje-tartalomra vezethető vissza. Kerr és Easter (1995) ugyanis megállapították, hogy a sertések nitrogén-metabolizmusát – beleértve az állatok N-retencióját is – elsődlegesen a takarmányok nyersfehérje-tartalma befolyásolja és független az aminosavak mennyiségétől. A hagyományos- és a közepes genetikai potenciállal rendelkező állatokban mért adataink megerősítik Kerr és Easter (1995) megállapítását.

Otto és mtsai (2003) különböző nyersfehérje-tartalmú takarmányok etetése mellett vizsgálták a növendék sertések N-retencióját. A vizsgálataikban etetett 146,4 g/kg nyersfehérje-, és 7,0 g/kg lizintartalmú takarmányok etetésekor kapott eredményeik jól összevethetők a saját vizsgálatainkban etetett A-kezeléssel, amely nyersfehérje-tartalma 146,6 g/kg, lizin-tartalma pedig 7,4 g/kg volt (Liz/DE: 0,53). A szerzők vizsgálataikban 55,9% N-retenciót állapítottak meg, amely jó egyezőséget mutat a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező hibridek esetében mért 58,8% N-retencióval. Otto és mtsai (2003) eredményei ismételten igazolták Kerr és Easter (1995) azon megállapítását, amely szerint a növendék sertések N-retencióját elsődlegesen a takarmányok nyersfehérje-tartalma befolyásolja. A szerzők megállapításával

Carpenter és mtsai (2004), valamint Kaspowicz-Potocka és Frankiewicz (2011) eredményei is összhangban vannak.

25. táblázat: A hagyományos genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertések genotípus specifikus N-retenciója (GSNR)

Táplálóanyag	KEZELÉSEK[1, 2]						RMSE
	A	B	C	D	E	F	
	HAGYOMÁNYOS GENETIKAI POTENCIÁL (MNF x ML x Du)						
Szárazanyag emészthetőség (%)	81,1[b]	81,8[ab]	82,5[a]	82,2[a]	82,5[a]	82,0[a]	0,38
N-emészthetőség (%)	78,3	78,8	78,7	78,4	78,8	78,8	1,48
N-felvétel (g/nap)	36,3	36,2	36,1	37,0	37,7	38,0	3,09
N-felvétel ($g/kg^{0,75}$/nap)	2,08[c]	2,10[bc]	2,09[bc]	2,11[abc]	2,11[ab]	2,13[a]	0,02
Összes N-ürítés (g/nap)	15,0	14,4	14,3	14,7	15,0	15,1	2,08
Összes N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	0,85	0,83	0,83	0,84	0,84	0,84	0,09
Összes N-ürítés (%)[3]	**41,2**	**39,8**	**39,9**	**39,8**	**40,0**	**39,7**	**4,58**
Fekális N-ürítés (g/nap)	8,0	7,7	7,7	7,8	8,0	8,0	0,66
Fekális N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	0,45	0,44	0,44	0,44	0,45	0,45	0,03
Fekális N-ürítés (%)[4]	**53,6**	**53,8**	**53,9**	**53,9**	**53,9**	**53,9**	**6,15**
Urinális N-ürítés (g/nap)	7,0	6,7	6,6	6,9	7,0	7,1	1,72
Urinális N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	0,40	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,08
Urinális N-ürítés (%)[4]	**46,4**	**46,2**	**46,1**	**46,1**	**46,1**	**46,1**	**5,28**
N-retenció (g/nap)	22,4	21,7	21,8	22,3	22,6	22,9	2,33
N-retenció ($g/kg^{0,75}$/nap)	1,22	1,27	1,25	1,27	1,27	1,29	0,09
N-retenció (%)	**58,8**	**60,2**	**60,1**	**60,2**	**60,0**	**60,3**	**4,16**

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,4; B: 8,1; C: 9,1; D: 9,2; E: 10,0; F: 11,0

2 Liz/DE arány: A: 0,53; B: 0,59; C: 0,66; D: 0,67; E: 0,72; F: 0,80

3 A N-felvétel %-ában

4 Az összes N-ürítés %-ában

RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. $P<0,05$.

Liu és mtsai (2018) különböző fehérjeforrások felhasználásával, de azonos nyersfehérje-tartalommal összeállított keveréktakarmányok ileális emészthetőségre- és N-retencióra kifejtett hatását vizsgálták növendék- és hízósertésekben.

26. táblázat: A közepes genetikai potenciállal rendelkező növendék (30-60 kg) sertések genotípus specifikus N-retenciója (GSNR)

Táplálóanyag	KEZELÉSEK[1, 2]						RMSE
	A	B	C	D	E	F	
	KÖZEPES GENETIKAI POTENCIÁL (HUNGAHIB 39)						
Szárazanyag emészthetőség (%)	84,9	84,3	84,6	85,0	84,7	84,2	0,56
N-emészthetőség (%)	83,7	83,5	82,5	82,7	83,0	83,7	0,84
N-felvétel (g/nap)	34,3	36,0	36,6	35,9	35,4	36,9	3,23
N-felvétel ($g/kg^{0,75}$/nap)	$2,06^{c}$	$2,16^{ab}$	$2,17^{a}$	$2,10^{bc}$	$2,07^{c}$	$2,15^{ab}$	0,04
Összes N-ürítés (g/nap)	14,5	14,8	15,0	14,1	13,8	14,5	1,43
Összes N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	0,87	0,88	0,89	0,82	0,81	0,85	0,08
Összes N-ürítés (%)[3]	**42,3**	**41,1**	**40,9**	**39,2**	**39,3**	**39,7**	**2,97**
Fekális N-ürítés (g/nap)	5,6	6,0	6,4	6,2	5,9	6,1	0,59
Fekális N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	$0,33^{b}$	$0,36^{ab}$	$0,38^{a}$	$0,36^{ab}$	$0,34^{b}$	$0,35^{ab}$	0,02
Fekális N-ürítés (%)[4]	**39,1**	**40,9**	**42,9**	**43,9**	**43,2**	**42,1**	**3,09**
Urinális N-ürítés (g/nap)	8,9	8,8	8,6	7,9	7,9	8,4	1,27
Urinális N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	0,53	0,52	0,51	0,46	0,46	0,49	0,9
Urinális N-ürítés (%)[4]	**60,9**	**59,1**	**57,1**	**56,1**	**56,8**	**57,9**	**4,27**
N-retenció (g/nap)	19,8	21,2	21,6	21,9	21,6	22,4	2,81
N-retenció ($g/kg^{0,75}$/nap)	1,18	1,27	1,28	1,28	1,25	1,30	0,08
N-retenció (%)	**57,7**	**58,9**	**59,1**	**60,8**	**60,7**	**60,3**	**3,94**

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,4; B: 8,1; C: 9,1; D: 9,2; E: 10,0; F: 11,0

2 Liz/DE arány: A: 0,53; B: 0,59; C: 0,66; D: 0,67; E: 0,72; F: 0,80

3 A N-felvétel %-ában

4 Az összes N-ürítés %-ában

RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

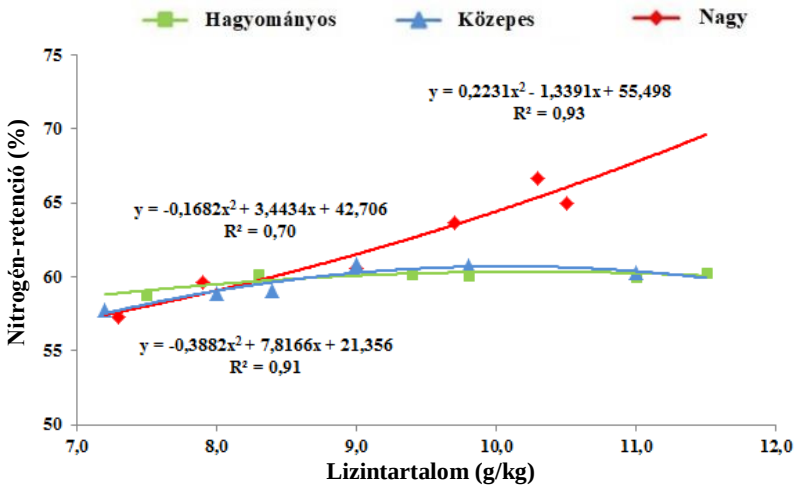
a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

27. táblázat: A nagy genetikai potenciállal rendelkező növendék sertések (30-60 kg) genotípus specifikus N-retenciója (GSNR)

Táplálóanyag	K E Z E L É S E K [1, 2]						RMSE
	A	B	C	D	E	F	
	NAGY GENETIKAI POTENCIÁL (DANBRED)						
Szárazanyag emészthetőség (%)	84,7	84,2	84,0	84,2	84,5	84,4	0,64
N-emészthetőség (%)	81,4	81,0	80,1	80,7	80,6	81,2	1,67
N-felvétel (g/nap)	39,7	39,1	40,2	39,8	40,1	39,4	3,58
N-felvétel ($g/kg^{0,75}$/nap)	$2,27^{a}$	$2,28^{a}$	$2,30^{a}$	$2,25^{ab}$	$2,25^{ab}$	$2,21^{b}$	0,04
Összes N-ürítés (g/nap)	$17,1^{a}$	$15,8^{ab}$	$15,8^{ab}$	$14,5^{ab}$	$13,4^{b}$	$13,8^{ab}$	2,25
Összes N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	$0,97^{a}$	$0,92^{ab}$	$0,90^{ab}$	$0,81^{bc}$	$0,75^{c}$	$0,77^{c}$	0,08
Összes N-ürítés (%)[3]	**$42,7^{a}$**	**$40,4^{ab}$**	**$39,4^{ab}$**	**$36,3^{bc}$**	**$33,3^{c}$**	**$35,0^{bc}$**	**4,07**
Fekális N-ürítés (g/nap)	7,5	7,5	7,9	7,8	7,8	7,6	0,84
Fekális N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	0,43	0,43	0,45	0,41	0,43	0,42	0,37
Fekális N-ürítés (%)[4]	**$44,5^{a}$**	**$47,6^{ab}$**	**$50,4^{ab}$**	**$53,9^{bc}$**	**$58,7^{c}$**	**$55,3^{bc}$**	**5,57**
Urinális N-ürítés (g/nap)	$9,6^{a}$	$8,3^{ab}$	$7,9^{abc}$	$6,7^{bc}$	$5,6^{c}$	$6,2^{bc}$	1,75
Urinális N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	$0,54^{a}$	$0,48^{ab}$	$0,45^{abc}$	$0,37^{bcd}$	$0,31^{d}$	$0,34^{cd}$	0,75
Urinális N-ürítés (%)[4]	**$55,5^{a}$**	**$52,4^{ab}$**	**$49,6^{ab}$**	**$46,1^{bc}$**	**$41,3^{c}$**	**$44,7^{bc}$**	**5,20**
N-retenció (g/nap)	$22,7^{b}$	$23,3^{ab}$	$24,4^{ab}$	$25,3^{ab}$	$26,7^{a}$	$25,5^{ab}$	2,32
N-retenció ($g/kg^{0,75}$/nap)	$1,30^{c}$	$1,35^{bc}$	$1,39^{bac}$	$1,43^{ab}$	$1,50^{a}$	$1,43^{ab}$	0,08
N-retenció (%)	**$57,3^{c}$**	**$59,6^{bc}$**	**$60,6^{bc}$**	**$63,7^{ab}$**	**$66,7^{a}$**	**$65,0^{a}$**	**3,49**

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,4; B: 8,1; C: 9,1; D: 9,2; E: 10,0; F: 11,0
2 Liz/DE arány: A: 0,53; B: 0,59; C: 0,66; D: 0,67; E: 0,72; F: 0,80
3 A N-felvétel %-ában
4 Az összes N-ürítés %-ában
RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke
a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

A szerzők adatai szerint az azonos nyersfehérje-tartalmú kísérleti takarmányok (150,0 g/kg) etetése mellett a N-retenció nem mutat szignifikáns eltérést. Ez az eredmény jól egyezik a saját vizsgálatainkba bevont MNF x ML x Du és Hungahib 39 állatok esetében kapott adatokkal. Liu és mtsai (2018) vizsgálataik során Kerr és Easter (1995) eredményeivel azonos megállapítást tettek.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,4	8,1	9,1	9,2	10,0	11,0
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,59**	**0,66**	**0,67**	**0,72**	**0,80**
KL/ÖL arány (%):	13,5	22,2	31,9	43,5	51,0	56,4

