Szent István Egyetem
Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Doktori (Ph.D.) értekezés

Perimortális tényezők hatása a vágósertés stresszállapotára és néhány húsminőséggel összefüggő technológiai tulajdonságára

Ábrahám Csaba

Doktori Iskola vezetője:
Dr. Horváth László
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:
Dr. Szűcs Endre
ny. egyetemi docens, az MTA doktora

Gödöllő
2007

A doktori iskola

megnevezése: Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

tudományága: Mezőgazdaságtudományok

vezetője: Dr. Horváth László
egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Halgazdálkodási Tanszék

témavezető: Dr. Szűcs Endre
ny. egyetemi docens, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Szarvasmarha- és Juhtenyésztési Tanszék

....

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

TARTALOMJEGYZÉK **3**

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE **5**

1. BEVEZETÉS **7**

2. PROBLÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK **11**

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS **13**

3.1. A HÚSMINŐSÉG DEFINÍCIÓJA ÉS ÖSSZETEVŐI 13
3.2. SZÉLSŐSÉGES HÚSMINŐSÉGEK 17
3.3. A GENOTÍPUS ÉS IVAR HATÁSA A SERTÉSEK HÚSMINŐSÉGÉRE 18
3.4. AZ ÉV ÉS HÓNAP HATÁSA VÁGÓSERTÉSEK HÚSMINŐSÉGÉRE 21
3.5. SZÁLLÍTÁS ÉS PIHENTETÉS HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 23
3.5.1. A fel- és lerakodás körülményei 25
3.5.2. Szállítás 26
3.5.3. Vágás előtti pihentetés 26
3.6. AZ ELEKTROMOS ÖSZTÖKE HASZNÁLATÁNAK A HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 27
3.7. A VÁGÓHÍDI TECHNOLÓGIA HATÁSA A SERTÉSEK HÚSMINŐSÉGÉRE 28
3.8. A STRESSZÁLLAPOT ÉS ANNAK MÉRÉSI LEHETŐSÉGEI 31
3.8.1. Általános adaptációs szindróma 31
3.8.2. A stresszállapot mérésének lehetőségei 33
3.9. A LIPIDPEROXIDÁCIÓ ÉS AZ ANTIOXIDÁNS VÉDŐRENDSZER KAPCSOLATA A PERIMORTÁLIS TÉNYEZŐKKEL 36

4. ANYAG ÉS MÓDSZER **39**

4.1. A GENOTÍPUS ÉS AZ IVAR SZEREPE A HÚSMINŐSÉGBEN 39
4.1.1. Vizsgált állomány 39
4.1.2. Vágási technológia 39
4.1.3. A húsminőség meghatározása 40
4.2. AZ ÉV ÉS VÁGÁSI HÓNAP HÚSMINŐSÉGRE KIFEJTETT HATÁSÁNAK ÉRTÉKELÉSE 41
4.3. SZÁLLÍTÁS ÉS PIHENTETÉS HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 41
4.4. AZ ELEKTROMOS ÖSZTÖKE HASZNÁLATÁNAK HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 43
4.5. A VÁGÓHÍDI TECHNOLÓGIA HATÁSA A HÚSMINŐSÉGRE 44
4.6 A HÚSMINŐSÉGI PARAMÉTEREK ÖSSZEFÜGGÉSEI ÉS GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGUK ÉRTÉKELÉSE 45
4.6.1. A húsminőségi paraméterek korrelációja 45
4.6.2. A karaj méretének hatása a húsminőségre 46
4.6.3. A karajon belüli mérési pont hatása a húsminőségre 46
4.6.4. Az érzékszervi bírálat szerepe a húsminőség megítélésében 47
4.6.5. A PSE és DFD jelleg kimutatása 47
4.7. A KÍSÉRLETI ÁLLATOK VÁGÁSI TECHNOLÓGIÁJA 47
4.8. A BIOKÉMIAI MÉRÉSEK MÓDSZEREI 48
4.8.1. Stresszjelző paraméterek 48
4.8.2. A lipidperoxidáció szintjét és az antioxidáns védőrendszert jellemző paraméterek 49
4.9. A HÚSMINŐSÉGI MÉRÉSEK MÓDSZEREI 49

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK 53

5.1. A GENOTÍPUS ÉS IVAR HATÁSA VÁGÓSERTÉSEK HÚSMINŐSÉGÉRE 53
5.2. AZ ÉV ÉS VÁGÁSI HÓNAP HÚSMINŐSÉGRE KIFEJTETT HATÁSÁNAK ÉRTÉKELÉSE 59
5.2.1. Évhatás 59
5.2.2. Hónaphatás 66
5.3. A SZÁLLÍTÁS ÉS PIHENTETÉS HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 71
5.3.1. Szállítás 71
5.3.2. Pihentetés hatása 74
5.4. AZ ELEKTROMOS ÖSZTÖKE HASZNÁLATÁNAK A HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 76
5.5. A VÁGÓHÍDI TECHNOLÓGIA HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 79
5.6. A HÚSMINŐSÉGI PARAMÉTEREK ÖSSZEFÜGGÉSEI, A HÚSMINŐSÉG MÉRÉSÉNEK ÉS ÉRTÉKELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI 83
5.6.1. Húsminőségi paraméterek korrelációja 83
5.6.2. A karajméret hatása a húsminőségre 86
5.6.3. A karaj különöző pontjainak húsminősége 87
5.6.4. Az érzékszervi bírálat szerepe a húsminőség megítélésében 89
5.6.5. PSE és DFD jelleg kimutatása 91

7. KÖVETKEZTETÉSEK 93

7.1. A GENOTÍPUS ÉS IVAR HATÁSA A HÚSMINŐSÉGRE 93
7.2. AZ ÉV ÉS HÓNAP HATÁSA 94
7.3. SZÁLLÍTÁS ÉS PIHENTETÉS HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 95
7.3.1. A szállítás hatása 95
7.3.2. A pihentetés hatása 96
7.4. AZ ELEKTROMOS ÖSZTÖKE HASZNÁLATÁNAK A HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS A HÚSMINŐSÉGRE 98
7.5. A VÁGÓHÍDI TECHNOLÓGIA HATÁSA A STRESSZÁLLAPOTRA ÉS HÚSMINŐSÉGRE 99
7.6. A HÚSMINŐSÉGI PARAMÉTEREK ÖSSZEFÜGGÉSEI, A HÚSMINŐSÉG MÉRÉSÉNEK ÉS ÉRTÉKELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI 100

8. JAVASLATOK 103

9. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 107

10. ÖSSZEFOGLALÁS 109

11. SUMMARY 115

M1. FELHASZNÁLT IRODALOM 121

M2. MELLÉKLETEK 135

M3. SAJÁT KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE 139

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 145

Rövidítések jegyzéke

a*:	piros szín (CIELAB rendszer szerint)
b*:	sárga szín (CIELAB rendszer szerint)
D:	duroc sertés
L*:	húsvilágossági érték
DFD:	dark, firm, dry – sötét, feszes, száraz
GöFo:	Göttingiai fotométer
GSH:	redukált glutation
GSHPx:	glutation-peroxidáz
Ha:	hampshire
KrP:	kreatin-foszfát
MDA:	malondialdehid
ML:	magyar lapály sertés
MNF:	magyar nagyfehér hússertés
NEFA:	nem észterifikált zsírsavak
Pi:	pietrain sertés
pH_1:	vágást követő 45. percben mért pH érték
pH_2	vágást követő 24. órában mért pH érték
PSE:	pale, soft, exudative – sápadt, halvány, vizenyős hús
T:	izommaghőmérséklet
SZHA:	színhús-arány

1. Bevezetés

Az élelmiszertermelést a fogyasztók igényei határozzák meg. A termelőnek és a feldolgozónak közös érdeke, hogy olyan termékeket állítsanak elő, amelyeket kedvező áron vásárolnak meg a hazai és nemzetközi piacokon. Az egyes húsipari termékeknél azonban különösen nehéz azonos minőséget biztosítani, hiszen a fő alapanyag, a hús minősége esetenként eltérő, mivel azt számos, nem minden esetben pontosan definiálható tényező befolyásolja.

A húsminőség összetett, több tulajdonságcsoportot magában foglaló fogalom. Értékelésekor az érdeklődés középpontjában elsősorban az egymáshoz szorosan kapcsolódó szín, pH és víztartó képesség áll. Dolgozatomban a húsminőség kifejezés alatt mindig ezeket, a technológiai húsminőség fogalomkörébe tartozó, paramétereket értem. Természetesen ezek mellett a hús összetételére, táplálkozásbiológiai jellemzőire, zsírtartalmának mennyiségi és minőségi tulajdonságaira, és nem utolsó sorban az oxidatív stabilitására vonatkozó tényezők is meghatározóak.

A nem megfelelő genetikai háttér, a helytelen tartási- és takarmányozási technológia, illetve a vágás körüli tényezők jelentős mértékben megnövelhetik a csepegési veszteséget, a fogyasztói igényeknek nem megfelelő szín alakulhat ki, esetleg a hús porhanyóssága, vagy íze változhat kedvezőtlen irányban. Mindezek eredményeképpen jelentős minőségbeli romlás léphet fel, komoly veszteségeket okozva ezzel a húsüzemeknek. Ugyanakkor annak ellenére, hogy a húsminőséget befolyásoló tényezők sora rendkívül hosszú, mégis, egyre inkább elfogadottá válik az a nézet, miszerint döntően a vágóállat életének utolsó néhány napjában/órájában végrehajtott műveletek, illetve a feldolgozási technológia, különösen az elsődleges feldolgozás technológiája alakítja ki a húsminőséget.

Minden túlzás nélkül elmondható, hogy a sertést a vágást megelőző időszakban általában több káros hatás éri, mint addigi életében együttesen. Az intenzív sertésfajtákra jellemző, hogy testtömegükhöz viszonyítva szívtömegük és annak kapacitása kicsi, valamint nem jelentős hőszabályozó kapacitásuk sem. Mindezek következtében gyakoriak az akár elhullással is járó szív- és érrendszeri rendellenességek, és az állatok nehezen viselik hőstresszt is. A vágóállatokat a telepről való elszállítástól a vágóhídon történő levágásig a legkülönfélébb, döntően kedvezőtlen hatások érik, melyeket stresszoroknak is nevezünk. Ezek közül a legfontosabbak a következők: sertések kiválogatása, fel- és lerakodás, szállítás, a megszokott ingerszegény környezet elhagyása, ismeretlen személyzet, durva bánásmód, az állatok keveredése, a vágóvonalra terelés módja, nagy zaj, a rosszul tervezett kábítás, hibásan vagy rosszul működő kábítóberendezések.

Az állatok a külső környezeti terhelésekre reakcióképességük csökkenésével reagálnak. Tartós, még a nevelés és hizlalás során bekövetkező stresszhatások esetén a szervezetben az állattartó és a feldolgozó számára nem kívánatos folyamatok mennek végbe: csökken az életképesség, szaporodási zavarok jelennek meg, romlik az állatok közérzete, s nem utolsó sorban visszaesik a teljesítmény, a termelés, végeredményben pedig a romlik a vágott áru minősége.

A stressz szó angol eredetű, amely nehezen fordítható le. Szorongás, félelem, készültség, riadalom, nyugtalanság összetett érzését foglalja magában.

A stresszhatásokat gyakran, meghatározott elvek szerint, csoportosítják (pl. fizikai, pszichikai stb.). Nem célszerű, és nem is egyszerű azonban az ilyen jellegű elkülönítés, hiszen ezek a hatások általában nem elkülönítetten, hanem együttesen jelentkeznek. Így például a különböző betegségek, mint stresszorok a szervezetben belső változásokat, majd ebből eredően kedvezőtlen fizikai és pszichikai jellegű folyamatokat indukálnak. A stressz eredményeként ugyanis rendkívül összetett neuroendokrin, pszichikus és viselkedésbeli változások zajlanak le, biztosítva a gyors felépülést, vagy az új körülményekhez történő adaptációt.

A húsminőséget azonban nem csak a vágást megelőző, de a vágást követő technológiai lépések is jelentős mértékben alakítják, így többek között az elvéreztetés módja, a függesztés elve, az egyes vágóhídi műveletek megfelelő vagy éppen helytelen alkalmazása (pl. forrázás, perzselés, bőrfejtés) és végül, de nem utolsó sorban a hűtés módszere (hőmérséklet, légsebesség).

Nehéz ugyanakkor egy-egy technológiai tényező esetében egyértelműen kijelenteni annak pozitív, vagy éppen negatív hatását. Az egyes műveletek ugyanis komplex hatásként jelentkeznek, ahol egy-egy lépés önálló befolyásoló szerepe nem minden esetben határozható meg pontosan. Nem mellékes az sem, hogy az adott tényező szerepét kísérletes körülmények között, vagy éppen nagyüzemi vágóhídon vizsgáljuk. Könnyen abba a tévhitbe eshetünk ugyanis, hogy ami a kis kapacitású, kísérleti célból üzemeltett vágóhídon egyértelműen bizonyítást nyer, az nagyüzemi körülmények között is, minden esetben igazolható.

A vágást megelőző műveleteket nem csupán húsminőségi szempontból kell értékelni. Egyre erősödő igény tapasztalható a fogyasztók részéről az állat jóléti feltételekkel kapcsolatosan is, mely igények a vonatkozó jogszabályokban is megjelennek. Ezeknek a jogszabályoknak kissé leegyszerűsített alapelve az, hogy az egyes kezelési műveletek során az állat számára ne okozzunk szükségtelen fájdalmat, szenvedést. Ennek megfelelőn ma már törvények, rendeletek szabályozzák az élőállatszállítást és a vágóhídi műveleteket is.

A fentiek alapján kijelenthető, hogy a vágóállatok húsminőségét befolyásoló perimortális tényezők vizsgálata, kutatása elengedhetetlen. Rendkívül nagy a rendelkezésünkre álló információ mennyisége, ugyanakkor az nem tekinthető konstansnak. A genetikai háttérben, valamint a szállítási, állatkezelési és vágóhídi technológiában végbemenő fejlesztéseknek köszönhetően az egyes faktorok szerepét újra és újra át kell értékelnünk. Fejlesztenünk kell továbbá a húsminőség mérési módszereit és ki kell dolgozni a módszerek nagyüzemi (on-line) alkalmazását is.

Dolgozatomban a különböző, döntően vágás előtti és azt követő tényezők szerepét kívánom áttekinteni a vágósertés stresszállapotára és húsminőségére. Többek között tanulmányozom a genotípus-, az ivar-, az év- és hónaphatást, az élőállat-szállítás, a vágás előtti pihentetés, a kábítást közvetlenül megelőző körülmények (kábításhoz terelés módja, alkalmazott eszközök) hatását, illetve a vágóhídi technológia, mint komplex faktor szerepét. Értékelem a húsminőségi paraméterek összefüggéseit, illetve azok alkalmasságát a tényleges, fogyasztó által is érzékelhető húsminőségre.

A vizsgálatok végrehajtásánál tudatosan törekedtem arra, hogy amennyire csak lehet, a gyakorlatból vegyem a példákat. A kísérletek legtöbbjét nagyüzemi vágóhídon végeztem, ezzel biztosítva azt, hogy a gyakorlatban is alkalmazható eredményeket kapjak.

Bízom benne, hogy munkám hozzájárulhat a hazai és nemzetközi tudományos és szakmai élet tudásanyagához, és segíthet a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban ezen a szakterületen meglévő problémák megoldásában.