39. ábra: A genotípus specifikus N-retenció (GSNR) növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Kerr és Easter (1995) azon megállapítását azonban, amely szerint a nitrogén-metabolizmus az aminosavak mennyiségétől független, a Danbred állatokkal végzett vizsgálataink eredményei cáfolják. A nagy genetikai potenciállal rendelkező állatok esetében ugyanis a kísérleti takarmányok azonos nyersfehérje-tartalma ellenére, az A-kezeléshez képest, statisztikailag igazolhatóan, abszolútértékben, 9,4%-al nőtt a N-retenció (P<0,05) az E-kezelésben, ami minden kétséget kizáróan a kísérleti takarmányok nagyobb Liz/DE-arányával hozható összefüggésbe. Figyelemre méltó az is, hogy a szignifikánsan nagyobb N-retenció mellett a nagy genetikai potenciállal rendelkező sertésekben szignifikánsan csökkent az urinális-, és összes N-ürítés (P<0,05). Az A-kezeléshez képest a Danbred sertések urinális N-ürítése (g/nap) az E-kezelés hatására drasztikusan, 41,6%-al csökkent és az urinális N-ürítés/összes N-ürítés aránya az A-kezelés etetésekor mért 55,5%-ról 41,3%-ra csökkent. Az adatok arra utalnak, hogy az E-kezelésben az ileálisan abszorbeálódott aminosav mennyiségből (az adatok nincsenek táblázatba foglalva) nagyobb hányad vett részt a Danbred állatok fehérje szintézisében, így a felszívódott, de a szervezetben feleslegesen rendelkezésre álló – és ezért a vizelettel ürülő – nitrogén mennyisége fokozatosan csökkent a kristályos aminosavkiegészítés hatására *(27. táblázat)*. A kisebb urinális N-ürítés egyben

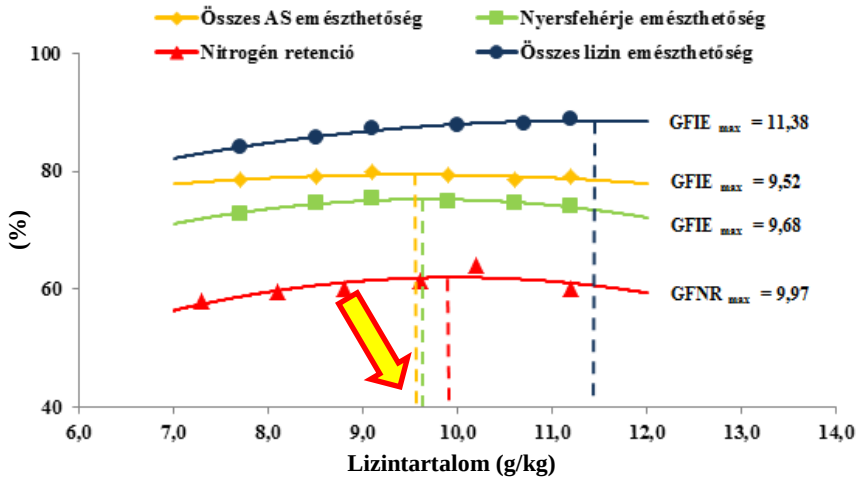
azt is valószínűsíti, hogy a Danbred növendék sertések fehérjeszintetizáló kapacitása 30-60 kg között rendkívül nagy. Ennek következtében a visszatartott nitrogén mennyiségét már azon esszenciális aminosavak is befolyásolják, amelyekről korábban több szerző is megállapította (Kerr és Easter, 1995; Liu és mtsai, 2018) hogy nincsenek hatással a N-retencióra.

A hagyományos és a közepes genetikai potenciállal rendelkező állatokban az aminosav-szintek (Liz/DE-arány) azért nem voltak hatással a N-retencióra, mert már az A-kezelés is kellő mennyiségben biztosította az állatok fehérje szintéziséhez szükséges mennyiségű energiát és aminosavat. A nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred sertések N-retenciója azonban lényegesen meghaladja a MNF x ML x Du és Hungahib 39-es hibridekét *(39. ábra),* ezért a fehérjebeépítő képesség kibontakozását az A-kezelés szűkebb Liz/DE-aránya (0,53) már korlátozta. Kerr és Easter (1995) azon állítása azonban árnyaltabban értelmezendő, amely szerint a nitrogén metabolizmusa az aminosavak mennyiségétől független. Vizsgálati eredményeink ugyanis azt jelzik, hogy a növendék sertések N-retenciójára a takarmányok aminosav-tartalmának is hatása lehet, amit a nagy genetikai potenciállal rendelkező állatokkal végzett vizsgálataink adatai egyértelműen alátámasztanak.

Azt megállapítandó, hogy mi alapján lehetséges legpontosabban megbecsülni a növendék sertések maximális N-retenciójának helyét, azaz, hogy milyen Liz/DE-aránnyal összeállított takarmány etetése mellett érhető el a legnagyobb N-visszatartás, a *40. ábrán* bemutatott adatok adnak választ.

Az állatok genotípustól független N-retenciójnak (GFNR) maximumát, és a nyersfehérje-, az összes lizin és az összes aminosav genotípustól független ileális emészthetőségének (GFIE) maximális értékeit (abszorpciós maximumok) összehasonlítva objektív képet kapunk arról, hogy mely N-tartalmú anyagok emészthetősége alapján becsülhető meg legpontosabban a N-retenció maximális értéke és ez milyen Liz/DE-aránnyal összeállított takarmány etetése mellett érhető el. Adataink alapján megállapítható, hogy az összes lizin ileális emészthetősége alapján nem lehet következtetni a maximális N-retencióra. A két abszorpciós maximum teljesen más Liz/DE-arány mellett realizálódik. Az összes lizin GFIE abszorpciós maximuma a takarmány 11,38 g/kg lizintartalma mellett volt mérhető, a legnagyobb N-retenciót azonban már a takarmány 9,97 g/kg lizintartalma mellett elérték az állatok. Az összes aminosav és a nyersfehérje vonatkozásában kalkulált abszorpciós maximumok azonban a GFNR esetében kiszámolt ponthoz nagyon közel állnak. Az összes aminosav ileális emészthetősége a takarmány 9,52 g/kg lizintartalma mellett a leghatékonyabb, a nyersfehérjéé pedig 9,68

g/kg lizintartalom mellett éri el a legnagyobb szintet. Ezek jelentéktelen eltérésnek tekinthetők a takarmányok Liz/DE-arányának tekintetében (0,69 vs. 0,70. vs. 0,72).



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,4	8,1	9,1	9,2	10,0	11,0
Liz/DE arány:	**0,53**	**0,59**	**0,66**	**0,67**	**0,72**	**0,80**
KL/ÖL arány (%):	13,5	22,2	31,9	43,5	51,0	56,4

40. ábra: A N-tartalmú anyagok genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) és a genotípustól független N-retenció (GFNR) összefüggései növendék (30-60 kg) sertésekben (%)

Összefoglalva tehát megállapítható, hogy a nyersfehérje, és az összes aminosav ileális emészthetőségének maximumából nagy pontossággal következtethetünk a N-retenció várható maximumára is, tekintettel arra, hogy a számítások szerint a maximális értékek közel azonos Liz/DE arány mellett jelentkeznek.

5.2.2 A hízósertések N-retenciója

A különböző genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekkel (60-110 kg) beállított vizsgálataink eredményeit genotípusonként összefoglalva (GSNR) a *28-30. táblázatok* szemléltetik. A vizsgált genotípusok N-retenciójának összehasonlító elemzése pedig a *41. és 42. ábrán* látható. A N-retenció vonatkozásában megállapítható, hogy azt a takarmányok Liz/DE-aránya még

differenciáltabb módon befolyásolja, mint az a növendék sertések esetében látható volt *(41. ábra)*. A hagyományos genetikai potenciállal rendelkező MNF x ML x Du hibrideknél a takarmányok Liz/DE-arányának nem volt statisztikailag igazolható hatása a N-retencióra *(28. táblázat)*. Figyelemre méltó, hogy a kísérleti takarmányok AS-kiegészítésével elért tágabb Liz/DE-arány a hagyományos genetikai potenciállal bíró kísérleti állatok fekális-, urinális-, és összes nitrogén ürítésére sem fejtett ki semmiféle hatást (P>0,05), ami egyezőséget mutat Kerr és Easter (1995) adataival. Adataink azt mutatják, hogy az aminosavkiegészítés az összes nitrogén (nyersfehérje) látszólagos fekális emészthetőségére nincs hatással.

A közepes genetikai potenciállal rendelkező Hungahib 39-es hibridekben *(29. táblázat)* a N-retenció szignifikánsan csökkent (P<0,05). Az A-kezelés etetése mellett az állatok N-retenciója 59,4% volt, amely az F-kezelésben 50,6%-ra csökkent, ami az urinális N-ürítés növekedésével hozható összefüggésbe.

A N-retenció csökkenés okainak tisztázása céljából szükséges részleteibe menően megvizsgálni a Hungahib 39-es állatok nitrogén ürítését. Ez esetben ugyanis megállapítható, hogy a fekális N-ürítés (g/nap) nagysága gyakorlatilag megegyezett a hagymányos genetikai potenciállal rendelkező állatokéval, az urinálisan ürített nitrogén mennyisége azonban a takarmányok Liz/DE-arányának növekedésével párhuzamosan nőtt. Az A-kezelés etetésekor az urinális N-ürítés a Hungahib 39-es genotípusnál 13,5 g/nap volt, az E-kezelés hatására azonban 18,6 g/napra nőtt (P<0,05). Az F-kezelés Liz/DE-aránya az urinálisan ürített nitrogén mennyiségét tovább növelte (19,6 g/nap), bár ez esetben az eltérés már nem volt statisztikailag igazolható (P>0,05).

Az urinális N-ürítés 27%-os növekedése (az adat nincs táblázatba foglalva) arra utal, hogy a Hungahib 39-es hibridekben az E-kezelés etetésekor az ileálisan abszorbeálódott aminosav mennyiségből csak kisebb hányad vett részt a fehérje szintézisében. Ennek oka feltehetően az, hogy a takarmányból (E-kezelés) gyorsan felszívódó, nagyobb mennyiségű kristályos aminosav meghaladta a szöveti fehérjeszintézis aktuális szükségletét és így a véráramba került kristályos aminosavak feltehetően felesleget képeztek (az eltérő abszorpciós fázisok miatt), az állatok pedig a feleslegben levő nitrogént a vizelettel ürítették.

28. táblázat: A hagyományos genetikai potenciállal rendelkező hízó sertések (60-110 kg) genotípus specifikus N-retenciója (GSNR)

Táplálóanyag	KEZELÉSEK[1, 2]						RMSE
	A	B	C	D	E	F	
	HAGYOMÁNYOS GENETIKAI POTENCIÁL (MNF x ML x Du)						
Szárazanyag emészthetőség (%)	83,4	83,7	83,3	83,3	83,4	83,8	0,69
N-emészthetőség (%)	84,1	83,7	83,6	83,3	84,2	84,3	1,04
N-felvétel (g/nap)	60,7	59,8	60,1	58,3	59,1	61,4	3,43
N-felvétel ($g/kg^{0,75}$/nap)	2,32[a]	2,28[bc]	2,28[bc]	2,22[d]	2,25[cd]	2,31[ab]	0,24
Összes N-ürítés (g/nap)	28,3	27,0	26,6	25,9	26,6	27,5	2,57
Összes N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	1,09	1,02	1,01	0,99	1,01	1,04	0,08
Összes N-ürítés (%)[3]	**46,8**	**45,0**	**44,2**	**44,4**	**45,0**	**44,9**	**4,07**
Fekális N-ürítés (g/nap)	9,6	9,5	9,9	9,6	9,4	9,6	0,71
Fekális N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	0,36	0,36	0,37	0,36	0,35	0,36	0,02
Fekális N-ürítés (%)[4]	**33,9**	**35,9**	**37,4**	**37,3**	**35,5**	**35,0**	**3,85**
Urinális N-ürítés (g/nap)	18,7	17,5	16,7	16,3	17,2	17,9	2,48
Urinális N-ürítés ($g/kg^{0,75}$/nap)	0,72	0,66	0,63	0,62	0,65	0,67	0,09
Urinális N-ürítés (%)[4]	**66,1**	**64,1**	**62,6**	**62,7**	**64,5**	**65,0**	**3,82**
N-retenció (g/nap)	32,3	32,8	33,5	32,4	32,5	33,8	2,88
N-retenció ($g/kg^{0,75}$/nap)	1,23	1,25	1,27	1,23	1,24	1,27	0,08
N-retenció (%)	**53,2**	**55,0**	**55,8**	**55,6**	**55,0**	**55,1**	**3,51**

[1] Lizintartalom (g/kg): A: 7,5; B: 8,1; C: 8,9; D: 9,2; E: 10,1; F: 10,7

[2] Liz/DE arány: A: 0,54; B: 0,60; C: 0,65; D: 0,68; E: 0,74; F: 0,79

[3] A N-felvétel %-ában

[4] Az összes N-ürítés %-ában

RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c, d: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

29. táblázat: A közepes genetikai potenciállal rendelkező hízó sertések (60-110 kg) genotípus specifikus N-retenciója (GSNR)

Táplálóanyag	KEZELÉSEK[1, 2]						RMSE
	A	B	C	D	E	F	
	KÖZEPES GENETIKAI POTENCIÁL (HUNGAHIB 39)						
Szárazanyag emészthetőség (%)	83,7	83,0	83,8	83,8	83,3	83,9	0,70
N-emészthetőség (%)	83,2	83,7	83,3	83,9	83,9	84,4	0,88
N-felvétel (g/nap)	56,6	57,3	56,9	58,8	58,5	58,3	4,23
N-felvétel (g/kg^{0,75}/nap)	2,20^{b}	2,25^{a}	2,25^{a}	2,25^{a}	2,24^{a}	2,24^{a}	0,02
Összes N-ürítés (g/nap)	23,0^{b}	24,2^{ab}	25,4^{ab}	26,6^{ab}	28,0^{a}	28,8^{a}	3,22
Összes N-ürítés (g/kg^{0,75}/nap)	0,89^{c}	0,95^{bc}	1,00^{abc}	1,01^{abc}	1,07^{ab}	1,11^{a}	0,10
Összes N-ürítés (%)[3]	**39,6^{a}**	**42,2^{ab}**	**44,6^{abc}**	**45,2^{abc}**	**48,1^{ac}**	**49,4^{c}**	**4,82**
Fekális N-ürítés (g/nap)	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4	9,2	0,78
Fekális N-ürítés (g/kg^{0,75}/nap)	0,36	0,36	0,37	0,35	0,36	0,35	0,02
Fekális N-ürítés (%)[4]	**41,3^{c}**	**39,1^{bc}**	**37,5^{abc}**	**35,6^{abc}**	**33,8^{ab}**	**32,3^{a}**	**3,94**
Urinális N-ürítés (g/nap)	13,5^{c}	14,9^{bc}	16,0^{abc}	17,2^{abc}	18,6^{ab}	19,6^{a}	2,91
Urinális N-ürítés (g/kg^{0,75}/nap)	0,89^{c}	0,68^{bc}	0,63^{abc}	0,66^{abc}	0,71^{ab}	0,75^{a}	0,10
Urinális N-ürítés (%)[4]	**58,7^{c}**	**60,9^{bc}**	**62,5^{abc}**	**64,4^{abc}**	**66,2^{ab}**	**67,7^{a}**	**4,00**
N-retenció (g/nap)	33,6	33,1	31,5	32,2	30,4	29,5	3,42
N-retenció (g/kg^{0,75}/nap)	1,31^{a}	1,30^{ab}	1,24^{abc}	1,23^{abc}	1,16^{bc}	1,13^{c}	0,10
N-retenció (%)	**59,4^{a}**	**57,8^{ab}**	**55,4^{abc}**	**54,8^{abc}**	**51,9^{ac}**	**50,6^{c}**	**4,44**

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,5; B: 8,1; C: 8,9; D: 9,2; E: 10,1; F: 10,7
2 Liz/DE arány: A: 0,54; B: 0,60; C: 0,65; D: 0,68; E: 0,74; F: 0,79
3 A N-felvétel %-ában
4 Az összes N-ürítés %-ában
RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke
a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

Hipotézisünket alátámasztani látszik Nørgaard (2012) azon megállapítása, amely szerint az abszorpciós fázisok közti időeltolódás a kristályos aminosavak oxidációját és glükoneogenezisre történő felhasználását vonja maga után. A szerző szerint ez az állapot addig nem szűnik meg, amíg a szöveti fehérjeszintézishez valamennyi aminosav egyidejűleg rendelkezésre nem áll.

30. táblázat: A nagy genetikai potenciállal rendelkező hízó sertések (60-110 kg) genotípus specifikus N-retenciója (GSNR)

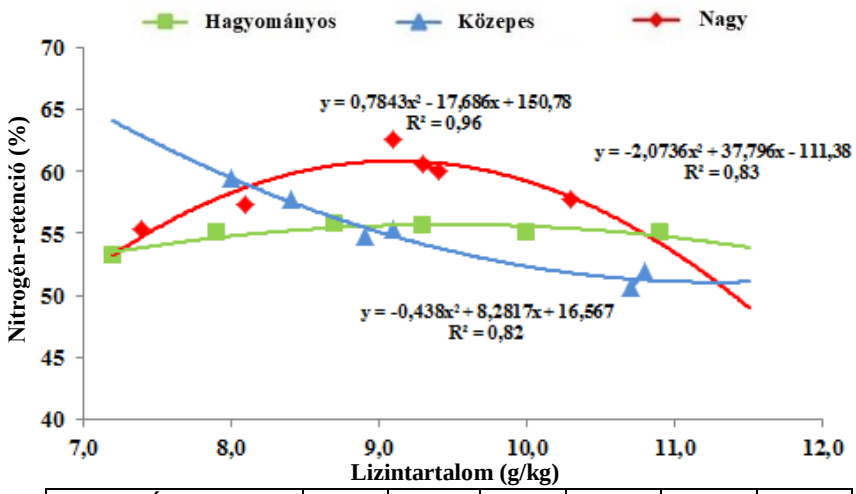
Táplálóanyag	KEZELÉSEK[1, 2]						RMSE
	A	B	C	D	E	F	
	NAGY GENETIKAI POTENCIÁL (DANBRED)						
Szárazanyag emészthetőség (%)	83,0	83,3	83,3	83,3	83,1	83,7	0,75
N-emészthetőség (%)	81,4	81,3	81,3	81,6	81,8	81,9	1,35
N-felvétel (g/nap)	61,3	61,6	61,2	62,2	62,5	63,2	4,28
N-felvétel (g/kg^{0,75}/nap)	2,28^{b}	2,33^{a}	2,33^{a}	2,33^{a}	2,32^{a}	2,32^{a}	0,03
Összes N-ürítés (g/nap)	27,4	26,3	24,1	23,3	25,0	26,7	2,79
Összes N-ürítés (g/kg^{0,75}/nap)	1,02^{a}	0,99^{ab}	0,92^{ab}	0,87^{b}	0,92^{ab}	0,98^{ab}	0,09
Összes N-ürítés (%)[3]	**44,7^{b}**	**42,6^{ab}**	**39,4^{ab}**	**37,4^{a}**	**40,0^{ab}**	**42,2^{ab}**	**4,41**
Fekális N-ürítés (g/nap)	11,7	11,3	11,4	11,5	11,5	11,4	1,02
Fekális N-ürítés	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,03
Fekális N-ürítés (%)[4]	**43,2**	**43,6**	**47,5**	**49,4**	**46,4**	**43,6**	**4,91**
Urinális N-ürítés (g/nap)	15,7^{a}	14,9^{ab}	12,7^{ab}	11,8^{b}	13,5^{ab}	15,3^{ab}	2,56
Urinális N-ürítés (g/kg^{0,75}/nap)	0,58^{a}	0,56^{ab}	0,48^{ab}	0,44^{b}	0,50^{ab}	0,56^{ab}	0,09
Urinális N-ürítés (%)[4]	**56,8**	**56,4**	**52,5**	**50,6**	**53,6**	**56,4**	**5,32**
N-retenció (g/nap)	34,0	35,4	37,1	38,9	37,5	36,5	3,72
N-retenció (g/kg^{0,75}/nap)	1,26^{b}	1,33^{ab}	1,41^{a}	1,45^{a}	1,39^{a}	1,34^{ab}	0,09
N-retenció (%)	**55,3^{b}**	**57,4^{ab}**	**60,6^{ab}**	**62,6^{a}**	**60,0^{ab}**	**57,8^{ab}**	**3,98**

1 Lizintartalom (g/kg): A: 7,5; B: 8,1; C: 8,9; D: 9,2; E: 10,1; F: 10,7
2 Liz/DE arány: A: 0,54; B: 0,60; C: 0,65; D: 0,68; E: 0,74; F: 0,79
3 A N-felvétel %-ában
4 Az összes N-ürítés %-ában
RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke
a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

A hagyományos- és a közepes genetikai potenciállal rendelkező állatok N-retenciója (g/nap) közötti eltéréseket magyarázhatja, a Hungahib 39-es állatok elégtelen energia felvétele is. Ismert ugyanis, hogy a Hungahib 39-es genetikai

konstrukcióban megtalálható Pietrain fajta energia-koncentrációval szemben támasztott szükséglete kifejezetten nagy (Topigs, 2012), így az állatok relatíve nagy energia-szükséglete a konstans takarmány-, illetve energia felvétel (nem ideális lizin/energia arány) miatt a N-retenciót korlátozó tényezővé léphetett elő.

A Hungahib 39-es állatokban kapott adataink arra hívják fel a figyelmet, hogy az aminosavak abszorpciós fázisai közötti eltérések és a takarmányok energia-koncentrációja komoly befolyásoló tényezőként jöhet szóba az ileális emészthetőség és a N-retenció vonatkozásában.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,5	8,1	8,9	9,2	10,1	10,7
Liz/DE arány:	0,54	0,60	0,65	0,68	0,74	0,79
KL/ÖL arány (%):	10,7	21,0	31,5	42,4	49,5	57,0

41. ábra: A genotípus specifikus N-retenció (GSNR) hízó (60-110 kg) sertésekben (%)

A nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred hibridekben a N-retenció az A-kezelés esetében 55,3% volt, ami a D-kezelés hatására szignifikánsan megnőtt (P<0,05). Ekkor a N-retenció elérte maximumát (62,6%). Az E- és F-kezelések hatására a Danbred állatokban a N-retenció nem javult tovább (P>0,05). A nagy genetikai potenciállal rendelkező hízósertések esetében kapott adataink ismételten megcáfolják Kerr és Easter (1995) állítását.

A legnagyobb N-retenciót (38,9 g/nap) és ezzel együtt a legkisebb urinális N-ürítést (11,8 g/nap) a D-kezelésnél mértük. A Danbred állatok esetében mért legnagyobb N-retenciót összehasonlítva a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező állatok esetében mért (numerikusan) maximális értékkel (C-kezelés) megállapítható, hogy ez naponta 14%-al több visszatartott nitrogént jelent. Az urinális N-ürítés azonban a Danbred hibridek esetében mintegy 30%-al kisebb volt, mint a MNF x ML x Du állatoknál mért érték. A közepes genetikai potenciállal rendelkező állatok adataival összevetve ezeket az értékeket, még markánsabb különbségek állapíthatók meg (az adatok nincsenek táblázatba foglalva).

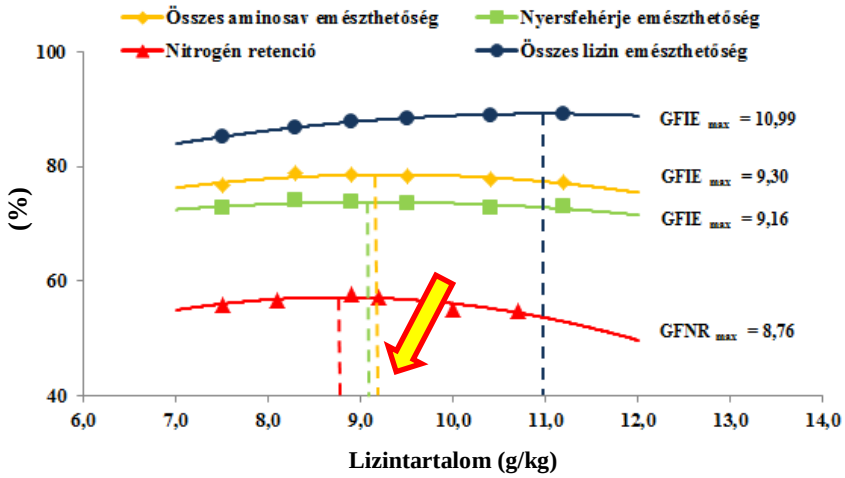
Figyelemre méltó, hogy a Danbred állatok urinális N-ürítése a legkisebb Liz/DE arányú A-kezelés és a legnagyobb Liz/DE-arányú F-kezelés etetése mellett is gyakorlatilag megegyezett. Ez feltételezhetően azzal magyarázható, hogy az A-kezelés etetésekor az állatok számára a limitáló sorban előbbre sorolt esszenciális aminosavak nem álltak rendelkezésre megfelelő mennyiségben a potenciálisan lehetséges fehérje beépítéshez, ezért a nem esszenciális, fehérjeszintézisre fel nem használható aminosavakat az állatok a vizelettel ürítették. Az F-kezelés takarmányának etetésekor ennek épp az ellenkezője érvényesült, azaz a limitáló sorban elől álló aminosavak szükséglet feletti mennyisége okán nőtt meg az állatok urinális N-ürítése. Az előbbi esetben a vizelet N-tartalma főként a takarmányok nem esszenciális aminosav-tartalmából származhatott, az utóbbi esetben viszont a vizelet N-tartalmát főként a fehérjeszintézisre fel nem használt, esszenciális aminosavak adhatták. Ezen hipotézisünket N-izotópos vizsgálatokkal lehetne alátámasztani vagy cáfolni.