2. Problémafelvetés és célkitűzések

1. A genotípus és az ivar szerepe a húsminőségben

A genotípus húsminőségre kifejtett szerepének kutatása még ma is elsősorban a különböző nagyhatású gének, így például a halotán-gén, vagy a Rendement Napole (RN)-gén vizsgálatára korlátozódik. Ezeknek a húsminőségre kifejtett hatása egyértelműen bizonyított. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a gyakorlatban halotán-pozitív (nn) genotípusú vágósertést alig, míg a halotán gént heterozigóta formában hordozó (Nn) egyedeket is csupán elenyésző arányban találhatunk (Fésüs, 2005), így ezeknek a vizsgálatoknak a gyakorlati haszna egyre csökken. Léteznek további, változó jelentőségű húsminőségi paraméterek, melyeknek előnyös vagy hátrányos irányban történő alakulása is bizonyított egyes fajták esetében. Ilyen például a duroc fajta esetében a többi genotípushoz viszonyítva az intramuszkuláris zsír magas aránya.

A különböző fajták esetében ugyanakkor például a hús pH értékének és színének alakulására vonatkozóan nehéz megfogalmazni egyértelmű véleményt a genotípus szerepéről. A fentiek alapján ennek a vizsgálati területnek a fő célkitűzése: a **genotípus és az ivar hatásának az értékelése a húsminőségre, különös tekintettel a pH-ra, a hússzínre és a hús víztartó képességére.**

2. Az év és vágási hónap húsminőségre kifejtett hatásának értékelése

Az év és hónap hatását rendkívül nehéz önállóan, a többi hatástól „letisztítva” értékelni. Lehetőségem nyílt ugyanakkor az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet teljesítményvizsgáló állomásainak ivadékvizsgálati (Hízékonysági és Vágási Teljesítményvizsgálat – HVT) eredményeit feldolgozni. Köszönhetően a teljes körűen standardizált tartási, takarmányozási és vágási körülményeknek, az adatbázis alapján értékelhetővé vált az év-, illetve hónaphatás. A több évre kiterjedő adatsorok segítségével két legfontosabb hazai alapfajtánk, a magyar nagyfehér hússertés és a magyar lapály sertés húsminőségi fejlődését is módom volt nyomon követni.

Összefoglalva a részfeladat fő célkitűzése: az **év és a hónaphatás értékelése, illetve a hazai alapfajták húsminőségi fejlődésének vizsgálata**.

3. A szállítás és pihentetés hatása a sertések stresszállapotára és húsminőségére

A szállítás és pihentetés stresszállapotra és húsminőségre kifejtett hatását korábban is széles körben vizsgálták. A megelőző vizsgálatok esetében azonban mindkét műveletnél jelentős hatást csak a halotán pozitív genotípusokkal összefüggésben sikerült kimutatni. A mai, fejlettnek tekinthető végtermék konstrukciók, illetve a modern feldolgozói technológia mellett emiatt ezeknek a műveleteknek a hatását újra kell értékelni. Ezek alapján ennek a részvizsgálatnak a fő célkitűzése: **a szállítás és a pihentetés hatásának az**

értékelése halotán negatív sertések esetében, nagyüzemi vágási technológia mellett.

4. A kábítás előtti körülmények hatása a sertések stresszállapotára és húsminőségére

A vágást közvetlenül megelőző, viszonylag rövid ideig tartó állatkezelési műveletek a vágásra való felhajtással kezdődnek, ami az egyik legkritikusabb művelet. Feltételezhetően a felhajtóút hosszúsága, a felhajtás során alkalmazott eszközök fontosabbak lehetnek a hús minőségére, mint a korábbi terhelések összesen. A legújabb állatvédelmi jogszabályok, de a közvélemény is a kábítás előtti minimális kényszerítőeszköz használatot várja el, ami gyakran szemben áll a vágóhídi gyakorlat kívánalmaival. A fentiek alapján a részfeladat fő célkitűzése: **a vágást közvetlenül megelőző tényezőknek, így a tereléshez használt eszközök hatásának az értékelése a vágósertés stresszállapotára és húsminőségére**.

5. A vágóhídi technológia hatása a sertések húsminőségére

Összehasonlítva a különböző szakirodalmi eredményeket, gyakran tapasztalható, hogy az egyes *ante-* és *post mortem* műveletek hatását eltérő módon értékelik. Jellemző, hogy a kísérleti vágóhidakon, ahol a lassabb feldolgozás és főleg a kézi munkavégzés a domináns, a kisebb eltérések is szignifikáns különbségeket eredményeznek. Nagy vágóhidakon, ahol számos gépi műveletet hajtanak végre, gyakran jelentősen megemelve a vágott testek maghőmérsékletét, a legtöbb vágás előtti tényező önálló hatását viszont már nem lehet kimutatni. Ezek alapján a részvizsgálat fő célkitűzése: **a kisüzemi és a nagyüzemi típusú vágási technológia, mint komplex faktor összehasonlítása és húsminőségre gyakorolt hatásának az értékelése**.

6. Húsminőségi paraméterek összefüggései és gyakorlati alkalmazhatóságuk értékelése

Az egyes húsminőségi tulajdonságok egymástól nem függetlenek, közöttük kapcsolat áll fenn. A vágóérték és a húsminőség kapcsolatát stresszérzékeny állományok esetében már korábban is bizonyították, ugyanennek a kapcsolatával stressrezisztens sertések esetében viszont lényegesen kevesebb tanulmány foglalkozott.

A korábban említett részvizsgálatok során nagy számú húsminőségi és élettani-klinikai biokémiai paramétert mértem, melyek alapján lehetőségem van értékelni az azok között fennálló kapcsolatokat, illetve alkalmasságukat az adott hús, húsrész értékelésére. Ennek a részfeladatnak a keretében elemzem a teljesítményvizsgálatok során alkalmazott módszerek alkalmasságát a húsminőség objektív értékelésére. Ezek alapján ennek a részvizsgálatnak a fő célkitűzése: **a húsminőségi paraméterek összefüggéseinek és gyakorlati alkalmazhatóságuknak az értékelése.**

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A húsminőség definíciója és összetevői

A szoros értelemben vett húsminőségen a vágás utáni biokémiai változások következtében kialakuló fizikai tulajdonságok összességét értjük, amelyek meghatározzák az élvezeti értéket, a hűlési-tárolási tulajdonságokat, pl. a veszteségeket, mikrobiológiai stabilitást, valamint a technológiai alkalmasságot. Természetesen más minőségi paraméterek fontosak a húsipar és mások a fogyasztó számára. Így az előbbi szempontból elsősorban a technológiai feldolgozhatóságot meghatározó, míg a fogyasztó szempontjából az élvezeti értéket és az élelmiszerbiztonságot meghatározó húsminőségi paraméterek a fontosabbak.

Ezek alapján a húsminőségnek több kategóriája különböztethető meg, így az érzékszervi, táplálóértékkel kapcsolatos, élelmiszerbiztonsági és technológiai tulajdonságok összessége. Az egyes csoportokon belüli résztulajdonságokat az 1. táblázatban mutatom be, a teljesség igénye nélkül.

1. táblázat: **A hús minőségét meghatározó tényezők csoportosítása**

Érzékszervi tulajdonságok	Táplálkozási tulajdonságok	Élelmiszerbiztonsági tulajdonságok	Technológiai tulajdonságok
Szín Szag Íz Márványozottság Porhanyósság Lédússág	Fehérjék Zsírok Vitaminok Ásványi anyagok Emészthetőség Biológiai érték	Maradékanyagok Szennyező anyagok Adalékanyagok Mikroorganizmusok Vízaktivitás Toxinok	Szín Állomány pH Víztartalom Vízkötő képesség Fehérjék, zsírok állapota

A húsminőség vizsgálatakor elengedhetetlen a különböző *post mortem* biokémiai folyamatok ismerete. Ezeknek három fő szakasza különböztethető meg:

- a hullamerevség (*rigor mortis*) előtti szakasz,
- a *rigor mortis* állapota,
- a *post rigor* állapot.

A halál beálltával (O_2 hiány miatt) leáll a mitokondriális elektron-transzportlánc és egyben az energiatermelés. Szerepét egy rövid ideig az anaerob glikolízis veszi át, amely a tartalék szénhidrátokból tejsavat termel, minimális mennyiségű ATP keletkezése közben. Az energiatartalékok végleges kimerülését követően az aktin és miozin molekulák összekapcsolódnak aktomiozinná, megváltoztatva az izom fizikai tulajdonságait. A hullamerevség kialakulása pH: 5,7-5,8 körül kezdődik (*Hannula és mtsai, 2004*).

A pH csökkenése során a fiziológiás 7,2 körüli érték 5,5-5,6 körülire változik, amely az anaerob glikolízis során keletkező tejsav következménye. A pH érték a sertéshúsban a vágás után gyorsabban csökken, mint a marhahúsban. Eltérő a pH mértékének változása a fehér és vörös típusú izmokban is: a fehér (glükolítikus) izmokban rendszerint gyorsabban csökken.

A tejsavtermelésnek, így a pH csökkenésnek, nem feltétlenül a glikogén raktárak kimerülése vet véget. Az ATP bomlástermékei (ADP, AMP) ugyanis dezaminálódással inozin-monofoszfáttá, majd hipoxantinná alakulnak (ez utóbbi azonban inkább a halhúsra jellemző, *Gasztonyi és Lásztity*, 1993). Ezek a vegyületek tehát nem állnak többé rendelkezésre. *Scopes* (1974) szerint az ADP és AMP folyamatos dezaminálódása a glikolízis fenntartásához szükséges adenin nukleotidok teljes elfogyása miatt eredményezi a glikolízis leállását, ezért maradhat még a glikolízis befejeződése után is bizonyos mennyiségű reziduális glikogén az izmokban. Ebből logikusan következik, hogy ha már a vágás pillanatában alacsony az izom glikogén tartalma, akkor nemcsak a pH csökkenés mértéke lesz kisebb, hanem a maradék glikogén mennyisége is (*Newton és Gill, 1978)*.

A szarkoplazma lizoszómái katepszineket és más proteolitikus enzimeket (pl. kalpain) tartalmaznak, amelyek kiszabadulva részlegesen bontják a szarkoplazma fehérjéket. Ha tehát a membránok *post mortem* állapotban bármely ok miatt károsodnak, akkor ezek az enzimek előbb a lizoszómákból, majd a proteolízis következtében kialakuló sejtmembrán károsodást követően a sejtből is kijuthatnak és fehérjebontó hatásukat a környező sejtekre is kifejthetik. A kalpainok semleges pH értéken is aktívak, de működésükhöz kalciumot igényelnek. A katepszinek pH optimuma viszont 5,5 körüli, hőmérsékleti optimumuk pedig 37 ^{o}C (*Gasztonyi és Lásztity*, 1993). Ez utóbbi természetesen jelentős mértékben eltér a hűtött terekben kialakuló hőmérséklettől, így a hűtés során aktivitásukat fokozatosan elvesztik.

A húsipar számára az egyik legfontosabb probléma a nem megfelelő víztartó képesség. Egyes becslések szerint a sertéshúsok több mint 50 %-nál jelentkezik indokolatlanul magas léeresztés (*Kaufmann és mtsai*, 1992, *Stetzer és mtsai.*, 2003). Szélsőséges, így például a PSE húsból készült termékek, esetekben a lévesztes ég akár a 10 %-ot is elérheti (*Melody és mtsai.,* 2004). A kedvezőtlen jelenség táplálkozás-élettani és környezetvédelmi jelentőségét növeli, hogy a távozó lé átlagosan 12 mg/ml, többnyire vízoldékony, szakroplazmatikus fehérjét tartalmaz (*Savage és mtsai.*, 1990).

Ma már egyértelmű, hogy a pH csökkenés mértékének és ütemének, a proteolízisnek, illetve a fehérjék oxidációjának kulcsszerep tulajdonítható a hús víztartó képességével kapcsolatosan (*Lonergan és mtsai.*, 2005). Az izom víztartalma ugyanis részben a miofibrillumokon belüli, részben a

miofibrillumok és a sejtmembrán között, részben pedig az izomrost nyalábokon belül az elemi rostok közötti térben oszlik meg.

Az ún. kötött víz szorosan az izomfehérjékhez kötött. Ez ellenáll mind a fagyasztásnak, mind a hőkezelésnek, azaz a húsból gyakorlatilag nem eltávolítható (*Fennema*, 1985). A kötött víz ugyanakkor a hús teljes víztartalmához viszonyítva kis mennyiséget tesz ki: megközelítőleg 0,5 g víz/g fehérje kötött vízzel számolhatunk. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a hús átlagos fehérje tartalma 200 mg/g, megállapítható, hogy a kötött víz aránya minimális (*Offer és mtsa*, 1988). Becslések szerint az így kötött víz az összes víz mennyiségének csupán 2-5 %-a (*Vadáné*, 2002). A post mortem változások során a fentiek alapján a kötött víz mennyiségében nem, vagy csak minimális mértékű változás várható.

A miofibrillumokat alkotó filamentumokon belül és a filamentumok közötti térben felhalmozódott nagy mennyiségű vizet ún. *immobilizált víz*nek nevezzük. Az itt kötött vízmennyiség a hús összes víztartalmának kb. 80 %-a. A post mortem változások leginkább a hús immobilizált víztartalmát befolyásolják. A víztartó képesség csökkenésének, így az immobilizált víz távozásának oka az, hogy a filamentumok közötti tér csökkenésével a víz egy része kiszorul. A fehérjeszálak közötti tér csökkenését részben a rigor, részben a pH csökkenés okozza (*Offer és mtsai.*, 1988). További vízcsökkenést idéz elő a miofibrilláris fehérjék denaturálódása, ami a fehérjeláncok aggregációjával jár együtt. A rigor során kialakuló kötések miatt csökken a vastag és a vékony filamentumok közötti távolság. A pH-csökkenés miatt a fiziológiás pH értéken negatív töltéstöbblet egyre fogy a miozin molekulák felületén, ami azt eredményezi, hogy az azonos töltésű fehérjeláncok közötti elektrosztatikus taszítóerő is csökken. Az ún. izoelektromos ponton, ahol a pozitív és negatív töltéserősség közel azonos, a taszítóerő és a távolság is minimális.

A víztartó képességhez hasonlóan fontos húsminőségi jellemző a szín, amely egyben a fogyasztó döntésének egyik fő szempontja. A hús színe a pigmentek (mioglobin) koncentrációjától és kémiai állapotától, valamint a hús kolloidkémiai szerkezetével összefüggő fizikai jellemzőktől függ.

A húsok jellemzője a mioglobin és származékai által meghatározott *színárnyalat*, az ezek koncentrációjával összefüggő *telítettség*, valamint a hús kolloidkémiai szerkezetével összefüggő fizikai jellemzők által befolyásolt *világosság* (halványság).