Carpenter és mtsai (2004) eredményei szerint a 150,0 g/kg nyersfehérje- és 11,26 g/kg lizintartalmú takarmányok etetése mellett az állatok N-retenciója 57,0% volt. Ez gyakorlatilag megegyezik a saját vizsgáltainkban, az F-kezelés esetében, a nagy genetikai potenciállal rendelkező hibridekben mért 57,8% retencióval.

Liu és mtsai (2018) adatai szerint az azonos nyersfehérje- és lizin-tartalmú kísérleti takarmányok (nyersfehérje-tartalom: 140,0 g/kg; lizin-tartalom: 10,0 g/kg) etetése mellett a hízósertések N-retenciója nem mutatott statisztikailag igazolható változást. Ez az eredmény megegyezik a vizsgálatainkba vont MNF x ML x Du állatokban kapott adatokkal, ahol a N-retenció ugyancsak nem mutatott szignifikáns változást a kezelések változó Liz/DE-aránya, de konstans nyersfehérje-tartalma mellett.

Liu és mtsai (2018) eredményei jól összehasonlíthatóak a vizsgálatainkban etetett 150,0 g/kg nyersfehérje-, és 10,1 g/kg lizintartalmú kísérleti takarmány (E-kezelés) etetésekor kapott adatainkkal is. A szerzők a szójafehérjeforrást tartalmazó keveréktakarmány etetésekor 61,5% retenciót mértek. Ez az érték az E-kezelés esetében, a nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred állatoknál mért 60,0% N-retencióhoz jól közelít.

A genotípustól független N-retenciót (GFNR) összehasonlítva a nyersfehérje, az összes lizin és az összes aminosav ileális emészthetőségével (GFIE) megállapítható, hogy a különböző kezelésekben kapott értékekre illesztett görbék lefutása közel azonos, hasonlóan a hízlalás első szakaszában (30-60 kg) leírtakhoz. A kiszámolt abszorpciós maximum pontok összevetése *(42. ábra)* ezen az általános következtetésen túl objektív képet ad arról is, hogy az össz-lizin ileális emészthetősége alapján nem lehet következtetni a maximális N-retencióra, mivel annak abszorpciós maximuma teljesen más Liz/DE-arány mellett található.



KEZELÉS	A	B	C	D	E	F
Lizintartalom (g/kg):	7,5	8,1	8,9	9,2	10,1	10,7
Liz/DE arány:	0,54	0,60	0,65	0,68	0,74	0,79
KL/ÖL arány (%):	10,7	21,0	31,5	42,4	49,5	57,0

42. ábra: A N-tartalmú anyagok genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) és a genotípustól független N-retenció (GFNR) összefüggései hízósertésekben (60-110 kg) (%)

Az összes aminosav- és a nyersfehérje vonatkozásában kalkulált abszorpciós maximumok azonban a GFNR esetében kiszámolt ponthoz (lizin-tartalom:

8,76 g/kg) nagyon közel állnak. Az összes aminosav ileális emészthetősége a takarmány 9,30 g/kg lizintartalma mellett a leghatékonyabb, a nyersfehérjéé pedig 9,16 g/kg lizintartalom mellett éri el maximumát. Ezek jelentéktelen eltérésnek tekinthető a takarmányok Liz/DE-arányában (0,65 vs. 0,68. vs. 0,67).

Összefoglalva tehát megállapítható, hogy a hízósertések genotípustól függetlenül elérhető legnagyobb N-retenciójára (GFNR) a nyersfehérje és az összes aminosav ileális emészthetőségének (GFIE) abszorpciós maximumából következtetni lehet. Ez alapján viszonylag pontosan (0,03 Liz/DE-arány eltéréssel) megbecsülhető a takarmányok azon Liz/DE-aránya is, amely mellett a legnagyobb N-retenciót érhetjük el.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kísérletsorozatunkból az alábbi fontosabb következtetések vonhatók le:

6.1 Az ileális emészthetőségi vizsgálatokból levonható következtetések

6.1.1 A növendék sertésekkel (30-60 kg) végzett kísérletek eredményeiből levonható következtetések

A takarmányok nyersfehérje-, összes lizin-, és összes aminosav-tartalmának ileális emészthetősége a takarmányok eltérő Liz/DE aránya mellett éri el maximumát ($GSIE_{max}$) a különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben.

A nyersfehérje-, az összes lizin-, és a takarmányok összes aminosav-tartalmának genotípus specifikus látszólagos ileális emészthetősége (GSIE), valamint a takarmány lizin/energia aránya között szoros (R^2=0,72-0,97) polinomiális összefüggés írható le a hízlalás első szakaszában (30-60 kg) a felszívódás hatékonyságának genotípusonként eltérő alakulása ellenére.

A nagy genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben a fehérje ileális emészthetősége azon takarmányok etetése esetén a leghatékonyabb, amelyekben a felhasznált kristályos aminosavak aránya kisebb a fehérjében kötött aminosavakhoz képest. Ebben a tartományban a nyersfehérje ileális emészthetősége lényegesen jobb a két másik vizsgált genotípushoz (MNF x ML x Du és Hungahib 39) képest.

A fehérjében kötött aminosavak (lizin, metionin, treonin) genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) csökken a takarmány a lizin/energia arányának növelésével ($P<0,05$).

6.1.2 A hízósertésekkel (60-110 kg) végzett kísérletek eredményeiből levonható következtetések

A takarmány lizin/energia arányának a hízlalás első szakaszához képest (30-60 kg) kisebb hatása van a nyersfehérje ileális emészthetőségére a hízlalás második szakaszában (60-110 kg). A nyersfehérje genotípus specifikus-(GSIE), és genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE), valamint a takarmányok lizin/energia aránya között a hízlalás második szakaszában az összefüggés csak közepesen erős (R^2 = 0,56-0,68).

A takarmányok nyersfehérje-, összes lizin-, és összes aminosav-tartalmának ileális emészthetősége a takarmányok eltérő Liz/DE aránya mellett éri el

maximumát ($GSIE_{max}$) a különböző genetikai potenciállal rendelkező hízó sertésekben.

A fehérjében kötött aminosavak (lizin, metionin, treonin) genotípustól független ileális emészthetősége (GFIE) csökken a takarmány a lizin/energia arányának növelésével (P<0,05).

6.2 A N-retenció vizsgálatból levonható következtetések

6.2.1 A növendék sertésekkel (30-60 kg) végzett kísérletek eredményeiből levonható következtetések

Azonos nyersfehérje-tartalom mellett, a kísérleti takarmányok aminosav-kiegészítésével elért tágabb Liz/DE-arány a MNF x ML x Du és Hungahib 39-es kísérleti állatokban nincs hatással a fekális-, az urinális- illetve az összes nitrogén-ürítésre (P>0,05), ami azonos N-retenciót eredményez.

A takarmányok azonos nyersfehérje, de eltérő Liz/DE-aránya statisztikailag igazolhatóan befolyásolja a nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred hibridek N-retencióját (P<0,05). A N-retencióval együtt, ezen állatok urinális-, és összes N-ürítése is statisztikailag igazolható módon változik (P<0,05). A nagy genetikai potenciállal rendelkező növendék sertések N-retenciója lényegesen nagyobb, mint a vizsgálatainkba vont két további genotípusé.

Genotípustól függetlenül, a nyersfehérje- és a takarmányok összes aminosav-tartalmának legnagyobb ileális emészthetősége alapján ($GFIE_{max}$) nagy pontossággal megbecsülhető a takarmányok azon Liz/DE-aránya, amely mellett a növendék sertések N-retenciója eléri a maximumát.

6.2.2 A hízósertésekkel (60-110 kg) végzett kísérletek eredményeiből levonható következtetések

Azonos nyersfehérje-tartalom mellett, a kísérleti takarmányok aminosav-kiegészítésével elért tágabb Liz/DE-arány a MNF x ML x Du kísérleti állatoknál a fekális-, az urinális- és az összes nitrogén-ürítésre sincs hatással (P>0,05), ami azt eredményezi, hogy a N-retenció nem változik.

A közepes genetikai potenciállal rendelkező, Hungahib 39-es állatokban a takarmányok Liz/DE-arányának hatására szignifikánsabb nagyobb az urinális N-ürítés, illetve kisebb a N-retenció (P<0,05). Ez az eltérő forrásból származó aminosavak abszorpciós fázisa közötti eltolódással, illetve az állatok szükséglet alatti energia-ellátásával magyarázható.

A nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred hibridek N-retencióját a Liz/DE-arány statisztikailag igazoltan befolyásolja ($P<0,05$). A N-retencióval együtt, ezen állatok urinális-, és összes N-ürítése is szignifikánsan változik ($P<0,05$). A Danbred hízósertések N-retenciója lényegesen nagyobb, mint a vizsgálatainkba vont két másik genotípusé.

Genotípustól függetlenül, a nyersfehérje- és a takarmányok összes aminosav-tartalmának legnagyobb ileális emészthetősége alapján ($GFIE_{max}$) nagy pontossággal megbecsülhető a takarmányok azon Liz/DE-aránya, amely mellett a hízósertések N-retenciója eléri a maximumát.

6.3 Javaslatok

Kísérleteink eredményei alapján a jövőben indokoltnak látszik további olyan emészthetőségi- és N-retenciós vizsgálatok elvégzése, amelyek több, nagyüzemi termelésben alkalmazott, iparszerű sertéshús előállításában meghatározó jelentőséggel bíró fajta (nagyfehér, lapály, duroc, pietrain), ezek keresztezései, illetve különféle vonalai vizsgálatba vonása mellett adatokat szolgáltatnak a növendék és hízósertések nyersfehérje- és aminosav emésztő képességéről, illetve N-retenciójáról a Liz/DE-arány függvényében.

Kutatási eredményeink alapján, ezen vizsgálatok kifejezetten a nagy genetikai potenciállal rendelkező hibridek olyan összehasonlító vizsgálatára kell, hogy irányuljanak a jövőben, amelyek képesek választ adni arra, hogy az azonos genetikai potenciállal rendelkező sertésekben a nyersfehérje- és aminosav-emészthetőségben, illetve a N-retencióban vannak-e kimutatható eltérések.

A gazdaságos, környezetkímélő és a fogyasztói igényeknek leginkább megfelelni képes sertéshús előállítása érdekében javasoljuk a genotípus specifikus emészthetőség- (GFIE) és a N-retenciós vizsgálat eredményeinek figyelembevételét a genetikai profilra alapozott takarmányozási technológiák és ajánlások kidolgozása során.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

I. A nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred hibridekben a nyersfehérje ileális emészthetősége nagyobb a vizsgált hagyományos- (MNF x ML x Du) és közepes (NF x L x H x Pi) genetikai potenciállal rendelkező sertésekhez képest a hizlalás első szakaszában (30-60 kg). A nyersfehérje ileális emészthetősége azon takarmányok etetése esetén a leghatékonyabb, ahol a kristályos aminosavak aránya kisebb a fehérjében kötött aminosavakhoz képest. A hizlalás második szakaszában (60-110 kg) ilyen különbség már nem tehető.

II. A takarmányok –kristályos aminosavakkal történő– Liz/DE-arányának növelése és a fehérjében kötött aminosavak abszorpciója között szoros, negatív korreláció áll fenn, genotípustól függetlenül, a vizsgált tartományon belül.

III. A takarmány lizintartalmának valamint lizin/DE arányának növelésekor a nagy genetikai potenciállal rendelkező Danbred növendék és hízósertések N-retenciója jóval nagyobb, mint a hagyományos illetve közepes genetikai potenciállal rendelkező genotipusoké.

IV. A takarmányok nyersfehérje-, összes lizin- és összes aminosav-tartalmának ileális emészthetősége eltérő lizin/DE arány mellett éri el maximumát a különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék és hízósertésekben. Emiatt indokolt a genotípusok szerinti takarmányozási rendszer kidolgozása.