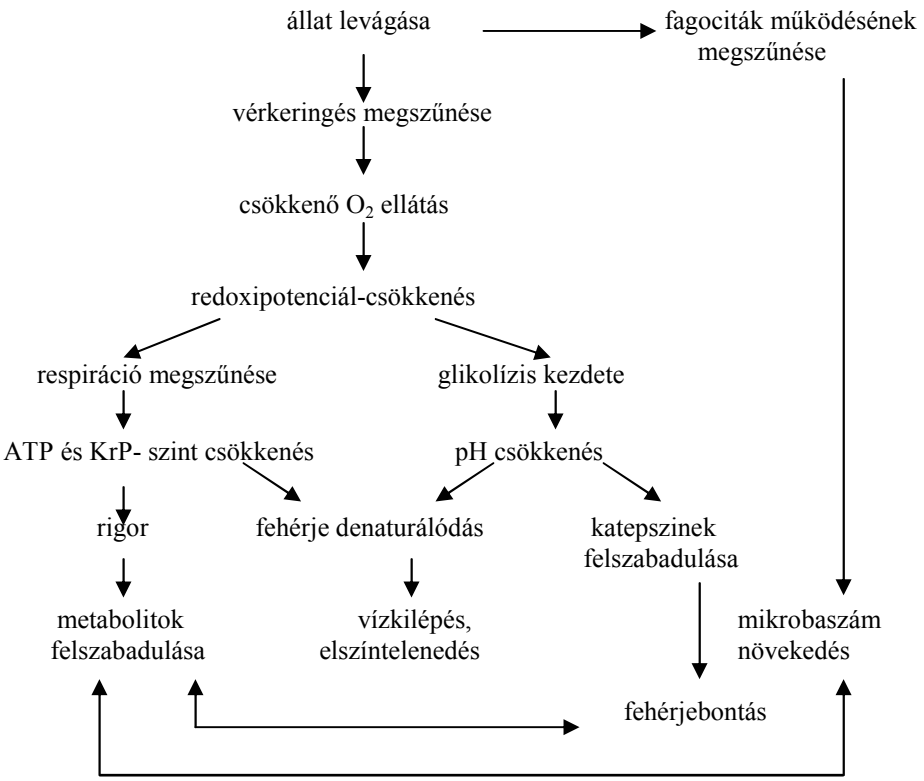
A mioglobin bíborvörös színű pigment, ami csak nagyon kis O_2 koncentráció mellett fordul elő. A származékai között megkülönböztetünk dezoximioglobint, oximioglobint és metmioglobint. A három forma egymásba nagyrészt reverzibilisen átalakulhat, egymással dinamikus egyensúlyban áll. A színt konkrétan a hem struktúrába foglalt vasatom oxidációs száma határozza

meg. A kétértékű vas élénkpiros színű, az oximioglobin cseresznyepiros színű, míg a metmioglobin szürkés-barnás elszíneződést okoz (*Incze*, 1996).

A sertéshús színét befolyásoló tényezők sora rendkívül hosszú, így többek között bizonyították a genotípus, az ivar, a takarmányozás (E-vitamin, kreatin etetése) szerepét, illetve a különböző vágással összefüggő, perimortális tényezők, így a vágási technológia, a hűtés és a tárolás hatását.

A szűkebb értelemben vett húsminőség, azaz a hús technológiai tulajdonságainak összessége a fentiekben vázolt folyamatok eredményeképpen alakul ki (1. ábra). Ezek azonban nem minden esetben zajlanak le azonos módon és intenzitással. Számos olyan tényező ismert, melyek befolyásolják a *post mortem* biokémiai reakciókat. Nehéz azonban pontosan meghatározni, hogy milyen mértékben felelős ezért a genotípus és milyen mértékben felelősek a környezeti feltételek. A korábbi felfogás szerint a sertéshús minőségbeli rendellenességeit csak kisebb arányban szabják meg a szállítási és a vágóhídi tényezők. *Vígh* (1999) azonban már egyértelműen kijelenti, hogy a genetikai tényezőknél fokozottabban érvényesülnek a sertések húsminőségére gyakorolt környezeti hatások.

1. ábra: **A vágást követően lezajlódó fontosabb folyamatok az izomszövetben**
(Gasztonyi és Lásztity, 1993 alapján)



3.2. Szélsőséges húsminőségek

A szélsőséges húsminőségek világszerte komoly gondot okoznak a húsipar számára. A feldolgozás során ezek értékcsökkenéshez, s így anyagi veszteséghez vezethetnek. A téma jelentőségét bizonyítja számos korábbi, ezen a területen végzett kutatás. A vizsgálatok eredményei arra utalnak, hogy a különböző típusú húsokban számottevő az eltérés a glikolízis sebességében és az azzal összefüggő tejsavképződésben, illetve a pH változásában.

A PSE (*pale, soft, exudative – sápadt, puha, vizenyős*) típusú húsban a pH érték csökkenése a normál húshoz képest gyorsabban megy végbe, gyakran már élő állapotban megindul az ATP lebomlás és a pH csökkenése. Jellemző a vágást követő 45. percben az 5,8 alatti, míg 24 óra múlva a 5,4 alatti a pH érték.

Denaturációs hatásokra - a PSE húsnál közvetlenül a vágás utáni gyors glikolízis és tejsavképződés, valamint a magas hőmérséklet miatt – a húsfehérjék szerkezete megváltozik, ez pedig a hús fényvisszaverési tulajdonságait is módosítja. A PSE-hús, annak ellenére, hogy miogolbintartalma a normál húséval megegyezik, annál világosabb színűnek látszik (*Incze*, 1996).

A nagy mértékű vízveszteségnek több oka is van. Egyrészt az alacsony pH érték miatt a fehérjék elektromos töltése megváltozik, ezáltal kevesebbet kötnek meg a bipoláris vízmolekulákból. Ugyanakkor a fehérjék egy része denaturálódik, ami a magas izomhőmérséklethez hasonlóan az exudatív tulajdonságot erősíti (*Vadáné*, 1996a).

A gyakorlatban a magas izomhőmérsékletnek tulajdonítják a legnagyobb szerepet a PSE hús kialakulásában. Több kutatónak is sikerült mesterségesen előidézni PSE típusú húshibát. Így például *Bendall és Wismer-Pedersen* (1962) bizonyították, hogy a víztartó képesség romlását, a szarkoplazmatikus fehérjék denaturációját eredményezi, ha az egyébként megfelelő minőségű húst egyenletesen 37 °C-on tartottak a rigor mortis beálltáig. *McCaw és mtsai* (1997) hasonló eredményeket kaptak: jó minőségű sertéshúst 40 °C-on inkubáltak, 4-8 órán keresztül, melynek következménye fokozott pH csökkenés, sápadtabb szín és csökkent víztartó-képesség lett.

Bizonyos sertésfajták fokozottan hajlamosak a PSE hús „kialakítására”, ugyanakkor például szarvasmarhánál csak kivételes esetben alakul ki ilyen húshiba. A fehér (glükolítikus típusú) izmokban viszont gyakrabban fordul elő.

A DFD (dark, firm, dry – sötét, feszes, száraz) típus gyakorlatilag ellentéte az előbbiekben tárgyalt PSE-húsnak. A pH érték a vágás után alig változik, de 24 órás hűtés után sem csökken 6,2 alá. A szín jellegzetesen sötét, ami egyrészt a magas pH színstabilizáló hatásának tudható be, másrészt szerkezeténél fogva kevesebb fényt enged át (*Incze*, 1996).

A magas végső pH miatt nagy a DFD típusú hús vízmegkötő képessége. A korábban már tárgyalt mechanizmus – a miofibrillumok fehérjeszálai közötti tér beszűkülése – itt nem zajlik le, nincs lévészteség. A szerkezet tömör, feszes.

A DFD-húst viszont rövid időn belül fel kell dolgozni, mert a normál húshoz képest jóval gyorsabban romlik. Ennek oka a baktériumok elszaporodásának kedvező magas pH és a nagy víztartalom. Az ilyen hús kis sófelvétele miatt kevésbé tárolható, ezért például füstölt termékek gyártására sem alkalmas (*Vadáné*, 1996a).

Elsőként a fentiekben tárgyalt szélsőséges húsminőségeket írták le, a későbbiekben azonban újabbakat is definiáltak. Ilyen például az RSE (*red, soft, exudative* – piros, puha, vizenyős) hús (*Kauffmann és mtsai*, 1992; *Joo és mtsai*, 1995), illetve a PFN (*Pale, firm, non-exudative* – sápadt, feszes, nem exudatív) húshiba (*Kauffmann és mtsai*, 1992; *van Laack és mtsai*, 1994). A normál minőségű húst ezen elvek szerint szokták RFN (*red, firm, non-exidative* – piros, feszes, nem-exudatív) húsnak is nevezni. A különböző húsminőségi osztályok egy lehetséges csoportosítását a 2. táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat: **Különböző húsminőségi kategóriák jellemzői**
(*van Laack és mtsai*, 1994)

	Szín	L*	Csepegési veszteség	pH
DFD	Sötét	≤52	<5.0	Magas végső pH (>6.0)
RFN	Piros	52-58	<5.0	Normál
PFN	Sápadt	≥58	<5.0	
RSE	Piros	52-58	≥5,0	
PSE	Sápadt	≥58	≥5,0	Gyors pH csökkenés

3.3. A genotípus és ivar hatása a sertések húsminőségére

A genotípus húsminőségre kifejtett hatásának kutatása még ma is elsősorban a különböző nagyhatású gének, így például a halotán-gén, vagy az RN-gén vizsgálatára korlátozódik. Ezeknek a húsminőségre kifejtett hatása egyértelműen bizonyított. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a gyakorlatban halotán-pozitív (nn) genotípusú vágósertést egyáltalán nem, míg heterozigótát (Nn) is csupán elenyésző arányban találhatunk (*Fésüs, 2005*), így ezeknek a vizsgálatoknak a gyakorlati haszna egyre csökken.

Az egyes fajták eltérő stresszérzékenysége már régóta ismert. A stresszérzékenységet mutató állatoknál már nem túlzottan durva bánásmód esetén is, a vágást követően (néha már azt megelőzően) nagyon gyors a húsban lezajló glikolízis, melynek következménye a PSE jellegű húshiba kialakulása. A szűkebb értelemben vett stresszérzékenyég öröklődő tulajdonság. A sertések stressz szindrómájáért felelős gén, a halotán-gén elnevezése onnan ered, hogy

recesszív homozigóta (nn) állatok halotángázzal történő altatása során jellegzetes izommerevséget, hipertermiát, illetve hipermetabolizmust tapasztalhatunk. A tünetegyüttest malignus hyperthermiának (MH) is nevezzük, ami megegyezik a PSE hús kialakulásához vezető *ante*- és *post mortem* reakciókkal (*Vadáné*, 2002).

A PSE húst kezdetben „izom degenerációnak" tekintették (*Rosenvold és mtsai, 2003a*). Kialakulásáért a vágást követő rendkívül gyors fehérje-denaturáció, s a vele együtt járó alacsony pH, illetve magas izomhőmérséklet felelős (*Briskey*, 1964; *Offer és mtsai*, 1988). *Christian* (1972) elsőként feltételezte, hogy a stresszérzékenységért egyetlen gén felelős. Nem sokkal később *Eikelenboom és Minkema* (1974) kimutatták, hogy a halotán génre recesszív egyedek pozitív reakciót mutatnak a halotán gázzal történő altatásra.

A halotán-gén a szarkoplazmatikus retikulum kalcium-csatornájának (ryanodin receptor) működéséért felelős fehérjét kódolja (*Fujii és mtsai*, 1991). A homozigóta recesszív állatok esetén hibás működésű kalcium-kiáramlást szabályozó fehérje szintetizálódik, melynek eredménye a vázizom sejtekben kimutatható magas intracelluláris kalcium-szint, illetve az ennek hatására gyorsan aktiválódó kalcium-dependens proteázok (calpainok) nagy aktivitása (*Küchenmeister és mtsai*, 1999).

Rendkívül nagyszámú kutatás foglalkozott a halotán-gén vágóértékre, illetve húsminőségre kifejtett hatásával. Kijelenthető, hogy a homozigóta domináns, illetve heterozigóta állatok kedvezőbb vágóértékűek (*Aalhus és mtsai*, 1991; *García-Macías és mtsai*, 1996; *Herfort Pedersen és mtsai*, 2001.; *Larzul és mtsai* 1997; *Leach és mtsai*, 1996; *McPhee és mtsai*, 1994; *Rundgren és mtsai*, 1990). Emellett a pozitív hatás mellett azonban ki kell emelni a negatív tényezőket is, amelyek kedvezőtlenül hatnak a víztartó képességre, illetve a hús színére. Mint ahogy a gén alternatív elnevezése (stresszgén) is sugallja, a hordozó állatok lényegesen érzékenyebbek a stresszhatásokra. Még rendkívül kíméletes vágás előtti kezelés esetén is gyorsabb a *post mortem* glikolízis a hordozó állatoknál, melynek eredménye az alacsonyabb pH, kombinálódva a magasabb izomhőmérséklettel, illetve a megemelkedett fehérje denaturációs szinttel (*Lundström és mtsai*, 1989; *Mitchell és mtsai*, 1982).

Már a 60-as évektől ismert volt, hogy egyes fajták hajlamosabbak a PSE-jelleg kialakítására (pietrain, belga lapály), míg más fajtáknál gyakorlatilag egyáltalán nem találkoztak ezzel a húshibával (*Sellier*, 1998). Néhány országban (Dánia, Hollandia, Svédország, Svájc) ma már teljes egészében sikerült kiküszöbölni a sertésállományokból a halotán-gént. Jelenleg rendelkezésünkre állnak könnyen kivitelezhető géntesztek (*Fésüs*, 2000) és mellőzhető a viszonylag bonyolult és rákkeltő halotán próba alkalmazása a stresszérzékenység kiküszöböléséhez, s így közvetetten a húsminőség javítására

irányuló szelekció gyorsan és eredményesen kivitelezhető. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a halotán-gén csupán egyetlen tényező. A megfelelő húsminőség eléréséhez számos más szempontot is szem előtt kell tartanunk. Megjegyzendő továbbá, hogy a halotán-gén jelenléte már hazánkban sem jelent különösebb problémát, hiszen a végtermék állatok között homozigóta recesszív (nn) egyedet alig, de heterozigóta (Nn) állatokat is csak elvétve találunk. A vizsgálataimat minden esetben homozigóta domináns halotán negatív (NN) állatokkal végeztem.

Az RN gént (Rendement Napole) a Hampshire fajtából sikerült először kimutatni (*Naveau*, 1986). A dominánsan öröklődő gén hatására magas a vázizomzat glikogén tartalma, melynek eredményeképpen fokozódik a *post mortem* pH érték csökkenés és mérsékeltebb lesz a hús víztartó képessége (*Entfält és mtsai,* 1997*)*. A hordozó állatok húsát savas kémhatása miatt gyakran savas húsnak (acid meat) is nevezik (*Naveau*, 1986). *Le Roy és mtsai* (2000) vizsgálatukban kimutatták, hogy a hordozó állatok esetében a vágást követően mért pH értékekben még nem, a pH_{24} esetében viszont már szignifikáns csökkenés mutatható ki. *Deng és mtsai* (2002) szerint a hordozó egyedek húsának csökkent víztartó képessége a szarkoplazmatikus fehérjékben, illetve a miozin-molekulák helikális szakaszában végbemenő denaturáció eredménye. Míg azonban a halotán-gén drasztikus hatású a víztartó képesség csökkenésében, az RN génnél mindez megközelítőleg csak 1 %-ra tehető (*Bertram és mtsai,* 2000*)*. A RN és a halotán-gén kedvezőtlen hatása additív a szín, illetve a víztartó képesség esetében (*Hamilton és mtsai,* 2000; *Le Roy és mtsai,* 1999), így a legtöbb tenyésztőszervezet az RN gént is eliminálni igyekszik tenyészállatainak genetikai állományából.

A fentiekben említett két, nagyhatású géntől eltekintve a legtöbb húsminőségi tulajdonság öröklődhetősége alacsony (h^2=0,15-0,30) (*de Vries és mtsai,* 1994; *Sellier és mtsai*, 1994). Ez alól kivételt képez az intramuszkuláris zsírtartalom, melynek öröklődhetősége 0,40-0,50 (*Sellier és mtsai,* 1994). *Wood* (1990) azt is kimutatta, hogy ugyan mind az intramuszkuláris zsír abszolút mennyisége, mind a teljes vágott test zsírtartalma egyaránt jól öröklődik (0,50 és 0,69), a kettő közötti genetikai korreláció azonban mégis alacsony (0,11). Mindez azt jelenti, hogy még magas színhúsarányra történő szelekció esetén is el lehet érni kedvezőbb intramuszkuláris zsírtartalmat.

A végső pH érték öröklődhetősége megközelítőleg 0,2 (*Sellier*, 1998). Meg kell azonban jegyezni, hogy ennek a paraméternek az alkalmasságát a húsminőség értékelésére olyan állományok esetében, amelyek egyaránt mentesek a halotán és az RN géntől, több szerző is megkérdőjelezi. Így például *D'Souza és mtsai* (2002) vizsgálatuk során magasabb végső pH értéket mértek 50 % vérhányadú duroc vonalaknál, mint azt 25 %-ban tartalmazóak esetében, miközben a víztartó képesség az előbbinél volt kedvezőbb. *Schäfer és mtsai*

(2001) azt tapasztalták, hogy a víztartó képesség esetében a teljes varianciából mindösszesen 4 %-ban részesült a végső pH, miközben a vágást követően egy órával mért pH esetében ugyanez az érték elérte a 72 %-ot.

Cameron (1990) 320 angol lapály sertés vizsgálata során úgy találta, hogy a pH_1-érték öröklődhetősége 0,20. *Hovenier és mtsai* (1992) holland nagyfehér és duroc sertések húsminőségét vizsgálták. A nagyfehér fajtára vonatkozóan 0,20, a durocnál 0,39-es h^2-értéket találtak. *De Vries* (1994) több mint 4000 nagy fehér sertés húsminőségének vizsgálata során a pH_1 érték öröklődhetőségére nézve 0,15-ös h^2-értéket számolt. *Tholen* (1994) pietrain és német lapály populációk húsminőségét az izom elektromos vezetőképessége alapján minősítette. A vizsgálatba több mint 20000 sertést vont be, és a hús vezetőképességére vonatkozóan a pietrainnél 0,16, a lapálynál 0,24-es h^2 értéket kapott. Mindezek az adatok bizonyítják, hogy a húsminőségi jellemzők fenotípusos értékének kialakításában a környezeti tényezők szerepe inkább meghatározó.

Csató (1998) a magyarországi teljesítményvizsgálati rendszerben szereplő komplex paraméter, az ún. húsminőségi pontszám öröklődhetőségét vizsgálta. A paraméter h^2 értéke tapasztalatai szerint alapfajtáink esetében 0,09-0,21 között változik. A legmagasabb értéket a duroc, a legalacsonyabbat a magyar nagyfehér hússertés esetében számította.

Hazánkban *Wittmann és mtsai* (1985) végeztek összehasonlító felmérést sertésfajtáink húsminőségére. Teljesítményvizsgálatban lévő magyar nagyfehér, észt, magyar lapály és duroc sertések alapvető húsminőségi paramétereinek (pH_1, pH_2, Göfo, PSE %, DFD %) értékelésekor a genotípus befolyásoló hatását mutatták ki a pH_1 és pH_2 esetében. Jelentős különbségeket tapasztaltak a PSE húshiba gyakoriságában: a magyar lapály sertés esetében volt a leggyakoribb (27,0 %), míg a duroc esetében a legalacsonyabb (5,6 %).

Egyre több kutatás irányul a hús minőségét jellemző genetikai markerek azonosítására. A 3. táblázatban foglaltam össze az eddigiekben feltárt, jelentősebb markereket a vágott test, illetve húsminőség tekintetében.

Klont és mtsai (2001) előrejelzésében már azt olvashatjuk, hogy a hús minőségének on-line (vágóvonalon, azaz már *post mortem* történő) jellemzését előbb-utóbb a különböző genetikai markerek prediktív használata fogja felváltani.

3.4. Az év és hónap hatása vágósertések húsminőségére

A tenyésztői munka eredményeképpen a húsminőség folyamatosan változik, fejlődik. A vágóérték növelésére irányuló szelekció ugyanis magával vonhatja a húsminőségben bekövetkező kedvezőtlen hatásokat, még a halotán-géntől mentes állatok esetében is. *Oksbjerg és mtsai* (2000) két dán lapály

vonalat hasonlítottak össze, melyek egyike az 1976-os, a másik az 1995-ös növekedési tulajdonságokat képviselte. Az izomnövekedés intenzitása a vizsgált 20 év alatt drasztikusan emelkedett, mely a megnövekedett izomrostszámra vezethető vissza. Mindezek mellett azonban az 1995-ös állapot világosabb húst, és kisebb pigmentkoncentrációt eredményezett. Ezzel megegyező következtetésre jutott *Barton-Gade* (1990) is. A dán teljesítményvizsgáló állomások adatainak értékelése során kimutatta, hogy a 80-as évek alatt a pigment koncentráció két izomban (m. longissimus dorsi és m. biceps femoris) jelentős mértékben csökkent. Ezek az adatok azért is figyelemre méltóak, mert a pigment koncentráció öröklődhetősége rendkívül magas, megközelítőleg 0,65 körüli (*Oksjberg és mtsai*, 2001).

3. táblázat: **A vágott test és a hús minőségének genetikai markerei**
Garnier (2003) alapján

Név:	Leírás:	Irodalom:
Hal-1843®	Sertések stresszérzékenysége	Fujii és mtsai (1991)
RN	Savas hús (Hampshire)	Milan és mtsai (2000)
PRKAG3	Az RN gén új alléljai	Ciobanu és mtsai (2001)
MC4R	Étvágy, vágott test zsírtartalma és homogenitása	Kim és mtsai (2000)
BETTERgen™/IGF2	Színhúsarány	Nezer és mtsai (1999), Jeon és mtsai (1999)
H-FABP	Intramuszkuláris zsír mennyisége	Gerbens és mtsai (1997)
Azonosítatlan (QTL)	Intramuszkuláris zsír mennyisége és hátszalonna-vastagság (Ibériai sertés)	Ovilo és mtsai (2000)
Azonosítatlan (QTL)	Intramuszkuláris zsír mennyisége ((Meishan)	Janns és mtsai (1997)
Azonosítatlan (QTL)	Intramuszkuláris zsír mennyisége (Duroc)	Monin és mtsai (1998)
Azonosítatlan (QTL)	Intramuszkuláris zsír mennyisége (Meishan)	Renard és mtsai (2000)
Azonosítatlan (QTL)	Kalpain szint – porhanyósság	Parr és mtsai (1999)
Azonosítatlan (QTL)	Katepszin aktivitás – füstölt sonka minősége	Armero és mtsai (1998)
MyoG (myf4)	Izomtömeg	Soumilion és mtsai (1997)
MyHC-	Rosttípus-porhanyósság	Beuzen és mtsai (2000)
CAST-	Kalpasztatin szint – porhanyósság	Ernst és mtsai (1998)
Azonosítatlan (QTL)	Androsztenon szint – kanszag	Fouilloux és mtsai (1997)
Azonosítatlan (QTL)	Szkatol szint – kanszag	Lundström és mtsai (1994)
KIT-	Kültakaró színe	Johannson-Møller és mtsai (1996)

Wittmann és mtsai (1985) évszak hatását vizsgálták teljesítmény-vizsgálatban lévő sertések húsminőségére. A főbb eredményeket a 4.

táblázatban összegeztem. Az évszak hatása szignifikáns mértékű volt a két különböző időpontban mért pH esetében, viszont a hús színét és a szubjektív bírálat értékét nem befolyásolta.

4. táblázat: **Évszak hatásának értékelése vágósertések húsminőségére**
Wittmann és mtsai (1985) alapján

Évszak	n	pH_1	pH_2	Göfo	Érzékszervi bírálat
Tél	646	5,98	5,77	75	2,02
Tavasz	844	5,92	5,60	70	1,86
Nyár	774	5,83	5,56	70	2,00
Ősz	595	5,86	5,56	68	2,03
P		0,03	0,03	2	0,09

3.5. Szállítás és pihentetés hatása a stresszállapotra és húsminőségre

A *vágás előtti stressz*hatásokat két csoportra oszthatjuk: hosszútávú hatások, mint például a sertéstelepi tartás, falkásítás, illetve rövid távú hatások, így a járműre való rakodás és a szállítás, a pihentetés körülményei, illetve a kábításra történő felhajtás. A két kategóriát nem célszerű és nem is lehet élesen elkülöníteni, bár általánosságban megállapítható, hogy a hosszútávú stresszhatások inkább a DFD húsok, míg a rövidtávúak a PSE húshibák kialakulását növelhetik.

A szállítás különösen nagy megterhelést jelent az állatok számára. Ma már azonban elfogadott tény, hogy kevésbé maga a szállítás, mint inkább a gépjárműre történő fel- és lerakodás az igazán nagy stresszhatást okozó folyamat (*Barton-Gade*, 1997). A szállítás ideje alatt ugyanakkor befolyásoló tényező a szállítójármű típusa, a ventilláció, az állatsűrűség, illetve a szállítási távolság. Ezeknek a hatásairól több átfogó tanulmány is készült (*Warris,* 1994, *Barton-Gade* 1997, *Faucitano*, 1998). Dolgozatomban, a terjedelmi korlátok miatt, a szállítást és az ahhoz szorosan kapcsolódó műveleteket csak a húsminőségre kifejtett hatásukkal kapcsolatosan értékelem. Egyéb szempontokat, így például az állatjóllét kérdéseit nem tárgyalom.

Egyre nagyobb szerepet tulajdonítanak a szállítást megelőző utolsó néhány hetes időszak takarmányozásának. A hús technológiai minősége ugyanis befolyásolható a takarmányozással. Több vizsgálatban is kimutatták (*Rosenvold és mtsai*, 2001a, *Rosenvold és mtsai*, 2001b), hogy az izom glikogén tartalma változtatható a vágás pillanatára, így közvetve alakítható a pH csökkenés mértéke, és ezzel a technológiai húsminőség.

Több próbálkozás is történt nagy mennyiségű emészthető szénhidrát etetésére, hogy elkerüljék a magas pH_2-ból adódó szélsőséges húsminőséget, azaz a DFD húshiba kialakulását. A DFD hús a tejsav képződés gátlásából adódik, melynek fő oka a vágás pillanatában alacsony glikogén és kreatin-

foszfát szint az izmokban (*Bendall és mtsai*, 1988). Nagy mennyiségű szacharóz vagy egyéb könnyen emészthető szénhidrát forrás etetése a vágást megelőző napokon, vagy csak közvetlenül a vágás előtti pihentetés alatt, jelentős mértékben megemelheti az izom glikogén raktárait, elősegítve a pH_2 megfelelő *post mortem* csökkenését (*Gardner és mtsai*, 1979, *Gallwey és mtsai*, 1977). *Fernandez és mtsai* (1992) azonban hangsúlyozzák, hogy a néhány napos szénhidrát etetés kedvező hatása nem érvényesül akkor, ha a vágást hosszabb idejű koplaltatás előzi meg. Sőt, *Pethick és mtsai* (1997) összefoglaló közleményükben arra is felhívják a figyelmet, hogy a szénhidrát adagolás kedvezőtlen is lehet: elképzelhető ugyanis, hogy csökken a DFD húshiba előfordulása, azonban növekedhet a PSE jelleg kialakulása, különösen a halotán érzékeny állatok esetében.

A gyakorlatban szükség lehet a fentiekben említett hatások ellenkezőjére, azaz az izom glikogénraktárainak csökkentésére. Mindezt magas zsír- (17-18 %) és fehérje-tartalmú (22-24 %) valamint alacsony szénhidráttartalmú (< 5 %) takarmányok vágás előtt 3 hétig történő etetésével lehet elérni (*Rosenvold és mtsai* 2001a; *Rosenvold és mtsai* 2001b). Ilyen módon sikerült csökkenteni a *m. longissimus dorsi* glikogéntartalmát, javítani ennek révén annak víztartó képességet, s mindezt úgy, hogy az állatok teljesítménye, egyéb húsminőségi tulajdonságai egyidejüleg nem romlottak. Az ilyen magas zsírtartalmú takarmány etetése ugyanakkor, annak élettani hatása miatt megkérdőjelezhető.

Az E-vitamin, mint antioxidáns, nagyon jól ismert a takarmányozás gyakorlatában. A húsban *post mortem* lezajló oxidatív folyamatok intenzitásának csökkentése érdekében kézenfekvő annak a vágást megelőző időszakban történő nagydózisú (200-250 mg/kg takarmány) alkalmazása. A szakirodalmi adatok megegyeznek abban a tekintetben, hogy a kedvező hatás elérése érdekében minimálisan egy hónap szükséges ahhoz, hogy az E-vitamin akkumulálódjon az izmokban.

Ellentmondásosak ugyanakkor az E-vitamin színstabilitásra kifejtett hatásával kapcsolatosan. Egyes szerzők kedvező hatást találtak E-vitamin kiegészítés eredményeként (*Asghar és mtsai*, 1991, *Monahan és mtsai*, 1992), míg mások semmilyen eltérést nem tapasztaltak (*Cannon és mtsai*, 1996, *Jensen és mtsai*, 1997). Az E-vitamin víztartó képességre kifejtett pozitív hatása ugyanakkor általánosan elfogadott (*Jensen és mtsai*, 1998, *Monahan és mtsai*, 1994).

A makroelemek közül a legtöbb közlemény a magnézium hatásával foglalkozik, melynek oka az, hogy a kalciummal fennálló antagonizmusa révén csökkenti a sertések stresszérzékenységét. A víztartó képességre, illetve a hús színére kifejtett kedvező hatása mind hosszútávú (25-30 kg-os testsúlytól) mind rövid távú adagolása esetén egyaránt érvényesül (*Rosenvold és mtsai*, 2003b).

Rövid távú magnéziumkiegészítés kedvező hatásának elérése érdekében legalább a vágás előtt egy héttel meg kell kezdeni adagolását, és a vágásra történő szállításig kell tartania.

3.5.1. A fel- és lerakodás körülményei

Az *állatrakodási körülmények* hazánkban általánosságban rendkívül rossznak tekinthetők. A legtöbb esetben a tervezésnél nem veszik figyelembe az állat igényeiből adódó kívánalmakat. A rámpa meredeksége nem haladhatja meg a 20°-t, de kedvezőbb ha csak 15° körüli. *Grandin* (1993) szerint előnyösebbek a lépcsős kialakítású rámpák, ahol a fokonként javasolt emelkedés 7 cm, egy-egy lépcsőfok szélessége pedig 20 cm. A rámpa kialakításánál további szempont, hogy lehetővé tegye 2-3 állat egyidejű haladását.

Van Putten és Elshof (1978) a rakodó rámpa meredekségének hatását vizsgálták vágósertések szívfrekvenciájára. 15, 20, 25 és 30 fokos rámpákon. Az állatokat négyes csoportokban terelték. Megállapították, hogy a rámpa meredeksége és a szívfrekvencia között lineáris kapcsolat áll fenn. Minél meredekebb a rámpa, annál nagyobb a megterhelés az állatok számára a felhajtás során. Az eredményeket az 5. táblázat szemlélteti.