V. Az összes aminosav valamint a nyersfehérje genotípustól független ileális emészthetőségének maximuma ($GFIE_{max}$) és a genotípustól független N-retenció maximuma ($GFNR_{max}$) közel azonos lizintartalomnál (9,68 g/kg vs. 9,97 g/kg és 9,16 g/kg vs. 8,76 g/kg), lizin/DE aránynál van a hizlalás mindkét szakaszában. Ez alapján viszonylag pontosan megbecsülhető a takarmány azon lizin/DE aránya, amely mellett a növendék és a hízósertésekben a legnagyobb N-retenciót érhetjük el genotípustól függetlenül.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A fejlett gazdasággal rendelkező nyugat európai országokban és hazánkban is a sertéshús adja a háztartások által évente elfogyasztott húsok jelentős részét. Magyarországon 2019-ben az egy főre jutó sertéshúsfogyasztás 33,1 kg volt, amely az összes fogyasztás 43,2%-át tette ki. Ez alapján megállapítható, hogy a jó minőségű és a humán táplálkozási elvárásoknak leginkább megfelelni képes sertéshús iránti kereslet még mindig jelentős volument képvisel.

A sertéságazat célja olyan, nagy hústermelő kapacitással, kedvező takarmányértékesítéssel és kiváló reprodukciós teljesítménnyel rendelkező állatállományok termelésbe vonása, amelyekkel a jelentős volumen mellett, a megváltozott fogyasztói igényeket is kielégítő, jó minőségű sertéshús állítható elő. A szakirodalmi adatok szerint azonban a nagyüzemi termelésre alkalmas hízósertések teljesítményében akár 30%-os különbség is adódhat ugyanazon tartási körülmények között, amely az állatok eltérő nyersfehérje- és aminosav-szükségletét, különböző nyersfehérje- és aminosavemésztő, valamint eltérő fehérjebeépítő képességét vetíti elő.

Ismert, hogy az ileálisan emészthető lizin-felvétel, az átlagos napi súlygyarapodás, valamint a fehérjedepozíció és a takarmányértékesítés között igen szoros korreláció áll fenn. Vizsgálatainkban ezért a kifejezetten nagy színhústermelő kapacitással rendelkező, különböző teljesítménnyel és ebből adódóan eltérő genetikai potenciállal rendelkező növendék és hízósertések ileális nyersfehérje- és aminosav emésztő képességét, valamint N-retenciójának változását vizsgáltuk a takarmányok Liz/DE-arányának függvényében.

A szakirodalom a genetikai potenciál szerint három jól elkülöníthető csoportba sorolja az iparszerű termelésbe vont sertéseket: hagyományos, közepes és nagy genetikai potenciállal rendelkező állatokra. A vizsgálataink lebonyolításához szükséges, nagyüzemi sertéshús-előállításban alkalmazott genotípusok osztályokba sorolását azok átlagos napi súlygyarapodása alapján végeztük el. Kísérletsorozatunkban a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező állatok MNF x ML x Du genotípusú hibridek voltak, amelyek átlagos napi súlygyarapodása a hizlalás teljes időszakára vetítve kevesebb, mint 800 g/nap. A közepes genetikai potenciállal rendelkező sertéseket a hazánkban ma már egyre kisebb számban megtalálható Hungahib 39-es genetikai konstrukció (NF x L x H x Pi) reprezentálta, amely átlagos napi súlygyarapodása 800 és 1000 g/nap közé tehető. Az átlagosan 1000 g/nap feletti súlygyarapodásra képes,

nagy genetikai potenciállal rendelkező sertéseket vizsgálatainkban Danbred (DNF x DL x Du) hibridek képviselték.
Az emészthetőségi vizsgálatokat a 30-60 kg és 60-110 kg élősúly intervallumban, összesen 90 végtermék ártánnyal állítottuk be (3 genotípus x 6 kezelés x 5 állat/kezelés x 2 hizlalási fázis x 2 ismétlés; n=360).

A vizsgálatok megkezdése előtt a kísérleti állatokat Van Leeuwen és mtsai (1991) leírása alapján, PVTC-kanüllel láttuk el. A növendék sertések élősúlya a kísérletek kezdetén 40,9 ± 8,5 kg, a hízósertéseké pedig 80,8 ± 9,3 kg volt.

A N-retenció vizsgálatához ugyancsak a 30-60 kg, valamint a 60-110 kg között, összesen 90 végtermék ártányt használtunk (3 genotípus x 6 kezelés x 4 állat/kezelés x 2 hizlalási fázis x 2 ismétlés; n=288). Az intakt növendék sertések élősúlya a kísérlet kezdetén 42,9 ± 4,9 kg, a hízósertéseké pedig 75,0 ± 6,5 kg volt. A kísérleti takarmányokat a hizlalás első (30-60 kg) és második fázisában (60-110 kg) is kukorica, szója és árpa alapon állítottuk össze a NRC (2012) ajánlása alapján, az ideális fehérje elv figyelembevétele mellett.

Kísérleteink során a takarmányok azonos DE-, nyersfehérje- és nyersrost-tartalma mellett, 6 eltérő lizin-szint ileális emészthetőségre- és N-retencióra kifejtett hatását vizsgáltuk. Az állatok minden esetben mentesek voltak brucellózistól, leptospirózistól, Aujeszky-féle betegségtől és a sertések reprodukciós zavarokkal, valamint légzőszervi tünetekkel járó szindrómájától (PRRS).

Az emészthetőségi vizsgálatokban a nyersfehérje-, összes lizin- és összes aminosav látszólagos ileális emészthetőségét mértük és ezeket genotípus specifikus (GSIE/Genotípus Specifikus Ileális Emészthetőség), valamint genotípustól független (GFIE/Genotípustól Független Ileális Emészthetőség) bontásban is kiértékeltük.

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék- és hízósertésekben a nyersfehérje-, az összes lizin és az összes aminosav ileális emészthetősége takarmány eltérő Liz/DE aránya mellett éri el maximumát ($GSIE_{max}$). A leghatékonyabb felszívódás helyét az abszorpciós maximum pontok kiszámolásával határoztuk meg genotípusonként és táplálóanyagonként. A genotípus specifikus értékelési mód (GSIE) esetében kiszámolt abszorpciós maximumokat egymással összevetve megállapítható, hogy a takarmányok Liz/DE-aránya a felsorolt táplálóanyagok emészthetőségét differenciált módon befolyásolja az egyes genotípusokban, ezért a genotípustól független értékelési mód (GFIE) a

nyersfehérje- és az aminosavak ileális emészthetőségét bizonyos helyzetekben túl-, esetenként pedig alul értékeli.
Kísérletsorozatunk eredményei alapján megállapítható, hogy a kristályos aminosavak arányának növelésével elért nagyobb Liz/DE-arány a fehérjében kötött aminosavak (lizin, metionin, treonin) emészthetőségére szignifikáns hatással van ($P<0,05$). A takarmányok Liz/DE-arányának növelése és a fehérjében kötött aminosavak abszorpciója között szoros, negatív korreláció áll fenn, genotípustól függetlenül. A fehérjekötésben található aminosavak emészthetőségének csökkenése a kristályos-, és a „natív" forma eltérő abszorpciós fázisaira vezethető vissza.

A különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék- és hízósertések N-retenciója a takarmány más-más Liz/DE-aránya mellett a leghatékonyabb. A visszatartott nitrogén mennyisége jelentős különbségeket mutat a genetikai potenciál, valamint a takarmány Liz/DE-aránya függvényében. A genotípus specifikus nitrogén retenció (GSNR) vizsgálatával nyert adatok a növendék és hízósertések esetében is hozzájárulnak a genetikai alapokra helyezett takarmányozási koncepciók kidolgozásához.

Adataink alapján bizonyítottnak tekinthető, hogy a nitrogénforgalmat – beleértve az állatok N-retencióját– a takarmányok nyersfehérje-tartalma mellett a takarmányok aminosav-tartalma és a kristályos aminosav/fehérjében kötött aminosav-arány is nagymértékben befolyásolja.

Az emészthetőségi és a N-retenciós vizsgálat eredményeit egymással összevetve jól látható, hogy genotípustól függetlenül, a nyersfehérje- és az összes aminosav legnagyobb ileális emészthetősége alapján ($GFIE_{max}$) nagy pontossággal megbecsülhető a takarmány azon Liz/DE-aránya, amely mellett a hízó sertések N-retenciója maximalizálódik. Megítélésünk szerint a nyersfehérje- és az aminosavak ileális emészthetősége-, valamint az állatok N-retenciójának eltérései alapján megkerülhetetlen a genetikai profilra alapozott takarmányozási technológiák alkalmazása már az aminosavak abszorpciója szintjén is.

9. SUMMARY

In the Western European countries with advanced economies and also in our country, pork gives a significant part of the meat consumed each year by the households. In Hungary, in 2019, the annual per capita consumption of pork was 33.1 kg, representing nearly 43.2% of total consumption. Based on this, it can be stated that the demand for pork, which is able to meet the highest quality and human nutritional expectations, still represents a significant volume.

The aim of the pork industry is to put into production livestock with high lean meat production capacity, favorable feed conversion rate and high reproductive performance, to be able to produce high-quality pork, which, in addition to the important volume, meets the consumer needs that have changed. However, according to literature data, in the same production conditions there can be even 30% of difference in the performance of the fattening pigs suitable for large-scale production which refers to the differences in crude protein and amino acid requirements of the animals, and the differences in the digestibility of crude protein and amino acids and that of the deposition of protein.

It is well known that there is a very close correlation between ileal digestible lysine intake, the average daily weight gain, and protein deposition and feed conversion ratio. Therefore in the experiments, the ileal digestibility of crude protein and amino acid and change in N-retention of fattening pigs with an especially big difference in lean meat production capacity, and as a result, of fattening pigs with different genetic potential, were studied in relation with the Lys/DE ratio of the feed.

According to the genetic potential, the literature classifies pigs brought in industrial production into three distinct groups: animals of conventional or normal, medium and high genetic potential. The genotypes used in the production of large-scale pork production, needed for our tests were classified by their average daily weight gain. In our series of experiments, animals with conventional genetic potential were HLW x HL x Du genotype hybrids with an average daily weight gain of less than 800 g/day throughout the complete fattening period. Pigs with a medium genetic potential have been represented by Hungahib 39 genetic line (LW x L x H x Pi) - which nowadays is present in an ever smaller number in Hungary - with an average daily weight gain of between 800 and 1000 g/day.

In the experiments, pigs having a high genetic potential, being able to achieve a weight gain of over 1000 g/day, were represented by Danbred (DLW x DL x Du) hybrids.

The digestibility trials were conducted in the 30-60 kg liveweight interval with a total number of ninety crossbred growing pigs with 3 different genotype (30 animals/genotype) and genetic potential (3 genotypes x 6 treatments x 5 animals/treatment x 2 fattening phases x 2 replicates; n=360). Prior to starting the tests, the experimental animals were cannulated with PVTC cannula as described by Van Leeuwen et al. (1991). At the start of the experiments, the average live weight of growing pigs was 40.9 ± 8.5 kg, while that of fattening pigs was 80.8 ± 9.3 kg.

The N-retention tests were also established in the live weight range of 30-60 kg and 60-110 kg with a total of 90 barrows (3 genotypes x 6 treatments x 4 animals/treatment x 2 fattening phases x 4 animals/treatment x 2 repetitions; n=288). At the start of the experiments, the average live weight of intact growing pigs was 42.9 ± 4.9 kg, while that of fattening pigs was 75.0 ± 6.5 kg. Experimental feed were formulated on the basis of corn, soy and barley in the first (30-60 kg) and second phase (60-110 kg) of fattening based on the recommendation of NRC (2012), taking into consideration the ideal protein concept.

In our experiments we studied the effects of the same DE, crude protein and crude fiber content of the experimental feeds, and the effect of 6 different lysine levels on ileal digestibility and N-retention. In all cases, the animals were free from brucellosis, leptospirosis, Aujeszky's disease and Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS).

In digestibility tests, the apparent ileal digestibility of crude protein, total lysine, and total amino acid content of the feeds was also measured and their comparison was evaluated in genotype specific aspect (GSID / Genotype Specific Ileal Digestibility) and independently of the genotype (GIID / Genotype Independent Ileal Digestibility).

Based on our results, we can conclude that in growing pigs and fattening pigs with different genetic potential, there are differences in the ileal digestibility of crude protein, total lysine and total amino acid content of the feed. Ileal digestibility of crude protein, total lysine and total amino acid content reaches its maximum with the different Lys/DE ratio ($GSIE_{max}$) of the feed. The most effective digestibility was determined by calculating the absorption maximum points per genotype and nutrient. By comparing the absorption maximum

points calculated in case of the genotype specific evaluation method (GSID), we can state that the Lys/DE ratio of the feed influence the digestibility of the listed nutrients in a different way in each genotype, therefore the genotype-independent evaluation method (GIID) over-evaluates, and in some cases, under-evaluates the crude protein and the amino acid digestibility. Available literature data only show changes in total digestibility in regard of the amino acid supplementation, however changes in the digestibility of protein-bound amino acids have not been studied during the experiments. In our tests, we also aimed to investigate the digestibility of protein bound-amino acids too. Based on the results of our experiment series, we can conclude that the higher Lys/DE ratio achieved by increasing the ratio of crystalline amino acids has statistically proven effects ($P < 0.05$) on the digestibility of protein-bound amino acids (lysine, methionine+cystine, threonine). There is a close, negative correlation between the increase of Lys/DE ratio of feed and the absorption of protein-bound amino acids, regardless of the genotype. The decrease in digestibility of protein-bound amino acids results from the different absorption phases of crystalline and "native" forms.
Based on our results it can be also established that the N-retention of growing and fattening pigs with different genetic potential is the most effective with the different Lys/DE ratio of the feed, and the amount of retained nitrogen also shows significant differences depending on the genetic potential and the Lys/DE ratio of the feed. Therefore the data obtained from the analysis of the genotype specific nitrogen retention (GSNR) also contribute to the development of feeding concepts based on genetics profile of growing and fattening pigs.