5. táblázat: **Vágósertések szívfrekvenciája közvetlenül a felhajtást követően, különböző szögű felhajtó-rámpák használata esetén**
van Putten és Elshof alapján (1978)

Rakodórámpa szöge	N	Szívfrekvencia (%-ban az alapértékhez viszonyítva)
30	21	202±23
25	20	177±16
20	19	160±17
15	20	139±19

Kedvező módszer a hidraulikus emelő, illetve konténerek használata, aminek segítségével minimálisra csökkenthető az állatok erőltetett tereléséből adódó stresszhatás. A konténerek egyértelműen kedvező hatását bizonyították *Brown és mtsai* (2005). Vizsgálatukban a rámpával, a hidraulikus emelővel, illetve a konténer segítségével végrehajtott rakodást hasonlították össze. Ez utóbbi hozta a legkedvezőbb eredményeket mind etológiai, mind élettani szempontból (alacsonyabb szívfrekvencia és vérplazma kortizol szint), míg a rámpával történő rakodást találták a legkevésbé megfelelőnek. Találhatunk ugyanakkor ezzel ellentétes adatokat is a szakirodalomban, így például *Nanni Costa és mtsai* (2002) szerint a rakodáskor alkalmazott berendezések (rámpa *vs.* hidraulikus emelő) nem befolyásolják a húsminőséget.

A fel- és lerakodás körülményei által előidézett stresszhatásokat befolyásolhatják az állatok korábbi tapasztalatai. Azokat az állatokat lényegesen könnyebben lehet terelni, illetve felhajtani a járművekre, melyeknek

korábban lehetőségük volt az istállón kívüli mozgásra (*Abbott és mtsai*, 1997), vagy amelyeknél rendszeres volt az emberi jelenlét (*Day és mtsai*, 2002).

3.5.2. Szállítás

Pozitív hatású a tehergépkocsin alkalmazott mesterséges ventilláció. *Lambooy* (1988) összehasonlította a mesterséges, illetve a természetes ventillációjú járműveket és vizsgálta azoknak a húsminőségre kifejtett hatását. Egyértelműen kedvezőbbnek találta az elsőt, hiszen alacsonyabb volt a PSE húshiba aránya az ilyen típusú ventillációval ellátott járműveken szállított sertések esetében. A pozitív hatást annak tulajdonította, hogy a mesterséges ventillációnak köszönhetően kevésbé alakultak ki szélsőséges hőmérsékleti értékek, s így kisebb volt az állatokat érő stresszhatás.

A mesterséges ventilláció - éppen a fent említett okok miatt - szállítás közben csökkenti az elhullásokat. *Nielsen* (1982) természetes és mesterséges ventillációjú járműveket hasonlított össze. Előbbi esetben 0,46 %, míg az utóbbinál csak 0,24 % volt az elhullás mértéke. Szintén érdekes továbbá, hogy a vágás előtti pihentetés esetében is csökkent az elhullás: 1,06 %-ról 0,68 %-ra.

Wittmann és mtsai (1991) megállapították, hogy a szakszerűen végrehajtott szállítás során a szállítási távolság szerepe genotípustól függetlenül mérsékelt. Sokkal több múlik azon, hogy a vágóhídon hogyan fogadják, és milyen módon kezelik a sertéseket.

3.5.3. Vágás előtti pihentetés

Számos országban, így hazánkban is, a vágás előtt 12-15 órás, vagy akár ezt is meghaladó hosszúságú éheztetést alkalmaznak, melynek elsődleges célja a bélcsatornában lévő takarmányrészekből eredő mikrobiális keresztfertőződés megelőzése. Közismert továbbá az is, hogy közvetlenül a szállítást megelőzően nem célszerű etetni az állatokat, mivel ez útközben megnövelheti a rosszullétek, elhullások arányát (*Warris*, 1994).

A hosszú idejű éheztetés további célja, hogy csökkentsük az izmok glikogénraktárait, gátolva a túlzott mértékű *post mortem* pH csökkenést, ezáltal javítva a hús színét, illetve víztartó képességét. Több szerző egybehangzó véleménye azonban, hogy több mint 24 órás koplaltatás szükséges ahhoz, hogy a húsminőségben szignifikáns különbséget lehessen kimutatni (*Eikelenboom és mtsai,* 1991, *Fischer és mtsai,* 1988, *Warris,* 1982). Az ilyen hosszú ideig tartó koplaltatásnak azonban már állatvédelmi korlátai vannak.

A vágás előtti kezelések során lehetőség szerint célszerű elkerülni a falkásítást (*Guise és mtsai*, 1989). Ez ugyanis felesleges mértékben megnövelheti a hierarchia-küzdelmeket, amelyek bőrsérülésekhez vezethetnek, csökkentve ezzel a vágott test értékét (*Faucitano*, 2001). A vágóhídon újrafalkásított állatoknál emellett magasabb végső pH-t, így gyakoribb DFD-

húshibákat tapasztaltak (*Faucitano*, 1998). *Warris és Brown* (1985) tapasztalatai szerint a csoportküzdelmek nem befolyásolták ugyan a pH_1 értékét, ugyanakkor alacsonyabb volt a PSE hús előfordulásának gyakorisága. Amennyiben az újrafalkásítás elkerülhetetlen, mint ahogy az a gyakorlatban nagyon gyakran előfordul, akkor minél kisebb csoportlétszámok kialakítására kell törekedni. *Barton-Gade* (1997) kutatási eredményei szerint a 15, vagy annál kevesebb állatból álló csoportoknál nem volt kiemelkedően magasabb az agresszió megnyilvánulása, még ha ezek a csoportok újrafalkásításából jöttek is létre.

A pihentetési idő húsminőségre kifejtett hatásával több kutató is foglalkozott. Az optimális pihentetési idő jelenlegi ismereteink szerint 2-3 óra körüli (*van der Wal és mtsai*, 1997, *Warris és mtsai*, 1998). Megközelítőleg két órás pihentetést követően a sertések megnyugszanak, a küzdelmek is csillapodnak. Ezt meghaladó időtartamű pihentetés esetén viszont a bőrsérülések száma és felülete növekszik, és megemelkedik a DFD húshiba előfordulása (*Nanni Costa és mtsai*, 2002). Ezzel ellentétben a közvetlenül kocsiról, vagy a rendkívül rövid pihentetést követő vágás emelheti a PSE húshibák előfordulási gyakoriságát. *Aaslyng és mtsai* (2001) viszont azt tapasztalták, hogy halotán negatív állatoknál a pihentetési időnek semmilyen szignifikáns hatása nem volt a húsminőségre, amennyiben a vágás előtti egyéb kezelések megfelelőek voltak. Hangsúlyozandó azonban, hogy a pihentetésnek nem csak az ideje, hanem annak körülményei is jelentős mértékben meghatározóak (pl. férőhely, csoport-nagyság, mikroklíma). *Fraqueza és mtsai* (1998) kedvezőbb húsminőséget tapasztaltak a 20°C hőmérsékleten pihentetett állatoknál, a 35°C-os hőmérséklethez képest. A PSE húshibák csökkentése érdekében kedvezőbb hőmérsékleti kondíciók mellett hosszabb (3 óra), míg extrém magas hőmérséklet esetén rövidebb (0,5 óra) pihentetési időt javasolnak. *Wittmann és mtsai* (1991) vizsgálatukban kedvezőbbnek találták a 3 órás vágás előtti pihentetést, azonban hangsúlyozzák, hogy a vágás másnapi biztonságos megkezdéséhez szükség lehet az előző napi beszállításokra. Azaz a pihentetési idő megválasztásakor nem minden esetben csak a húsminőségi szempontokat kell szem előtt tartani.

3.6. Az elektromos ösztöke használatának a hatása a stresszállapotra és húsminőségre

A kábításra történő felhajtásból adódó, rövid távú stresszhatás az izmokban alacsonyabb pH értéket és magasabb hőmérsékletet eredményez (*Brown és mtsai*, 1998, *D'Souza és mtsai*, 1998a, *D'Souza és mtsai,* 1998b). Tény továbbá, hogy a közvetlen vágás előtti stresszhatás már élő állapotban csökkenti az izmok pH értékét, a tejsavtermelés megindulásának köszönhetően. A vér tejsav tartalma az izomzatból származik, annak fokozott aktivizálódását mutatja, amely viszont egyértelműen rontja a húsminőséget.

A vágás előtti kezelések egyik sokat vitatott eszköze az elektromos ösztöke. Az állatok terelésénél alkalmazott ezen eszköz használata komoly állatvédelmi aggályokat kelt. Egyes vélemények szerint a húsminőséget káros irányban befolyásolja, ugyanis mint elektromos stimulus, növeli a vágást követő pH csökkenés sebességét, ezáltal növelheti a PSE húshiba előfordulást. Figyelembe kell venni ugyanakkor, hogy a hazai viszonyok között jelenleg nem áll rendelkezésre olyan, kellően hatékony eszköz, amellyel az állatok vágóvonalra történő felhajtását meg lehetne oldani.

Az elektromos ösztöke húsminőségre kifejtett kedvezőtlen hatása szintén megkérdőjelezhető. Kísérletes körülmények között *Küchenmeister és mtsai* (2004) vizsgálták az elektromos ösztöke használatának a szívfrekvenciára, a szarkoplazmatikus retikulum Ca^{2+} transzportjára és a húsminőségre gyakorolt hatását. Eredményeik szerint az elektromos ösztöke vágás előtti, szisztematikus használata mindhárom vizsgált tulajdonságcsoportra szignifikáns hatással volt. Ugyanakkor a nagyüzemi vágóhidakon, ahol a különböző *pre-* és *post mortem* faktorok komplexen alakítják a húsminőséget, az ösztöke befolyásoló hatása vitatható.

Az elektromos ösztöke használata a jelenleg hatályos állatvédelmi jogszabályok szerint is korlátozott. Az *52/2003. GKM-FVM* együttes rendelet az állatszállítás állatvédelmi szabályairól kimondja, hogy amennyiben az elektromos ösztöke alkalmazása elengedhetetlen, akkor az csak a mozgatásnak ellenálló szarvasmarha vagy sertés esetében használható. További feltétel, hogy az egyidejű behatás időtartama nem haladhatja meg a két másodpercet, valamint az állat előtt annak mozgását lehetővé tevő szabad terület van. Az ilyen jellegű elektromos ingerlés továbbá kizárólag az állat hátulsó végtagjának tömeges izomzatán alkalmazható.

Vadáné (1996a) tapasztalatai szerint komoly problémát jelent, ha rendszerint 50 együtt pihentetett állatot egyszerre hajtanak fel a vágóvonalra. Ezen idő alatt az állatoknak összezsúfolva kell várakozni, miközben ismételten próbálnak néhány egyedet a kábító folyosóba kényszeríteni, ezzel az egész csoportot zaklatva. Ilyen feltételek mellett a csoport utolsó egyedei rendkívül felgyorsult *post mortem* reakciókat mutatnak. Alapelv, hogy a pihentető rekesztől a kábításig eltelt időt minimálisra kell csökkenteni. Meg kell akadályozni továbbá, hogy a mozgatás során a sertés a külső környezet jelenségeit észlelhesse, ezért a felhajtásra szolgáló folyosókat, rekeszeket tömör oldalfallal kell építeni.

3.7. A vágóhídi technológia hatása a sertések húsminőségére

A különböző kábítási módszerek értékelésekor a húsipar elsősorban a húsminőségi szempontokat, továbbá a módszer által okozott sérülések, bevérzések, csonttörések gyakoriságát tartja szem előtt. Nem mellékes

természetesen a munkavédelmi és gazdaságossági tényezők figyelembe vétele sem. A sertéseknél legszélesebb körben a szén-dioxiddal történő, illetve az elektromos kábítást alkalmazzák.

Ezek hatásairól általánosságban megállapítható, hogy az elektromos kábítás gyorsabb kezdeti pH csökkenést és kedvezőtlenebb víztartó képességet eredményez, ugyanakkor a végső pH-t kevésbé befolyásolja (*Casteels és mtsai*, 1995, *Channon és mtsai*, 2000. *Channon és mtsai,* 2002.) Az elektromos kábítás emellett az állat számára fokozott pszichikai stresszt is okoz, ami megnöveli a *post mortem* bomlási folyamatok során a metabolizmus sebességét, a nagyobb izomaktivitásnak és a katekolaminok nagyobb arányú felszabadulásának köszönhetően (*Troeger és mtsai*, 1990, 1991.)

A helyesen végzett elektromos kábításnak azonnali öntudatlanságot kell okoznia, melynek jelzői az epileptikus görcsök (tónusos, majd krónikus görcsök). A heves végtagmozgások tehát nem az elégtelen, hanem éppen ellenkezőleg, a hatásos kábítást jelzik (*Vadáné,* 1996a). Ha azonban ezek a görcsök túl hevesek és gyakoriak, akkor a kábítási módszer alkalmassága kérdéses. *Vadáné* (1996a) szerint a jó kábítás feltétele – a megfelelő elektromos paraméterek (árammennyiség, hullámalak, frekvencia) mellett – az elektródok pontos felhelyezése és a rövid kábítás-szúrás közötti idő.

A szén-dioxiddal történő kábítás hátránya elsősorban állatvédelmi jellegű. Egyes szerzők szerint az állatok az öntudatvesztésig erős stresszhatásnak vannak kitéve, hiszen a kábítóaknába kerülve fuldoklásra és menekülési kényszerre utaló viselkedést mutattak. Ma már azonban majdnem általánosan elfogadott bizonyítékok vannak arra nézve, hogy a heves mozgások az öntudat teljes vesztésével egyidejűleg lépnek fel (*Vadáné,* 1996a). A szén-dioxidos kábítás előnye továbbá, hogy csökken a különböző törések, bevérzések mennyisége, javítva ezzel a vágott test értékét (*Barton-Gade*, 1997).

A hasított testek *post mortem* hűtésének célja az élelmiszerbiztonság követelményeinek fenntartása, az eltarthatóság növelése, illetve a szín, víztartó képesség és a porhanyósság romlásából adódó veszteségek csökkentése.

A hűtés húsminőségre kifejtett hatásával több tanulmány is foglalkozott. *Borchert és mtsai* (1964) mutatták ki elsőként, hogy a folyékony nitrogénnel történő hűtés meggátolja a PSE hús kialakulását, bár ennek széleskörű húsipari alkalmazása természetesen nem megoldható. A hűtés sebességének hatásáról viszont eltérőek a vélemények. Egyes szerzők szerint a gyors hűtés javítja a hús víztartó képességét (*Bertram és mtsai,* 2001, *Kerth és mtsai,* 2001), míg más szerzők nem találtak különbséget a gyors és lassú hűtés között (*D'Souza és mtsai,* 1998a, *Milligan és mtsai,* 1998). Hátrányként említhető viszont, hogy a gyors hűtés lassítja a proteolízist, így nem oldódik megfelelő ütemben a rigorállapot (*Vadáné*, 1996a). Ezt bizonyítja *Jones és mtsai* (1987)

megfigyelése is, akik a a DFD hús nagyobb arányú előfordulását tapasztalták légáramoltatásos hűtésnél a hagyományos hűtéshez viszonyítva. A gyors hűtés ízre és lédússágra kifejtett hatásával kapcsolatosan is ellentétes vélemények találhatóak a szakirodalomban: míg *Kerth és mtsai* (2001) e két paraméter javulását tapasztalta gyors hűtés alkalmazásakor, addig *Springer és mtsai* (2003) szerint a hűtés módszere nem befolyásolja az említett jellemzőket.

A gyors hűtés hatása azonban kedvezőbbé tehető, ha a vágás során lefejtik a vágósertésekről a bőrt és a szalonnát. Így például *Milligan és mtsai* (1998) kedvezőbb húsminőséget írtak le a sonkánál abban az esetben, ha a gyors hűtést megelőzte a bőr- és szalonnafejtés. A gyors hűtésénél jelentkező probléma az ún. hidegrövidülés akkor fordulhat elő, ha az izmokban magas az energiaszint (*Locker és mtsai,* 1963). Ez a jelenség elsősorban a lassú pH-csökkenéssel jellemezhető húst veszélyezteti: ha a hűtés során a hullamerevség beállta előtt 10 °C alá hűl az izom, a kalciumionok enzimatikus hatásokra bekövetkező kiáramlása a miofibrillumok környezetéből lelassul. Így a kalciumionok – az ebben a szakaszban még elegendő mennyiségben jelenlévő ATP közreműködésével – nagyfokú izom-összehúzódást tesznek lehetővé (*Vadáné*, 1996a). *Honikel és mtsai* (1986) illetve *Bertram és mtsai* (2002) a szarkomer hosszúság és a víztartó képesség között pozitív korrelációt találtak. A hús porhanyóssága emiatt szintén kedvezőtlen irányban változik a hidegrövidülés következtében. E két negatív hatás mellett azonban ki kell emelni annak pozitív eredményét is: csökken a fehérjék denaturációjának a mértéke.

A hidegrövidülés megelőzésére széles körben alkalmazzák az elektromos stimulációt, elsősorban szarvasmarhánál és juhnál, javítva ezzel a hús porhanyósságát. Az elektromos stimuláció kedvező hatását az izom energiatartalékainak gyors felhasználása révén éri el, a vágott testen áthaladó áram okozta rángások segítségével. Ugyanez a kedvező hatás sertéseknél is kimutatható, bár negatívumként meg kell említeni a pH felgyorsult csökkenéséből adódó PSE húshiba gyakoriságának növekedését *(Hallund és mtsai*, 1965). Az elektromos stimuláció 20 perccel a vágást követően alkalmazva viszont még nem befolyásolja a víztartó képességet, akár magas (*Taylor és mtsai,* 1992) akár alacsony feszültséggel végzik azt (*Taylor és mtsai*, 1995). Annak ellenére, hogy az elektromos stimulálással nem lehet egységes hatást elérni, számos előnye létezik melyet *Vadáné* (1996b) az alábbiak szerint összegez:

- egyenletesebb porhanyósságot lehet elérni a túl rágós húsok kiküszöbölése révén,
- a maximális porhanyósság eléréséhez szükséges idő lerövidül (2-3 hétről 1 hétre),
- egyes esetekben a kivérzettség javul.

Az elektromos stimuláció alternatívája a medencénél történő függesztés, amelyet először vágott szarvasmarha és juh testeknél alkalmaztak (*Fisher és mtsai,* 2000). A hagyományos, Achilles ínnál történő függesztés helyett ilyenkor a *foramen obturatum*ba (az ún. dugott lyukba) helyezett kampó alkalmazásával függesztik a testet. Sertéseknél a medencénél való függesztés kedvező hatású a porhanyósságra (*Taylor és mtsai,* 1995) és a víztartó képességre (*Dransfield és mtsai*, 1991) egyaránt. Ennek a hatására csökken a csepegési veszteség is, melyet a nagyobb szarkomer hosszúsággal magyaráznak (*Bertram és mtsai*, 2002). Szélesebb elterjedésének korlátot szab ugyanakkor, hogy romlik a hűtőtér kihasználása, továbbá jelentős kézimunka erőt igénylő átakasztásra van szükség a vágóvonal végén (*Vadáné,* 1996b).

3.8. A stresszállapot és annak mérési lehetőségei

3.8.1. Általános adaptációs szindróma

A szervezetet érő káros hatásokra (stresszorok) – annak nagyságától és időtartamától függően - a szervezet a *Selye* (1965) által megfogalmazott, általános adaptációs szindrómával (GAS) reagál. A folyamatban kulcsszerepet tölt be a szimpatikus idegrendszer aktiválódásának hatására bekövetkező katekolamin, elsősorban az adrenalin elválasztása. Ennek a mellékvese velő-állományában termelődő hormonnak a következményeként a szervezetben olyan folyamatok mennek végbe, melyek lehetővé teszik a gyors reagálást, a menekülésre való felkészülést.

A szervezetnek az adrenalin által felfokozott állapota tartósan nem maradhat fenn, ugyanis az rendkívül gyors kimerüléshez vezetne. A hosszabb ideig, vagy többször ismétlődő stresszhatással szemben emiatt a szervezet az általános adaptációs szindrómával reagál. Ennek 3 fő szakasza különíthető el:

I. szakasz: alarm-reakció

Az erős, váratlan inger hatására a szimpatoadrenerg rendszerben emelkedik az adrenalin-szint, melynek következményeként:

- fokozódik a lebontó-anyagcsere
- emelkedik a vérnyomás, a pulzus gyorsul
- a tüdő vitálkapacitása
- az emésztőtraktus kevesebb vért kasp, romlik az emésztés

A folyamatosan megmaradó stresszorok hatására a szisztémás keringésben lassan, de fokozatosan emelkedni kezd a HEL-eredetű ACTH aktivitás, valamint ennek hatásaként a vérben a MVK-eredetű – elsősorban – glükoneogenetikus glükokortikoidok (kortizol) szintje is.

II. szakasz: ellenállás szakasza

Kialakul a tartósan magas ACTH- és kortizolszint.

III. szakasz: kimerülés szakasza

A kortizol hatása miatt lezajlik a hipofízis, a mellékvesekéreg, és annak immunszuppresszív hatása miatt a nyirok- és vérképzőszervek regressziója, valamint az energiatartalékok kimerülése miatt a végső következmény az állatok elhullása.

A stressz, mint fiziológiai folyamat hátterében a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg tengely (HHM-tengely) áll. A már említett adrenalin elválasztása egyik indító faktor, melynek hatására CRF (corticotropin releasing factor) elválasztás következik be a hipothalamusz neuroszekrécióra képes magcsoportjaiban. Kimutatása óta (*Vale és mtsai*, 1981) egyértelművé vált, hogy ez a neuropeptid kulcsszerepet tölt be a stresszorok hatására kiváltott, szervezetben végbemenő endokrinológiai-, fiziológiai-, neurokémiai- és viselkedésbeli válaszban (*von Borell*, 1995). A CRF a hipotalamusz ún. kissejtes állományában termelődik. A stresszor hatásra termelődő CRF az agy mikrocirkulációs keringésén és részben neurális transzporttal eljut a hipofízis elülső lebenyébe (adenohypophysis), ahol megnöveli az ACTH szintézisét és elválasztását. A CRF azonban nem csupán aktiválja a HHM tengelyt, hanem neurotranszmitter funkciója is van. Így például külsőleg adagolt CRF aktiválja a mellékvese velőállományát, így emelkedett plazma katekolamin koncentrációt eredményez, amelynek hatására a vérnyomás és a pulzusszám is megnövekszik (*Fischer és mtsai 1982, Brown és mtsai, 1985*). CRF receptorokat az agy számos területén azonosítottak, így például az agykéreg „érző” területein, illetve a limbikus kéregben (*DeSouza és mtsai, 1991*). *Henry és Stevens (1977)* szerint a limbikus rendszer részét alkotó hippocampus (ún. Ammon-szerv) és az amygdala tölt be jelentős szerepet a szervezetet fenyegető veszélyre való válasz kialakításában. Az előre nem várt hatásokra aktiválódik a hippocampalis kör, amely a viselkedésben gyakran lehangoltságot, levertséget eredményez. A stresszorok káros hatásainak kivédésében szerepe van az amygdalának is a szimpatikus idegrendszer aktiválásán keresztül, amellyel felkészíti az állatot a harcra vagy éppen a menekülésre („fight or flight”). Ezeknek a rendszereknek az aktiválódása azonban számos egyéb tényezőtől is függ, így befolyásolók lehetnek a genetikai adottságok, korábbi tapasztalatok, az érzékelő képesség, valamint a stressz minősége és nagysága (*Ladewig, 1994*).

A CRF hatására a hipofízis elülső lebenyében ACTH elválasztás indul el. Ez utóbbi a mellékvesekéregben glükokortikoid termelést és elválasztást indukál. A fő glükokortikoid sertésben a kortizol. Jelentős napszaki ingadozás figyelhető meg az ACTH, s ennek következményeképpen a glükokortikoidok szintjében is. A nappal aktív állatokban a maximális szint a kora délutáni órákban mérhető.

A kortizol negatív feedback mechanizmussal ugyanakkor centrálisan olyan mértékben gátolja a CRF és az ACTH elválasztást, hogy a kortizolszint a szisztémás keringésben viszonylagosan állandó marad (*Miller, 2000)*.

A kortizol szervezetre kifejtett hatása többrétű. A glükoneogenezis serkentése mellett gátolja a glükolízist. Elősegíti viszont a proteolízist, s serkenti a zsír-mobilizációt, megemelve a szabad zsírsav (FFA) szintet. Ugyanakkor létezik ún. immun-szupresszív hatása is. Hosszabb távon emiatt csökkenti a szervezet ellenálló képességét, melynek hátterében a limfoid szövetekben kifejtett apoptózist kiváltó hatása áll. Ennek következménye, hogy a vérben csökken a lymphocyták, továbbá az eozinofil granulocyták száma. Ez az immunszupresszív hatás lehet az egyik oka az GAS tárgyalása során említett kimerülési szakasznak.

A glükokortikoidok immunszupresszív és katabolikus természete számos korábbi tanulmány tárgyát képezte. A szarvasmarha fajjal ellentétben viszont a sertések szervezete jobban tűri a krónikus glükokortikoid adagolást (*Brownlie és mtsai*, 1978; *von Borell és mtsai, 1992).*

3.8.2. A stresszállapot mérésének lehetőségei

A stresszállapot mértékének mérésére számos módszer áll rendelkezésünkre. Ezek irányulhatnak egyrészt a stressz fiziológiai hátterében álló hormonok, metabolitok meghatározására, de léteznek immunológiai és diagnosztikai módszerek is. Az egyes módszerek alkalmazásánál rendkívül fontos figyelembe venni azt a tényt, hogy ezekkel eltérő genotípusú állatok összehasonlítása nem oldható meg. Erre hívják fel a figyelmet *Geers és mtsai* (1994), akik eltérő stressz-genotípusú sertéseket hasonlítottak össze. Annak ellenére, hogy a stresszhatás az egyes vonalaknál teljesen megegyező volt, mégis, szignifikáns eltérést lehetett kimutatni a pulzusszámban, a test-hőmérsékletben, valamint a vérből meghatározott kortizol és β-endorfin szintben is. A kortizol szintjében a genotípus mellett befolyásoló tényező még az életkor, sőt az ivar is (*Ruis és mtsai*, 1997).

A kortizol koncentráció mérése az egyik legelterjedtebb módszer a stresszállapot jellemzésére. Meghatározása vér-, izom- vagy vizeletmintából, de bélsárból, sőt akár nyálból (*Cooper és mtsai*, 1989), valamint tejből (*Verkerk és mtsai*, 1998) is történhet. A vérvételnél komoly probléma, hogy maga a módszer is katecholaminaemiát, vagy akár stresszhatást is jelenthet az állat számára, ami torzíthatja az eredményeket. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy a stresszhatástól a katecholaminok esetében másodpercekben, míg a kortizol véráramban való megjelenéséig eltelt idő percekben mérhető. A vérvétel hatása így inkább a katekolaminok szintjét torzítja, kevésbé a kortikoszteroidokét. A nyálból, illetve a vizeletmintából történő meghatározásnál is szükség van az állat szabad mozgását akadályozó

módszerek bevezetésére, míg a tejből történő meghatározás csak néhány, tejtermelő faj esetében alkalmazható (*Möstl és mtsai*, 2002). Az egyik legegyszerűbb és legkisebb stresszhatást jelentő módszer a bélsárból történő meghatározás, ami viszont az epeürítés mértékétől, emiatt a tápláltsági állapottól és a takarmány zsírtartalmától is függ és csak jelentős idővel a stresszhatást követően jelző értékű.

Palme és mtsai (1996) vizsgálták a kortizol ürülését a vizeleten, valamint a bélsáron keresztül. Radioaktív izotóppal jelölt kortizolt adtak intravénásan juhoknak, póni-lovaknak, valamint sertéseknek. A fajok között jelentős különbséget találtak mind az ürített mennyiségben, mind pedig az adagolást követő ürítés idejében. A bélsárból legnagyobb mennyiségben a juhok esetében lehetett kimutatni a jelölt kortizolt. A maximum koncentrációt juhoknál a beadás után 12 órával, pónilovaknál 24 órával, míg sertéseknél csak 48 órával lehetett mérni. Az ürülés mértéke mindegyik fajnál nagyobb volt a vizeleten keresztül (juh 72 %, póniló 59 %, sertés 93 %).

A kortizolmérés hatásosságára a stresszállapot meghatározása szempontjából több példa is van. *Brown és mtsai* (1998) sertések két különböző vágási technológiát hasonlítottak össze, ahol az egyikben igyekeztek a lehető legkisebb stresszhatást elérni, míg a másik csoportban tudatosan növelték a stresszhatásokat. A kortizol szintjének meghatározása mellett mérték a vér tejsav, kreatin-foszfokináz (CPK) és β-endorfin szintjét is. Az eredményeket a 6. táblázatban foglaltam össze.

Az adatokból látható, hogy a stressz hatására a vér kortizol és tejsav szintje közel kétszeresére emelkedett, s a CPK aktivitás, továbbá a β-endorfin szint is szignifikáns mértékben nőtt.

6. táblázat: **A vér egyes paramétereinek változása stresszorok hatására**
(Brown és mtsai, 1998 nyomán)

	Stressz	Minimális stressz	P
Kortizol (µg/100 ml)	17,02	7,62	***
CPK (U/l)	2,31	2,09	***
Tejsav (mg/100 ml)	92,40	49,25	***
β-endorfin (pg/100 µl)	21,61	16,14	***

*** *P<0,001*

Történtek próbálkozások az adrenalin, illetve a noradrenalin vérmintából történő meghatározására is. *Dalin és mtsai* (1993) a szállítás, mint stresszor hatását vizsgálták sertéseknél, többek között a katekolaminok segítségével. Az adrenalin szállítás előtti és utáni szintjében jelentős emelkedést mutattak ki

(0,03 ng/ml-ről 0,12 ng/ml-re). A vér noradrenalin szintje változott a vizsgálat során, azonban nem szignifikáns mértékben.

Stoier és mtsai (2001) vizsgálatukban eltérő mértékű stresszhatás előidéző tartástechnológiákat hasonlítottak össze sertéseknél és vizsgálták a metabolitok mennyiségében bekövetkező változásokat. Az analízist az elvéreztetés után, biopszia segítségével vett karajmintából (*m. longissimus dorsi*) végezték. A kreatin-foszfát és a tejsav mennyiségében szignifikáns változást (előbbinél csökkenő, utóbbinál növekvő) sikerült kimutatni, míg a glikogén szintjében ugyan nem szignifikáns mértékben, de szintén csökkenést tapasztaltak. Az eredményeket a *7.táblázatban* foglaltam össze.