Based on our data, it is proven that nitrogen metabolism - including N-retention of animals -, in addition to the crude protein content of feed, is largely influenced by the amino acid content of the feed and the crystalline amino acid/protein-bound amino acid ratio.

By comparing the results of digestibility and N-retention tests, it can be seen that irrespective of the genotype, based on the highest ileal digestibility ($GIID_{max}$) of crude protein content and total AA-contents of the feed, the Lys/DE ratio of feed can be estimated with high precision, wich the N-retention of growing and fattening pigs is maximized. In our opinion, based on the ileal digestibility of crude protein and amino acids, as well as differences in N-retention of animals, it can be stated that the use of genetic profile-based feeding technologies can be considered as unavoidable already at the absorption level of amino acids.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Nagyon sok köszönettel tartozom témavezetőmnek, mentoromnak, barátomnak, **Dr. Tossenberger Jánosnak**, aki az elvégzett vizsgálatok megszervezésében, a kísérleti adatok feldolgozásában és kiértékelésében, valamint azok értelmezésében nyújtott nélkülözhetetlen segítséget, folyamatosan irányítva munkámat.

Sok köszönettel tartozom **Dr. Nagy István** egyetemi tanár úrnak, **Dr. Nagyné Kiszlinger Henrietta** adjunktus asszonynak, valamint **Dr. Andrássy Zoltánné** docens asszonynak a kísérleti adatok statisztikai értékelésében nyújtott rendkívül nagy segítségükért. Külön köszönettel tartozom barátomnak, kollégámnak, **Czompó Krisztiánnak**, a Bábolna Takarmány Kft. értékesítési- és innovációs igazgatójának azért, hogy az eredmények értelmezése során szakmai beszélgetéseinkkel segítette az élettani folyamatok újszerű interpretálását. Ugyancsak köszönettel tartozom **Dr. Vida Orsolyának**, egykori kolléganőmnek, aki szakmai-, technikai- és lélektani támogatást nyújtott dolgozatom elkészítésében.

Köszönetem fejezem ki **Horák András** és **Sudár Gergő** volt kollégáimnak, barátaimnak a kísérletek operatív részében vállalt önzetlen segítségükért, valamint **Bacsur Petrának**, a disszertáció idegen nyelvű részeinek lektorálásáért.

Köszönöm az egykori Kaposvári Egyetem Takarmányozástani Tanszékén dolgozó valamennyi munkatársam vizsgálatok során nyújtott rendkívül értékes munkáját, szakértelmét és önzetlen segítségét. Köszönetem fejezem ki mindazon graduális képzésben részt vett hallgatóknak is, akik tudományos munkámban segítségemre voltak: **Tolnai Lászlónak, Móczár Melindának, Gruber Zsanettnek, Obrácz Viviennek** és **Málovics Gábornak.**

Köszönettel tartozom **szüleimnek, testvéreimnek, családomnak, barátaimnak és a Bonafarm Mezőgazdaság sertéságazatának** feltétel nélküli támogatásukért és türelmükért.

Köszönöm!

Örök hálával tartozom néhai szerelmemnek, mennyasszonyomnak, kedvesemnek türelméért, támogatásáért, határtalan szeretetéért és azért a rövidke nekünk jutott időért, amely alatt élete nehéz időszakaiban is munkára, kitartásra és arra buzdított, hogy soha ne adjam fel.

Köszönök mindent Ancsika!

11. IRODALOMJEGYZÉK

Ajinomoto Eurolysine S. A. S. (2011). Formulating Pig Grower Diets With No Minimum Crude Protein – Essential Amino Acids Requirements, *Energy Systems and Low Protein Diets.* Information n° 37.

Aliczki, K., Bartha, A., Garay, R., Nyárs, L., Papp, G., Popp, J., Potori, N., Vőneki, É. (2009). A főbb állattenyésztési ágazatok helyzete. Agrárgazdasági Kutató Intézet. *Agrárgazdasági tanulmányok.* **3:** 49-74.

AOAC. (1996). Official Methods of Analysis. *16th ed. Assoc. Off Anal. Chem.,* Arlington VA.

Applegate, T. J., Adedokun, S. A., Adeola, O., Parsons, C. M., Lilburn, M. S. (2008). Amino acid digestibility – Methodology and application. *Proceedings of the Multi-State Poultry Feeding and Nutrition Conference. Indianapolis,* May 20-22, 7.

Babinszky, L., Csató, L., Hancz, Cs., Horn, P., Horváth, L., Kovács, J., Szendrő, Zs., Wittmann, M., Zomborszkyné Kovács, M. (2000). Állattenyésztés 3. – Sertés, nyúl, prémes állatok, hal.

Babinszky, L. (2005). Ileal digestibility of amino acids in pigs and poultry feeds and their use in diet formulation. In: Fekete S. Gy., *Selected Chapters of Veterinary Nutrition and Dietetics I. Budapest – Zamárdi – Zebegény.* 144-169.

Babinszky, L., Halas, V. (2009). Innovative swine nutrition: some present and potential applications of latest scientific findings for safe pork production. *Ital. J. Anim. Sci.,* **8:** 7-20.

Ball, R. O., Aherne, F. X. (1987). Influence of dietary nutrient density, level of feed intake and weaning age on young pigs. 2. Apparent nutrient digestibility and incidence and severity of diarrhea. *Can. J. Anim. Sci.,* **67:** 1105–1115.

Bárdos, L., Húsvéth, F., Kovács, M. (2007). Gazdasági állatok anatómiájának és élettanának alapjai. http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Gazdasagi-allatok-anatomiajanak-es-elettananak-alapjai/ch05.html (Letöltés ideje: 2017.05.21).

Barea, R., Nieto, R., Vitari, F., Domeneghini, C., Aguilera, J. F. (2011). Effects of pig genotype (Iberian v. Landrace × Large White) on nutrient digestibility, relative organ weight and small intestine structure at two stages of growth. *Animal.,* **5:** 547-557.

Batterham, E. S., Bayley, H. S. (1989). Effect of frequency of feeding of diets containing free or protein-bound lysine on the oxidation of (14C) lysine or (14C) phenylalanine by growing pigs. *Br. J. Nutr.,* **62:** 647.

Bech-Andersen, S., Mason, V.C., Dhanoa, M.S. (1990). Hydrolysate preparation for amino acid determination in feed constituents: 9. Modification to oxidation and hydrolysis conditions for streamlined procedures. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.,* **63:** 188-197.

Bokori, J. (1996). Takarmányozástan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Buraczewska, L., Swiech, E. (2000). A note on absorption of crystalline threonine in pigs. *J. Anim. Feed Sci.* **9:** 489-492.

Caine, W. (1997). Ileal recovery of endogenous amino acids in pigs. PhD Thesis. Wageningen (With Summary in Dutch) ISBN 90-5485-798-6.

Campbell, R. G., Taverner, M. R. (1988). Genotype and sex effects 117nt he relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs. *J. Anim. Sci.,* **66:** 676-686.

Carpenter, D. A., O'Mara, F. P., O'Doherty, J. V. (2004). The effect of dietary crude protein concentration on growth performance, carcass composition and nitrogen excretion in entire grower-finisher pigs. *Ir. J. Agric. Food. Res.* **43:** 227–236.

Chung, T. K., Baker, D. H. (1992). Apparent and true amino acid digestibility of a crystalline amino acid mixture and of casein: comparison of values obtained with ileal-cannulated pigs and cecectomized cockerels. *J. Anim. Sci.,* **70:** 3781-3790.

Close, W. H. (1994). Feeding new genotypes: establishing amino acid/energy requirements. *Principles of pig science,* 123-140.

Close, W. H. (2004a). Új genotípusok takarmányozása. *Takarmányozás,* **7 (2):** 4-7.

Close, W. H. (2004b). Új genotípusok takarmányozása. *Takarmányozás,* **7 (3):** 5-8.

Colina, J. J., Lewis, A., Miller, P. S. (2002). Dietary amino acid atilization for body protein deposition – current and future research. *Nebraska Swine Reports.* 75.

Colina, J. J., Miller, P. S., Lewis, A. J., Fischer, R. L. (2013). Utilization of crystalline or protein-bound lysine for growth and carcass traits of barrows and gilts fed individually or in groups. *J. Anim. Sci.,* **91:** 3780-3787.

Csapó, J., Csapóné, Kiss Zs. (2003). Élelmiszer-kémia. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Elelmiszer_kemia/ch03s05.html (Letöltés ideje: 2017. 05.21).

Danbred International. (2017). Nutritional requirements for Danbred pigs. Amino acids in the feed. http://www.dongagne.com/admin/bbs/ down.php?code=data&idx=5249&no=1 (Letöltés ideje: 2017. 05.07).

Deák, T. (2003). Különböző fajtájú hízósertések növekedési ritmus jellemzőinek elemzése. PhD értekezés. Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Állattudományi Intézet, Állattenyésztéstani Tanszék, Keszthely.

Deng, D., Huang, R. L., Li, T. J., Wu, G. Y., Xie, M. Y., Tang, Z. R., Kang, P., Zhang, Y. M., Fan, M. Z., Kong, X. F., Ruan, Z., Xiong, H., Deng, Z. Y., Yin, Y. L. (2007). Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential amino acids. *Livest. Sci.* **109:** 220-223.

Dublecz, K. (2011a). Baromfitakarmányozás. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_baromfitakarmanyozas/ch02s09.html (Letöltés ideje: 2017.05.23).

Dublecz, K. (2011b). Takarmányozástan. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_13_Takarmanyozastan/ch04s06.html (Letöltés ideje: 2017.04.20).

Dugan, M. E. R., Sauer, W. C., Dugan Jr., J. M., Caine, W. R. (1994). Determination of bacterial amino acid contribution to ileal digesta from pigs using 35S and DAPA marker techniques. *J. Anim. Feed Sci.,* **3:** 149-159.

Eurostat (2023). https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO_MT_LSPIG/default/line?lang=en (Letöltés ideje: 2023. 09.04.)

Gloaguen, M., Le Floc'h, N., Corrent, E., Primot, Y., van Milgen, J. (2014). The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets. *J. Anim. Sci.,* **92:** 637-644.

González-Vega, J. C., Stein, H. H. (2012). Amino acid digestibility in canola, cottonseed, and sunflower products fed to finishing pigs. *J. Anim. Sci.,* **90:** 4391–4400.

Gruber, Zs. (2012). A takarmányok eltérő lizin-kiegészítésének hatása a normál genetikai potenciállal rendelkező növendék sertések N-retenciójára. *Diplomadolgozat.* Kaposvári Egyetem, Takarmányozástani Tanszék. Kaposvár.

Gyurcsó, G., Tóth, T., Fábián, J., Tossenberger, J. (2011). Az L-valin kiegészítés hatása a brojlercsirkék fontosabb naturális mutatóira. LIII. Georgikon napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Keszthely, 2011. szeptember 29-30.

Hahn, J. D., Baker, D. H. (1995). Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan and sulfur amino acids for finishing swine. *J. Anim. Sci.,* **73:** 482-489.

Han, I. K., Lee, J.H. (2000). The role of synthetic amino acids in monogastric animal production. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.,* **13:** 543-560.

Házas, Z. (2005). Kanokkal történő sertéshús termelésének lehetőségei. *PhD értekezés.* Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Sertéstenyésztési tanszék.

He, L., Wu, L., Xu, Z., Li, T., Yao, K., Cui, Z., Yin, Y., Wu, G. (2016). Low-protein diets affect ileal amino acid digestibility and gene expression of digestive enzymes in growing and finishing pigs. *Amino Acids,* **48:** 21–30.

Heo, J. M., Kim, J. C., Hansen, C. F., Mullan, B. P., Hampson, D. J., Pluske, J. R. (2009). Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of Escherichia coli. *J. Anim. Sci.,* **87:** 2833–2843.

Horn, P. (2000). Állattenyésztés 3. Sertés, nyúl, prémes állatok, hal. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Horn, P., Pászthy, Gy. és Bene, Sz. (2011). Sertéstenyésztés. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_sertestenyesztes /ch06s03.html (Letöltés ideje: 2017.04.07).