7. táblázat: **Az izomban mért metabolitok szintjének a változása eltérő stresszhatásra**
(Stoier és mtsai, 2001 után)

Paraméter	Alacsony stresszhatású tartástechológia	Hagyományos tartástechnológia	P
Kreatin-foszfát (µmol/g)	7,1	5,2	P=0,06
Glikogén (µmol/g)	57	53	NS
Tejsav (µmol/g)	30	33	P<0,05

Számos kutatás során használták stresszjelző paraméterként az összes fehérvérsejt számot, valamint ezen belül a lymphocyták számát. Előbbinél emelkedés, míg az utóbbinál csökkenés (ld. kortizol immunszupresszív hatása) várható stresszorok hatására. Ezt igazolja *Dalin és mtsai*-nak (1993) a vizsgálata. Stresszor hatására az összes fehérvérsejt $13,7x10^9$ sejt/literről $15,5x10^9$ sejt/literre emelkedett, míg a lymphocyták száma $8,4x10^9$ sejt/literről $7,0x10^9$ sejt/literre csökkent.

Marahrens és mtsai (1997) a pulzusszámot használták fel a stressz mértékének becslésére. Folyamatosan mérték ezt a paramétert az istállóban tartózkodástól kezdve a szállítás, a vágás előtti pihentetés és a vágóvonalra történő felhajtás során. A kezdeti 80 szívverés/perc érték 130-ra emelkedett, majd a pihentetés ideje alatti kis mértékű csökkenést követően, a felhajtás során egyes esetekben a 200-as értéket is elérte.

Augustini és mtsai (1982) szállítás alatt vizsgálták a sertések szívfrekvenciájának változását. A rövid távú szállítás (5,3 km, 14,5 perc) során a legmagasabb frekvenciaértékeket közvetlen a fel- és lerakodás, illetve a mérlegelésre történő terelés során tapasztalták.

További módszer a légzésszám vizsgálata, melynek stressz hatására emelkedése várható, valamint szintén alkalmazható a vérnyomás és a testhőmérséklet változásának mérése.

A stresszállapot mérésének egy esetenként alkalmazott, bár meglehetősen szubjektív módja a bőr sérüléseinek vizsgálata. Három országban, így

Dániában, Nagy-Britanniában és Portugáliában végeztek ilyen irányú felméréseket. Az állatokat vágás előtt értékelték és a bőrsérülések gyakoriságától és nagyságától függően egytől négyig pontoztak (1: nincs sérülés, 4: gyakori és nagy területű sérülések). Azoknál az állatoknál, melyeknél jelentős bőrsérüléseket figyelhettek meg egyértelműen magasabb kortizol- és CPK-szintet mutattak ki a vágás során vett vérmintákból. Hasonló tendencia a tejsavmérés eredményeinél is megfigyelhető. Az adatokat a 8. táblázatban foglaltam össze.

8. táblázat: **A különböző bőrsérülési pontszámokhoz tartozó paraméterek átlagai**
(Warris és mtsai, 1998 nyomán)

Paraméter	Bőrsérülés pontszáma			
	1	2	3	4
N	2028	2885	525	46
Kortizol (µg/100 ml)	13,4	11,9	15,1	20,6
CPK (U/L)	682	1211	1554	1801
Tejsav (mg/100 ml)	70	54	60	76

3.9. A lipidperoxidáció és az antioxidáns védőrendszer kapcsolata a perimortális tényezőkkel

A lipid peroxidáció, vagy tágabban értelmezve az oxidativ stressz a biológiailag aktív molekulák reakciója oxigén eredetű molekulákkal és gyökökkel (*Halliwell és mtsa*, 1984).

A lipid peroxidáció illetve az ez ellen ható antioxidáns védelem lényeges a sejt- és a sejtorganellum membránok integritásának fenntartása szempontjából. Ennek oka az, hogy a membránok PUFA tartalma fokozottan érzékeny az oxidatív károsodásokra. A membránok károsodását egyrészt az extracelluláris térben lévő reaktív oxigén vegyületek indíthatják el, illetve a mitokondriális, vagy peroxiszomális folyamatok során is képződnek oxigén szabad gyökök. Így például a mitokondriális folyamatok, az oxigén tetravalens redukciója, során (*Copin és mtsai*, 2000), amelynek a peroxidázok által nem redukált hányada a citoszolba juthat és további szabad gyök képződést indíthat el. Egyes külső tényezők, így például a takarmány megvonás is előidézheti az oxigén szabad gyökök képződését, mivel ennek hatására csökken a sejtek antioxidáns kapacitása (*Martensson*, 1986), amely indirekt módon oxidatív stressz hatásnak tekinthető. A külső hatások között lényegesek a stresszorok is, amelynek hatására aktiválódik a HHM tengely és a keletkező kortikoidok, a korábban már tárgyal módon, széleskörű élettani történéseket indukálnak. Stresszhatásokra a szervezet a gyökképző folyamatok intenzitásának fokozásával illetve az antioxidáns védőrendszer mennyiségének / aktivitásának csökkenésével reagál (*Seckin és mtsai.*, 1997). Jelentős stresszhatásként jelentkezhet például a szállítás, amelynek az oxigén szabadgyök képződésre

kifejtett pozitív hatását teheneknél bizonyították (*Nockels*, 1996). Stresszhatásként értékelhető a fizikai terhelés is. Ennek során ugyanis az oxidatív típusú izmokban fokozódik a mitokondriális oxigén fogyasztás és az elektron transzport folyamat sebessége is (*Sheridan és mtsa*, 1998), amelyek viszont előidézői lehetnek a lipid peroxidációs folyamatoknak.

Az antioxidáns rendszer mennyiségének/aktivitásának változása, ahogy arra korábban utaltam jelzőfaktora lehet a lipid peroxidációs folyamatoknak. Ezek közül számos antioxidáns vegyület mennyiségének mérése terjedt el. A glutation rendszer tagjai közül a redukált glutation (GSH) mennyiségének változása jelzi erőteljesen az oxidatív stressz hatásokat (*Troncoso és mtsai*, 1997), amely korrelációt mutat az adott szövet glutation-peroxidáz aktivitásával (*Balogh és mtsai*, 2004). A lipidek peroxidációja során továbbá olyan metastabil végtermékek, így például aldehidek, így az elterjedten vizsgált malonaldehid is keletkeznek (*Placer és mtsai*, 1966), amelynek segítségével a folyamat végső stádiuma mérhető. Megjegyzendő azonban, hogy az aktuálisan mért malondialdehid tartalom függ a minta lipid tartalmától is (*Dworschák és mtsai*, 1988).

A lipid peroxidációs folyamatokkal kapcsolatosak a *post mortem* folyamatok során bekövetkező oxidatív változások is, amelyek befolyásolják a húsok oxidatív stabilitását. Ebből a szempontból lényeges a vágóhídi feldolgozás, ezen belül különösen az elvéreztetés is, mivel a szabadgyök képződés szempontjából kiemelt fontosságú a hemoglobin, illetve az oximioglobin jelenléte. A hemoglobinból, illetve az oximioglobinból felszabaduló vas ugyanis, különösen aszkorbinsav jelenlétében, prooxidánsként viselkedhet, azaz szabadgyök képződést indíthat el (*Ahn és Kim*, 1998).

4. Anyag és módszer

4.1. A genotípus és az ivar szerepe a húsminőségben

4.1.1. Vizsgált állomány

A genotípus és az ivar húsminőségre kifejtett hatásának értékelését az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet (OMMI) atkári teljesítményvizsgáló állomásának segítségével végeztem el. A vizsgálatban az utóbbi 5 év (2000-2004) Hízékonysági és Vágási Teljesítményvizsgálatának (HVT) eredményeit használtam fel, az alábbi sertésfajták és konstrukciók bevonásával:

- magyar nagyfehér hússertés (MNF) n=5015
- magyar lapály sertés (ML) n=1392
- duroc (D) n=241
- pietrain (Pi) n=241
- MNF x ML n=1538
- pietrain x hampshire (Pi x Ha) n=160
- pietrain x duroc (Pi x D) n=248

Az ivar vizsgálatánál ártányokat (n=7185) és kocákat (n=7229) hasonlítottam össze.

Az állatok hízlalása és vágása a sertés teljesítményvizsgálati kódex előírásai szerint történt.

A malacokat legkésőbb 77 napos korban szállították be a teljesítmény-vizsgáló állomásra. A beszállított malacok testsúlya maximum 34 kg volt.

A vizsgálatok 80 napos korban kezdődtek és a 105±2 kg-os testsúly eléréséig tartottak. Az egyedek testtömegének a mérését 80 napos korban, majd havonta egy alkalommal, végül a vágás előtt végezték el. A takarmány-fogyasztás mérése a 80. nap reggelétől a vágást megelőző nap délutánjáig tartott. A vizsgálat folyamán az állatokat standard összetételű, granulált takarmánnyal *ad libitum* takarmányozták.

4.1.2. Vágási technológia

Az állatokat 105±2 kg-os testsúlyban vágták le. A vágás az állatok kábításával és elvéreztetésével kezdődött. A sertéseket forrázásos technológiával tisztították. A felfüggesztett és felbontott sertés belső szerveinek (emésztő-, légző-, vérkeringési és kiválasztó szervek) kiemelését követően a testet a hát gerincvonala mentén kettéhasították. A hasított test súlyát melegen, majd 24 órás hűtést követően 0,1 kg pontossággal mérlegelték.

A testméreteket a bal féltesten vették fel. Meghatározták a törzs-hosszúságot és a szalonnavastagságot (maron, háton és ágyékon). A féltestek az

EUROP szabvány szerint minősítették, a 77/2003. (VII. 4.) FVM rendeletnek megfelelően.

A szalonnát a meleg bal féltestről lefejtették. A bal féltest súlyát (csontos hús és fehéráru) és a lefejtett bőrös szalonnát a hájjal együtt külön-külön is 0,1 kg-os pontossággal is lemérték.

A bal féltest súlyát 24 órás hűtést követően újra mérlegelték, majd darabolták. A darabolás során meghatározták az értékes húsrészek, így a comb, lapocka, tarja és karaj súlyát, 0,01 kg-os pontossággal.

4.1.3. A húsminőség meghatározása

A pH-t a musculus longissimus dorsiban a 13.-14. csigolyatest között a karajban egy tized pH-érték pontossággal mérték a vágás után 45 perccel (pH_1) és a vágás után 24 órával (pH_2). A méréseket minden esetben a bal féltesten végezték.

A hússzínt felületi reflexióval mérték, Optostar készülékkel. A vizsgálatot a vágást követő 24. órában az előhűtött bal féltestben végezték a *musculus longissimus dorsi* friss metszésfelületén a 13. és 14. csigolyatest között.

A mért értékek mellett elvégezték a húsminőség érzékszervi vizsgálatát annak összbenyomása alapján, melyet 0-tól 3-ig terjedő skálán értékeltek.

A meglévő értékekből számításokkal további jellemzőket határoztam meg a víztartó képesség jellemzésére:

$$\text{Hűlési veszteség (\%)} = \frac{\text{Hasított test melegen} - \text{Hasított test hidegen}}{\text{Hasított test melegen}} * 100$$

A húsminőséget ezek alapján összességében 10 pontos rendszerrel értékeltem, melynek jellemzőit a 9. táblázat szemlélteti.

9. táblázat: ***A húsminőség értékelésének alapelvei a HVT-ban***

Jellemzők	pH-érték			Optostar értéke		Érzékszervi minősítés	
	pH_1	pH_2	pont	Karajban mérve	Pont	Tulajdonság	Pont
	Karajban						
PSE	≤5,6	≤5,4	1	<59	1	Nagyon halvány, vizenyős, nyitott szerkezetű	0
	≤5,7	≤5,6	2			Halvány, vizenyős	1
Normál	5,8-6,2	5,7-5,8	4	60-76	3	Rózsaszín, víztartó képessége jó	3
DFD	6,3≤	6,2≤	3	76<	2	Sötét, száraz, tapadós felületű, zárt	2

A PSE húshiba meghatározásakor a Sertés Teljesítményvizsgálati Kódex szerint a pH_1-értéket vettem figyelembe, míg a DFD hibánál a pH_2 értéket. Amennyiben a pH_1 érték ≤ 5,7, akkor az adott húst PSE-nek minősítettem. A ≥ 6,2 végső pH értéket mutató húst DFD-nek tekintettem.

A fajták összehasonlításának a statisztikai értékeléséhez variancia analízist (ANOVA) alkalmaztam. Ez alól kivételt képez az érzékszervi bírálat pontszáma. Mivel ez diszkrét változó, ezért a fajtahatást ebben az esetben a Kruskal-Wallis teszt segítségével értékeltem. A húsminőségi paraméterek genotípusok közötti különbségeit a legkisebb szignifikáns differenciák (LSD) alapján értékeltem. A fajták közötti különbségek ábrázolására boxplot-ot használtam, feltüntetve a medián, az alsó és felső kvartilis, illetve a minimum és maximum értékeket. A statisztikai értékeléskor SPSS 14.0 szoftvert használtam.

4.2. Az év és vágási hónap húsminőségre kifejtett hatásának értékelése

Az év és a vágási hónap húsminőségre kifejtett hatásának értékelését szintén az OMMI teljesítményvizsgálatai alapján hajtottam végre. A vizsgálat során az utolsó 10 kiértékelt év adatait használtam fel (1995-2005). A vizsgálatokat a fajtahatás kizárása érdekében párhuzamosan a két legnagyobb létszámú hazai alapfajtánkon, a magyar nagyfehér hússertésen és a magyar lapálysertésen hajtottam végre.

Az állatok hízlalásának és vágásának körülményei, illetve a húsminőségi paraméterek meghatározása és értékelése a 4.1. fejezetben ismertetettek szerint történt.

Az évhatás értékelésekor ANOVA-t, illetve Kruskal-Wallis tesztet, míg a hónaphatásnál ezek mellett LSD tesztet alkalmaztam. A statisztikai értékeléskor SPSS 14.0 és Statistica 4.5. szoftvert használtam.

4.3. Szállítás és pihentetés hatása a stresszállapotra és húsminőségre

A szállítás és pihentetés hatását vizsgáló kísérletünket a Gyulai Húskombinát vágóhídján, illetve a húsüzem egyik legnagyobb beszállítójánál, a mezőhegyes - peregi sertéstelepen hajtottuk végre.

A kísérleti állomány vegyesivarú (ártány és koca) volt, 40 db Dumeco hízósertésből állt. A vizsgálatokban alkalmazott hibrid egy négyvonalas, diszkontinuens hibrid, amely a vizsgálat időpontjában anyai F1 vonalként yorkshire és lapály keresztezéséből, míg az apai terminál vonalként duroc és egy speciálisan hústermelésre szelektált yorkshire vonal keresztezéséből állt. Mindnégy alkotó vonal hollandiai eredetű volt. Az állatok halotán negatív genotípusúak voltak.

A sertések szállítás előtt 4 órával fogyaszthattak utoljára takarmányt. Az istállóból az állatokat közvetlenül a vérvétel kezdete előtt terelték ki. A vérmintákat a *v. cava cranialisból* a felhajtórámpa mellett kialakított várakozó karámban vettük (*1. vérminta*). Az állatokat szintén itt láttuk el egyedi azonosítóval. A vérvételt követően a sertéseket azonnal a szállító járműre terelték, amely várakozás nélkül elindult. A szállításra használt teherautó háromszintes volt, a vizsgálatba vont állatokat az alsó szinten helyezték el. A férőhelyigény a jogszabályi előírásoknak megfelelt (235 kg/m^2). A szállító jármű csúszásmentes kialakítású padozatán nem almoztunk. A szállítási távolság a telep és az üzem között 70 km, amelyet másfél óra alatt tett meg a jármű. A szállítás a nyári évszakban, a reggeli órákban történt, 19-22 ^{o}C-os levegőhőmérséklet és csapadékmentes időjárás mellett.