Horn, P. (2012). A világélelmezés stratégiai kérdései az állattenyésztés szempontjából. XXXIV. Óvári Tudományos Nap – A Magyar Mezőgazdaság – Lehetőségek, források, új gondolatok. 2012. október 5. ISBN 978-963-9883-93-2.

Horn, P., Sütő, Z. (2014). A világ baromfihús-termelése és az előállítás versenyképessége. *Acta Agraria Kaposváriensis,* **18:** 14-29.

Hungapig. (2017). http://hungapig.hu/a-Hungahib-sertes (Letöltés ideje: 2018.03.15).

Izquierdo, O. A., Parsons, C. M., Baker, D. H. (1988). Bioavailability of lysine in L-lysine HCl. J. *Anim. Sci.,* **66:** 2590-2597.

Jensen, M.T., Cox, R.P., Jensen, B. B. (1995). 3-Methylindole (skatole) and indole production by mixed populations of pig fecal bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.,* **61:** 3180–3184.

Jha, R., Berrocoso, J. F. D. (2016). Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and 119nt he environment: A review. *Anim. Feed Sci. and Technol.,* **212:** 18–26.

Kakuk, T., Schmidt, J. (1988). Takarmányozástan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Kaspowicz-Potocka, M., Franiewicz, A. (2011). Effect of protein level in diets of grower-finisher pigs on growth performance, nitrogen excretion and carcass value. *Pol. J. Natur. Sci.,* **26:** 293–301.

Kerr, B. J., Easter, R. A. (1995). Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *J. Anim. Sci.* **73:** 3000-3008.

Kim, K. H., Sohn, K. S., Hyun, Y., Han, I. K. (2000). Estimation of protein deposition rate of growing-finishing pigs reared in commercial conditions in Korea. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.,* **13:**1147-1153.

Knowles, T. A., Southern, L. L., Bidner, T. D., Kerr, B. J., Friesen, K. G. (1998). Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. *J. Anim. Sci.,* **76:** 2818-2832.

KSH, Központi Statisztikai Hivatal. https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qpt011b.html (Letöltés ideje: 2023.09.04).

Leibholz, J., Love, R. J., Mollah, Y., Carter, R. R. (1986). The absorption of dietary l-lysine and extruded l-lysine in pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.* **15:** 141-148.

Lewis, A. J., Nishimura, N. (1995). Valine requirement of the finishing pig. *J. Anim. Sci.,* **73:** 2315-2318.

Liu, W. C., Lee, S. I., Hong, S. T., Jang, Y. S., Kim, I. H. (2018). Comparison of apparent total tract and ileal digestibility in growing and finishing pigs fed soybean meal, rapeseed meal, and canola meal. *J. of Appl. Anim. Sci. Res.*, **46:** 55–59.

Low, A. G. (1980). Nutrient absorption in pigs. *J. Sci. Food. Agric.*, 1087-1130.

Magyar Szabvány (1977). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSz 6830/377. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.

Magyar Szabvány (1978). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSz 6830/6-78. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.

Magyar Szabvány (1978). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSz 6830/8-78. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.

Magyar Szabvány (1981). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSZ 6830-4:1981. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.

Magyar Szabvány (1981). Kémiai vizsgálatok és számítások. Msz 6830/7-81. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.

Magyar Szabvány (1980). Kémiai vizsgálatok és számítások. Msz 6830/20-80. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.

Magyar Szabvány (1991). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSz-ISO 6491. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.

Makkink, C. A., Heinz. T. (1990). Endogenous N losses at the terminal ileum of young piglets fed diets based on either skim milk powder or soybean meal. *Proceedings of the Vth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs.* **54:** 196.

McNab, J. M. (1994). Amino acids in farm animal nutrition. (ed. D'Mello, J.P.F.). *CAB International,* 185-203.

Merks, J. W. M. (2000). One century of genetic changes in pigs and the future needs. *Br. Soc. Anim. Sci.*, **27:** 8-19.

Mézes, M., Hauszenblasz, J. (2009). Sertéstakarmányozás. Mezőgazda kiadó, Budapest.

Molnár, Z. (2009). Aminosavak tisztításának és elválasztásának vizsgálata szimulált mozgóréteges preparatív folyadékkromatográfiás művelettel. *Doktori (PhD) értekezés.* Pannon Egyetem, Vegyipari Műveleti Tanszék. Veszprém. 2009.

Moughan P. J., Rutherfurd, S. M. (1990). Endogenous flow of total lysine and other amino acids at the distal-ileum of protein- or peptide-fed rat; the chemical labelling of gelatine protein by transformation of lysine to homoarginine. *J. Sci. Food Agric.*, **52:** 179-186.

Moughan, P. J. (1993). Animal factors affecting protein utilisation in the pig. Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. 39. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen.

Nagy, K., Sudár, G., Fébel, H., Tossenberger, J., Tóth, T. (2016). A nyersrostellátás újszerű megközelítése a növendék-hízósertések takarmányozásában. *Agronapló.,* **20:** 130-131.

Nahm, K. H. (2002). Efficient feed nutrient utilization to reduce pollutants in poultry and swine manure. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.,* **32:** 1-16.

Noblet, J., Henry, Y., Dubois, S. (1987). Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.,* **65:** 717-726.

Nørgaard, J. V. (2012). Dietary protein in pig nutrition. In K. E. Bach Knudsen, N. J. Kjeldsen, H. D. Poulsen, & B. B. Jensen (Eds.), *Nutritional physiology of pigs – Online publication (Chapter 9).* Foulum: Videncenter for Svineproduktion.

Nørgaard, J. V., Buxant, L., Clausen, D., Sharma, N., Sørensen, P. (2016). Utilization of crystalline and protein-bound amino acids by growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* **94:** 246-248.

NRC. (2012). National Research Council. Nutrient requirements of swine. Eleventh revised edition ed. Washington, DC, USA: National Academy Press.

NSNG. (2010). National Swine Nutrition Guide, 2010. http://porkgateway.org/resource/ national-swine-nutrition-guide-tables-on-nutrient-recommendations-ingredient-composi tion-and-use-rates (Letöltés ideje: 2017.04.07).

Otto, E. R., Yokoyama, M., Ku, P.K., Ames N. K., Trottier N. L. (2003). Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. *J. Anim. Sci.,* **81:** 1743-1753.

Radnóczi, L., Kövér, Gy., Farkas, J., Nagy, I. (2009). A hazai sertésállományok genetikai potenciáljának értékelése, teljesítményvizsgálati eredményeik alapján. *Állattenyésztés és takarmányozás* **58:** 397-410.

Rao, S., McCracken, K. J. (1990). Protein requirements of boars of high genetic potential for lean growth. *Anim. Prod.,* **51:** 179-187.

Rérat, A. (1978). Digestion and absorption of carbohydrates and nitrogenous matters in the hingut of the omnivorous non-ruminant animal. *J. Anim Sci.,* **45:** 1808.

Rérat, A. (1995). Nutritional value of protein hydrolysis products (oligopeptides and free amino acids) as a consequence of absorption and metabolism kinetics. *Arch. Anim. Nutr.,* **48:** 23-26.

Rivera-Ferre, M. G., Aguilera, J. F., Nieto, R. (2006). Differences in whole-body protein turnover between Iberian and Landrace pigs fed adequate or lysine-deficient diets. *J. Anim. Sci.,* **84:** 3346-3355.

Sato, H., Kobayashi, T., Jones, R. W., Easter, R. A. (1987). Tryptophan availability of some feedstuffs determined by pig growth assay. *J. Anim. Sci.* **64:** 191-200.

Sauer, W. C., Ozimek, L. (1986). Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications. A Rewiew. *Livest. Prod. Sci.,* **15:** 367-388.

Sauer, W. C., Dugan, M., de Lange, C. F. M., Imbeah, M., Mosenthin, R. (1989). Considerations in methodology for the determination of amino acid digestibilities in feedstuffs for pigs. Friedmann, M. (Ed.), *Absorption and Utilization of Amino Acids*., **3:** 217–230.

SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.4 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013.

Schinckel, A. P., de Lange, C. F. M. (1996). Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J. Animal Sci.,* **74:** 2021-2036.

Schmidt, J. (2003). A takarmányozás alapjai. Mezőgazda kiadó, Budapest.

Schröder, H. (1988). Untersuchungen zur scheinbaren Verdaulichkeit von N-verbindungen in differenzierten Abschnitten des Intestinaltraktes am wachsenden Schwein. *Dokt. Diss., Christian Albrechts Univ.,* Kiel.

SEGES Pig Research Centre. (2016). Nutrient content for growing-finishing pigs. *Nutrient recommendations for pigs in Denmark,* 4-5.

SEGES Pig Research Centre. (2017). Nutrient content for growing-finishing pigs. *Nutrient recommendations for pigs in Denmark,* 3.

Souffrant, W. B. (2001). Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. *Anim. Feed Sci. and Technol.,* **90:** 93-102.

Šprysl, M., Stupka, R., Cítek, J. (2004). Effect of genotype on production potential in pigs realized in the sphere of production herds in Czech Republic. *55nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production,* Slovenia, Bled.

Stein, H. H., Fuller, M. F., Moughan, P. J., Sève, B., Mosenthin, R., Jansman, A. J. M., Fernández, J. A., de Langhe, C. F. M. (2007). Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock Sci.,* **109:** 282–285.

Szabó, Cs., Halas, V. (2011). A takarmányértékelés alapjai. Digitális tankönyvtár. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059sertestakarmanyozas/ch02s03.html (Letöltés ideje: 2017.04.30)

Tanksley Jr., T. D., Knabe, D. A. (1984). Ileal digestibilities of amino acids in pig feeds and their use in formulating diets. *Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths,* London, 75-94.

Topigs (2012). Feeding manual. Feeding advice Top Pi progeny. https://varkens.nl /sites/default/files/Feeding%20Manual%20Top%20Pi%20%20progeny%202012.pdf (Letöltés ideje: 2018.03.15)

Tossenberger J., Babinszky L. (1996). Országos Takarmányozástani Oktatási-Kutatási Napok, Keszthely, 21-26.

Tossenberger, J., Fébel, H., Babinszky, L., Gundel, J., Halas, V., Bódisné Garbacz, Z. (2000). Az aminosavak ileális emészthetősége sertésekben. 1. Közlemény: Az ileális emészthetőség meghatározása különböző módszerekkel. (Irodalmi feldolgozás). *Állatteny.Tak.,* **49:** 375-384.

Trottier, N. L. (2004). Utilization of crystalline amino acids by the gut in growing pigs – NPB # 03-030. *National Pork Board* http://old.pork.org/filelibrary/researchdocuments/03-030-trottier.abs.11-1-04.pdf (Letöltés ideje: 2017.05.21)

Van Leeuwen, P., van Kleef D. J., van Kempen D. J. M., Huisman J., Verstegen, M.W.A. (1991). The post valve T-caecum cannulation technique in pigs applicated to determine the digestibility of aminos acids in maize, groundnut and sunflower meal. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.,* **65:** 183-193.

Varley, M. (2001). The genetics of pig lean tissue growth. *Feed Mix,* **9:** 8-10.

Vidács, L. (2004). Sertéstenyésztéstan. Egyetemi jegyzet. Szegedi Tudományegyetem, Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Állattenyésztéstani Tanszék, Hódmezővásárhely.

Wellock, I. J., Fortomaris, P. D., Houdijk, J. G. M., Kyriazakis, I. (2008). Effects of dietary protein supply, weaning age and experimental enterotoxigenic Escherichia coli infection on newly weaned pigs: Performance. *Animal.* **2:** 825–833.

Weon, B. M., Je, J. H. (2009). Theoretical estimation of maximum human lifespan. *Biogerontology,* **10:** 65-71.

Yen, J. T., Kerr, B. J., Easter, R. A., Parkhurst, A. M. (2004). Difference in rates of net portal absorption between crystalline and protein-bound lysine and threonine in growing pigs fed once daily. *J. Anim. Sci.* **82:** 1079-1090.

Zebrowska, T. (1973). Digestion and absorption of nitrogenous compounds in the large intestine of pigs. *Rocz. Nauk. Roln.* **95:** 85.

Zhang, H. L., Qiao, S. Y., Chen, X. J., Wang, X., Xing, J. J., Yin, Y. L. (2005). Effects of graded levels of soya-bean protein on endogenous ileal lysine loss and amino acid digestibility in growing pigs. *Anim. Sci.,* **81:** 257-264.

Zsolnai, M. (2002). Az EU-ban is megálljuk a helyünket. *Mezőhír.,* **6:** 70-73.

12. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

12.1 A disszertáció témakörében megjelent közlemények

Magyar nyelven megjelent tudományos közlemény:

Tenke, J., Horák, A., Tischler, A., Tolnai, L., Tossenberger, J. (2011).: A lizin ellátás hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére növendék sertésekben. *Acta Agraria Kaposváriensis.* **15 (2):** 47-54. (ISSN 1418-1789)

Tenke, J., Babinszky, L. (2012). A molekuláris genetika eredményeinek alkalmazása a hízósertések takarmányozásában. *Magyar Állatorvosok Lapja.* **134 (3):** 179-188.

Idegen nyelven megjelent tudományos közlemény:

Tenke, J., Vida, O., Nagy, I., Tossenberger, J. (2023). Classifying high performance genetic lines in pork production by evaluating ileal crude protein and selected amino acid digestibility in growing pigs. *Animals.* **13:** 1898.

Tenke, J., Sudár, G., Vida, O., Tossenberger, J. (2023). Effect of the lysine/energy ratio of the diet on the ileal digestibility of crude protein in growing pigs with different genetic potential. *Állattenyésztés és Takarmányozás.* **72 (2):** 113-125.

Konferencia kiadványban teljes terjedelemben megjelent anyag (proceeding):

Tenke J., Tolnai, L., Tossenberger, J. (2011). A takarmányok lizin-kiegészítésének hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére hízó sertésekben. *Fenntarthatóság és versenyképesség? LIII. Georgikon napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia.* Keszthely, 2011. szeptember 29-30. Az LIII. Georgikon Napok Elektronikus Kiadványa. (ISBN 978-963-9639-44-7)

Tenke J., Obrácz, V., Tossenberger, J. (2012). A takarmányok elrtérő lizin-tartalmának hatása az aminosavak ileális emészthetőségére növendék sertésekben. *A magyar mezőgazdaság-lehetőségek, források, új gondolatok. XXXIV. Óvári tudományos nap.* Mosonmagyaróvár, 2012. október 5. 557-562. (ISBN 978-963-9883-93-2).

Hazai konferencia kiadványban megjelent abstract:

Tenke, J., Horák, A., Tischler, A., Tolnai, L., Tossenberger, J. (2011). A lizin ellátás hatása a fehérjék és az aminosavak ileális emészthetőségére növendék sertésekben. *A takarmányozás aktuális kérdései. 15.*

Nemzetközi Takarmányozási Szimpózium. Kaposvár, 2011. jún. 3. 61-62. (ISBN 978-963-9821-32-3)

Tenke J., Tolnai L., Tossenberger, J. (2011). A takarmányok lizin-kiegészítésének hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére hízó sertésekben. *Fenntarthatóság és versenyképesség? LIII. Georgikon napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia.* Keszthely, 2011. szeptember 29-30. 125. (ISBN 978-963-9639-43-0)

Hazai konferencián bemutatott előadás:

Tenke, J., Horák, A., Tischler, A., Tolnai, L., Tossenberger, J. (2011) A lizin ellátás hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére növendék sertésekben. *A takarmányozás aktuális kérdései. 15. Nemzetközi Takarmányozási Szimpózium.* Kaposvár, 2011. június 3.

Tenke, J., Tolnai, L., Tossenberger, J. (2011). A takarmányok lizin-kiegészítésének hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére hízó sertésekben. *Fenntarthatóság és versenyképesség? LIII. Georgikon napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia.* Keszthely, 2011. szeptember 29-30.

Tenke, J., Obrácz, V., Tossenberger, J. (2012). A takarmányok elrtérő lizin-tartalmának hatása az aminosavak ileális emészthetőségére növendék sertésekben. *A magyar mezőgazdaság-lehetőségek, források, új gondolatok. XXXIV. Óvári tudományos nap.* Mosonmagyaróvár, 2012. október 5.

Tenke, J. (2012). A takarmányok eltérő lizin-tartalmának hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére közepes genetikai potenciálú növendék sertésekben. *Takarmányozást oktatók és kutatók találkozója*. Keszthely, 2012. augusztus 27-28.

A disszetáció témakörében készült diplomadolgozatok:

Tolnai László, Mezőgazdasági Mérnök BSc szak - A takarmányok lizin-kiegészítésének hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére közepes genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben (2012).

Gruber Zsanett, Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc szak - A takarmányok eltérő lizin-kiegészítésének hatása a normál genetikai potenciállal rendelkező növendék sertések N-retenciójára (2012).

Móczár Melinda, Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc szak - A takarmányok aminosav-kiegészítésének hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére normál genetikai potenciállal rendelkező hízó sertésekben (2012).

Obrácz Vivien, Mezőgazdasági mérnök BSc szak - A lizin-kiegészítés hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben (2013).

Málovics Gábor, Állattenyésztő mérnök BSc szak - A takarmányok lizin-tartalmának hatása a hagyományos genetikai potenciállal rendelkező hízó sertések N-retenciójára (2015).

12.2 A disszertáció témakörén kívül megjelent közlemények

Magyar nyelven megjelent tudományos közlemények:

Tossenberger, J., Halas, V., Tóthi, R., Horák, A., Tenke, J., Tischler, A. (2011). Tartalékok és lehetőségek a tojótyúkok költséghatékony takarmányozásában. *Acta Agraria Kaposváriensis.* **15 (2):** 1-13. (ISSN 1418-1789)

Szabó-Fodor, J., Bóta, B., Mihucz, G., Sulyok, M., Tenke, J., Kovács, M. Hazai sertéstakarmányok multi-mikotoxin szennyezettségének felmérése. (2018). *Magyar Állatorvosok Lapja.* **140 (3):** 349-360.

Szabó-Fodor, J., Bóta, B., Mihucz, G., Sulyok, M., Tenke, J., Kovács, M. Hazai sertéstakarmányok multi-mikotoxin szennyezettségének vizsgálata és az eredmények összehasonlítása 2016, 2017 és 2018-ban. (2020). *Magyar Állatorvosok Lapja.* **142 (11):** 689-701.

Vida, O., Egri, B., Tenke, J., Horák, A., Tóth, T. (2018). Szilárd és folyékony glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítménymutatóira, tejtermelésére és néhány vérparaméterére. *Állattenyésztés és Takarmányozás.* **67 (2):** 78-91.

Vida, O., Tenke, J., Czompó, K., Tanai, A., Fábián, J. (2019). A terápiás dózisban alkalmazott cink-oxid kiegészítés és a különböző rostforrások hatása a választott malacok teljesítményére. *Agronapló.* **23 (9):** 68-69.

Konferencia kiadványban teljes terjedelemben megjelent anyag (proceeding):

Tossenberger, J., Halas, V., Tóthi, R., Horák, A., Tenke, J., Tischler, A. (2011). Tartalékok és lehetőségek a tojótyúkok költséghatékony takarmányozásában. *A takarmányozás aktuális kérdései. 15. Nemzetközi*

Takarmányozási Szimpózium. Kaposvár, 2011. jún. 3. 3-16. (ISBN 978-963-9821-32-3)

Hazai konferencia kiadványban megjelent abstract:

Tenke, J., Seregi, J., Varga, L., Tossenberger, J. (2013). Nagy teljesítményű hibrid sertések háztáji tartásban – Egy hízlalási vizsgálat eredményei. *A jövő farmja. LV. Georgikon napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia.* Keszthely, 2013. szeptember 26-27.

Külföldi konferencia kiadványban megjelent abstract:

Tossenberger, J., Tenke, J., Donkó, T., Repa, I., Horák, A., Tischler, A., Kühn, I. (2011). The effect of phytase and phosphorus supply on different bone parameters estimated by computer-tomography in broilers. *18th European Symposium on Poultry Nutrition.* Çeşme-İzmir, Turkey, 2011. okt. 31 - nov. 4. 671-673.

Tossenberger, J., Tenke, J., Horák, A. P., Tischler, A., Feuerstein, D. (2011). Effect of xylanase and beta glucanase supplementation of the diet on the ileal and postileal digestibility of nutrients in growing pigs. *10. BOKU-Symposium Tierernährung.* Bécs, Ausztria, 2011. ápr. 28. 166-170. (ISBN 978-3-900962-94-4)

Hazai konferencián bemutatott előadás:

Tenke, J., Seregi, J., Varga, L., Tossenberger, J. (2013). Nagy teljesítményű hibrid sertések háztáji tartásban – Egy hízlalási vizsgálat eredményei. *A jövő farmja. LV. Georgikon napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia.* Keszthely, 2013. szeptember 26-27.

A disszetáció témakörén kívül készült diplomadolgozatok:

Csirke Andrea, Mezőgazdasági mérnök BSc szak - Nagy gabonahányadú takarmányok enzim-kiegészítésének hatása a tojótyúkok teljesítményére (2011).

Horák András Péter, Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc szak - A fitáz-kiegészítés hatása a kalcium és foszfor ileális emészthetőségére, valamint a növendék pulykák teljesítményére (2011).

Vida Mátyás Balázs, Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc szak - A nagy gybonahányadú takarmánykeverékek felhasználásának vizsgálata a pecsenyekacsák takarmányozásában (2012).

Szentpáli Szilárd, Állattenyésztő mérnök MSc szak - A tejpótló tápszer szopós malacok, valamint a növendék- és hízósertések teljesítményére kifejtett hatásának nagyüzemi vizsgálata (2018).

Ujvári Bence, Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc szak - A takarmány fitáz tartalmának teljesítményre és csontszilárdságra gyakorolt hatásának vizsgálata nagy genetikai potenciállal rendelkező hízósertésekben (2019).

13. SZAKMAI ÖNÉLETRAJZ

1984. december 17-én születtem Budapesten. Középiskolai tanulányaimat Hatvanban, a Bajza József Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola természettudományos tagozatán végeztem, ahol 2003-ban érettségi bizonyítványt szereztem. Ugyanebben az évben felvételt nyertem a Kaposvári Egyetem Állatudományi Karának Agrármérnöki szakára, ahol diákköri munkámmal a 2007. évi Országos Tudományos Diákköri Konferencián első helyezést értem el takarmányozástani tagozaton. 2008-ban társ- és hobbiállat szakirányú agrármérnöki szakon, majd 2009-ben agrármérnöktanár szakon szereztem egyetemi oklevelet, valamint felsőfokú vadgazdálkodási képzettséget. 2006-ban angol nyelvből középfokú komplex, majd 2016-ban német nyelvből alapfokú komplex nyelvvizsgát tettem.

2005-től 2011-ig, először graduális-, majd PhD hallgatóként vettem részt a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Takarmányozástani Tanszékén zajló kísérletes munkákban és kutatási projektekben, ahol 2009-től gyakorlatokat vezettem, illetve diplomadolgozatos és tudományos diákkörös hallgatók munkáját segítettem. 2008 és 2011 között a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskolájának nappali tagozatos hallgatója voltam, majd 2011 szeptemberétől 2013. április 30-ig a Kaposvári Egyetem alkalmazásában, tudományos segédmunkatársként folytattam tudományos munkámat. A kutatóhelyen sertésekkel és különböző baromfi fajokkal végzett tudományos-, és EU-regisztrációs vizsgálatokban vettem részt, amelyek során az emésztésfiziológiai vizsgálatokba nyertem rendkívül mély betekintést. Emellett a legkülönfélébb kísérleti eszközök és kísérleti egységek tervezésében és kivitelezésében is aktívan résztvettem.

2013. júnustól a Nuscience Magyarország Kft. sertés divíziójának key account managereként folytattam munkámat takarmányozási szaktanácsadó és értékesítő feladatkörben 2015. augusztusig, ahol a sertéstenyésztés- és hízlalás gyakorlatában rendkívül sok hasznos tapasztalatra tettem szert.

2015. szeptembertől Magyarország piacvezető élelmiszeripari vállalat-csoportjánál, a Bonafarm Mezőgazdaságnál helyezkedtem el. Munkám jelenleg is hazánk legnagyobb sertéságazatában végzem sertéságazati takarmányozási vezető munkakörben, ahol évente több mint 23 ezer koca, 30 ezer kocasüldő, 450 ezer választott malac és mintegy hétszázezer hízósertés takarmányozásáért vagyok felelős. Feladatom a takarmányozási technológiák adaptálása a különböző genotípusú, korcsoportú és állategészségügyi státuszú állományok részére, illetve a takarmányozással kapcsolatos K+F munkák tervezése és lebonyolítása az ezekre kijelölt nagyüzemi termelő egységekben.
2022. szeptemberben felvételt nyertem a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Karának növény-, állat- és élelmiszer-tudományi multidiszciplináris doktori iskolájába, ahol ugyanebben az évben sikeres komplex vizsgát tettem, majd 2023-ban elkészítettem és bírálatra benyújtottam doktori disszertációm. A sikeres vitát és disszertációm javított változatának elkészítését követően 2023. szeptemberében nyilvános védésre jelentkeztem.