A vágóhídra érkezést egyedi mérlegelés, majd a második vérvétel követte. Elsőként a rövidebb idejű pihentetésre szánt, majd a következő napi vágás állataiból vettünk vért (*2. vérminta*).

Az állatokat két csoportra osztottuk: 1 órás, illetve a helyi gyakorlatnak megfelelően 16 órás pihentetési időt alkalmazva. Az állatok elhelyezése a vágóhíd pihentetőszállásán, egymás melletti, fedett, beton padozatú karámokban történt. Az 1 óráig pihentetett állatoknál nem, a 16 óráig pihentetetteknél azonban vízpermetezést alkalmaztunk az üzemi gyakorlatnak megfelelően. Az állatok a vonatkozó jogszabályokban előírt, csökkentett mennyiségű takarmányozási követelményeknek megfelelően, de a vágóhídi technológia által támasztott igényeket is szem előtt tartva, 3 %-os répacukoroldatot kaptak takarmányként.

A megfelelő hosszúságú pihentetési időt követően az állatok elektromosan kábítottuk, majd elvéreztettük, amely során újabb vérmintákat gyűjtöttünk (*3. vérminta*). Ezt követően az állatok az üzemi technológiának megfelelően haladtak végig a vágóvonalon (*ld. 4.7. fejezet*). A májmintákat az állatok bontását követően vettük, az ún. farkalt lebenyből (*lobus caudatus*). A húsminőségi mérésekre a Fat'o'Meater-es minősítést követően, a vágóvonalon (45 perc), illetve a hűtést követően a csontozó-daraboló üzemben (24 óra) került sor.

A kísérlet során meghatározott paramétereket a 10. táblázatban foglaltam össze.

A húsminőségi paraméterek módszertanát a *4.9. fejezetben*, míg a biokémiai mérések módszertanát a *4.8. fejezetben* ismertetem. A kísérlet során alkalmazott módszerek minden esetben megfeleltek a hatályos jogszabályi előírásoknak.

Az eredmények statisztikai értékelését Student-féle t-próbával végeztem, SPSS 14.0 szoftvert használva.

10. táblázat: **A szállítás és pihentetés hatásának értékelésére alkalmazott paraméterek**

Húsminőségi paraméterek	Vérből mért paraméterek	Májból mért paraméterek
pH_1 pH_2 Maghőmérséklet L* a* b*	Kortizol (vérplazma) Glükóz (vérplazma) Tejsav (vérplazma) NEFA (vérplazma) GSH (vvt és vérplazma) GSHPx (vvt és vérplazma) MDA (vvt és vérplazma) C-vitamin	GSH GSHPx MDA C-vitamin

4.4. Az elektromos ösztöke használatának hatása a stresszállapotra és húsminőségre

A kábítás előtti tényezők vizsgálata során a felhajtáskor alkalmazott terelőeszköz (elektromos ösztöke) hatását értékeltem vágósertések stressz-állapotára és húsminőségére

A kísérleteket a Gyulai Húskombinát vágóhídján végeztük, 40 kísérleti állat bevonásával. A vizsgálatoknál Dumeco α genotípust használtunk. Az állatok szállítása 70 km-ről történt. A lerakodás és mérlegelés után a 40 kísérleti állatot a kísérleti elrendezésnek megfelelően 2x20-as csoportban helyeztük el, egymás melletti pihenőkarámokban.

A pihentetési idő minden esetben 16 óra volt, amely alatt az állatok szabadon hozzáférhettek 3 %-os répacukor oldathoz. Az állatok elsődleges feldolgozása a *4.7.-es fejezet*ben ismertetettek szerint, a helyi technológiának megfelelően történt.

A beszállítást követő napon, a kábítás előtt 1 órával vettük az első vérmintákat. Az állatokat a vágóvonalra csoportonként eltérően hajtottuk fel: 20 állatot ösztökehasználat nélkül, míg 20 állatot rendszeres, de a jogszabályi előírásoknak megfelelő ösztökehasználattal. A vágóállatok további feldolgozása mindkét csoportban a helyi technológiának megfelelően történt.

Vérmintát két esetben gyűjtöttünk: elsőként élő állapotban, a kábítás előtt 1 órával, az elülső üres vénából (*v. cava cranialis*), míg másodikként az elvéreztetéskor. A vizsgálat során meghatározott paramétereket a 11. táblázatban foglaltam össze.

A húsminőségi paraméterek mérésének módszertanát a *4.9. fejezetben*, míg a biokémiai mérések módszertanát a *4.8. fejezetben* ismertetem. A kísérlet során alkalmazott módszerek minden esetben megfeleltek a hatályos jogszabályi előírásoknak.

Az eredmények statisztikai értékelését Student-féle t-próbával végeztem el, SPSS 14.0 szoftver alkalmazva.

11. táblázat: **Az elektromos ösztöke használat hatásának értékelésére alkalmazott paraméterek**

Húsminőségi paraméterek	Vérből mért paraméterek	Májból mért paraméterek
pH_1 pH_2 Maghőmérséklet L* a* B*	Kortizol (vérplazma) Glükóz (vérplazma) Tejsav (vérplazma) NEFA (vérplazma) GSH (vvt és vérplazma) GSHPx (vvt és vérplazma) MDA (vvt és vérplazma)	GSH GSHPx MDA

4.5. A vágóhídi technológia hatása a húsminőségre

A vizsgálatokat a Gyulai Húskombinát Rt. vágóhídján hajtottam végre. A vizsgálatokat 40 vegyesivarú, Dumeco α genotípusú sertésen végeztem. Az állatokat azonos telepről, azonos szállítójárművel szállítottuk be a vágást megelőző napon. Az állatokat a pihentető szálláson 2x20-as csoportra osztottuk. A pihentetési idő mindkét csoport esetében 16 óra volt, mely alatt az állatok szabadon hozzáférhettek 3 %-os répacukor oldathoz.

A két csoport elsődleges feldolgozás technológiája eltérő volt: ún. nagyüzemi és kisüzemi típusú vágási technológiát alkalmaztunk. A nagyüzemi típusú vágási technológia megegyezik a *4.7. fejezetben* leírtakkal.

A nagyüzemi típusú technológiával feldolgozott csoportot 15°–os felhajtórámpán, 20-as csoportban, azaz együtt került felhajtásra. A pihenő karám és a kábító-folyosó közötti távolság 30 m volt. Az állatokat két gondozó terelte, szükség szerinti ösztökehasználattal.

A második kísérleti csoport kábítása során az állatokat közvetlenül a kábító karám melletti helységben, attól azonban fallal elválasztva szállásoltuk el. Az állatok kábítása egyenként történt, a kábítás céljára kialakított kábító karámban. Az állatokat a pihenőboxból egy gondozó terelte a kábításhoz, terelőbot segítségével. A távolság a pihenőbox és a kábító karám között nem haladta meg az 5 métert.

Az állatoktól egy alkalommal, az elvéreztetés pillanatában vettünk vért. A mért biokémiai és húsminőségi paramétereket a 12. táblázat szemlélteti. A két különböző vágási technológia legfontosabb jellemzőit a 13. táblázatban foglaltam össze.

12. táblázat: **A vágóhídi feldolgozás hatásának értékelésére használt paraméterek**

Húsminőségi paraméterek	Vérből mért paraméterek
pH_1 pH_2 Maghőmérséklet L* a* b* Csepegési veszteség	Glükóz (vérplazma) Tejsav (vérplazma) GSH (vvt és vérplazma) GSHPx (vvt és vérplazma) MDA (vvt és vérplazma) C-vitamin

13. táblázat: **A nagyüzemi és kisüzemi típusú vágási technológia legfontosabb jellemzői**

	Nagyüzemi típusú vágás	Kisüzemi típusú vágás
Távolság a pihentető rekesz és a kábítóhely között	30 m	5 m
Állatok mozgatásának módszere	Elektromos ösztökével	Terelőbottal
Kábítás	3 pontos elektro-narkotikus kábítás (automata)	2 pontos elektro-narkotikus (kábítóvilla)
Forrázás	Automata	Kézi
Perzselés	Automata	Kézi
Kábítástól hűtésig eltelt idő	54 perc	46 perc
Hűtés	Előhűtés, majd tárolás +4°C-on	Előhűtés, majd tárolás +4°C-on

A húsminőségi paramétereket a 4.9. fejezetben ismertettek szerint mértem, a következő eltérésekkel. Mind a pH-t, mind a színjellemzőket (L*, a*, b*) a karaj 3 különböző pontján mértem, mégpedig a (1) *craniolateralis* és (2) *craniomedialis* pontokon, illetve a (3) karaj *caudalis* végének középső részén. A vágási technológia hatását a három különböző mérési pontra külön-külön vizsgáltam. A biokémiai mérések módszerei a *4.8. fejezet* szerint történtek.

Az eredmények statisztikai értékelését Student-féle t-próbával végeztem, SPSS 14.0 szoftvert használva.

4.6 A húsminőségi paraméterek összefüggései és gyakorlati alkalmazhatóságuk értékelése

4.6.1. A húsminőségi paraméterek korrelációja

Az előző részvizsgálatokban mért adatok segítségével értékeltem az egyes húsminőségi paraméterek összefüggéseit, illetve azok alkalmasságát a húsminőség előrejelzésére. A korrelációs koefficienseket mind a saját mérési eredmények, mind a teljesítményvizsgálati eredmények esetében kiszámítottam. Ez utóbbinál az alapadatokat még genotípusok szerint is tovább bontottam, így a korrelációs koefficienseket külön számítottam a MNF és a ML fajtáknál.

Vizsgáltam továbbá az izomban lévő tejsav mennyiségének és a húsminőségi paramétereknek az összefüggését, illetve egyéb termelési paramétereket, így a növekedést, takarmányértékesítést és vágóértéket jellemző értékmérők és a húsminőség kapcsolatát.

4.6.2. A karaj méretének hatása a húsminőségre

A vágóérték és a húsminőség kapcsolatának további elemzése céljából értékeltem a karaj mérete és a húsminőség kapcsolatát. A vizsgálatokat két fajtán, a MNF és a Pi fajtán végeztem el. Ezek kiválasztását az indokolta, hogy a MNF jól kiegyenlített és teljes egészében stresszrezisztensnek tekinthető fajta, míg a Pi esetében a mentesítés még nem megoldott teljesen. Ez utóbbinál a nn, Nn, NN genotípusok aránya megközelítőleg azonos a vizsgált állományban (*Radnóczi*, 2006), bár ezt konkrét mérésekkel nem ellenőriztem. A Pi fajta vizsgálatát annak hazai viszonylatban kiemelkedő vágóértéke is indokolta.

A vizsgálat során a karajokat 3 súlykategóriába osztottam:

- Kis méretű karaj: 4 kg alatti
- Közepes méretű karaj: 4 és 5 kg közötti
- Nagy méretű karaj: 5 kg feletti

A karajméretnek a húsminőségi paraméterekre gyakorolt hatását ANOVA segítségével értékeltem, SPSS 14.0 szoftver használatával.

4.6.3. A karajon belüli mérési pont hatása a húsminőségre

A vizsgálatban a húsminőségi paraméterek változását vizsgáltam a karajban, mint anatómiailag legnagyobb összefüggő izmon belül. A méréseket 40, azonos genotípusú sertéstől származó, bal oldali karajon végeztem el. A vizsgálatok a 24. órában mért pH-ra és színre terjedtek ki.

A pH esetében 4 mérési pontot vettem fel:

1. mérési pont: karaj craniális végének laterális pontja
2. mérési pont: karaj craniális végének mediális pontja
3. mérési pont: karaj mértani középpontja
4. mérési pont: karaj caudális végének középső pontja

A színmérés során egy méréssel kevesebbet tudtam elvégezni: a 3. pontot ebben az esetben nem tudtam értékelni.

A mérési hely húsminőségre gyakorolt hatását ANOVA segítségével értékeltem. A konkrét mérési pontok közötti eltéréseket LSD teszt alkalmazásával hasonlítottam össze. A statisztikai elemzéshez SPSS 14.0 szoftvert használtam.

4.6.4. Az érzékszervi bírálat szerepe a húsminőség megítélésében

A részvizsgálatban a teljesítményvizsgálatokban alkalmazott érzékszervi bírálat során hozott döntést befolyásoló tényezőket értékeltem. Kiszámítottam az érzékszervi bírálati pontszám (*ld. 8. táblázat*) és a különböző húsminőségi paraméterek közötti rangkorrelációs koefficienseket. A kapcsolat ábrázolására boxplotot használtam. A statisztikai elemzést SPSS 14.0 szoftverrel végeztem.

4.6.5. A PSE és DFD jelleg kimutatása

Széles körben elterjedt gyakorlat, hogy a PSE jelleget kizárólag a pH_1, a DFD jelleget a pH_2 alapján határozzák meg. A részfeladatban vizsgáltam ennek a módszernek az alkalmasságát. MNF sertések karaját kategorizáltam PSE, illetve DFD jelleg alapján, majd összehasonlítottam azok húsminőségét normál minőségű karajokéval. Vizsgáltam, hogy valóban meg lehet e határozni a hús minőségét egyetlen paraméterrel a két szélsőséges húsminőségre jellemző összes sajátosságra nézve.

4.7. A kísérleti állatok vágási technológiája

A egyes kísérletekben alkalmazott vágási technológia a legtöbb esetben megegyező volt, így ezt külön alfejezetben ismertetem. Ettől eltérő technológiát alkalmaztunk a fajta és ivarhatást, valamint az év és hónaphatást értékelő részvizsgálatban. Szintén eltérő volt a vágási technológia hatását elemző részvizsgálat során a kisüzemi vágási technológia. Ezeknél a technológiát a részvizsgálatok tárgyalásakor ismertettem.

Az állatokat a felvezető korlátrendszeren tereltük a nyaktaghoz. A szűkítőn át a sertés felhajtóra, majd zuhanyoztatást követően a kényszer-szállítószalagra egyenként hajtottuk az állatokat.

A kényszer-szállítószalagon rögzített sertést automata elektronarkotikus berendezéssel kábítottuk. A berendezés a sertések ellenállásának megfelelően automatikusan beáll a kábítási paraméterekre. Az automata berendezés két pólusa a sertés halántékára tapadva, a harmadik pólus a bal oldalon, a szívtájékon végzi a kábítást, melynek ideje 3-5 sec. Kábítás után a sertések a görgős véreztető szalagra csúsztak.

Kábítás után a sertéseket max. 10 sec-on belül elvéreztettük. Váltott, 82 °C-os vízben fertőtlenített késsel az állatokat a szegycsont alatt szúrtuk meg, a nyaki űtőerek elvágásával.

A görgős véreztetőasztal folyamatos mozgással továbbította a sertést a bilincselés helyére, ami az asztal végpontján történt. A véreztetés a konvejoros véreztető magaspályán folytatódott.

A testek zuhanyoztatását követően a konvejor pálya a forrázókádba viszi a sertéseket. A forrázási idő minden esetben maximum 8 perc volt. A forrázó víz hőmérséklete 65 °C. A forrázás után a sertések 2 hengeres gumi és fém kaparóelemes kopasztó berendezésbe kerültek, ahol a kopasztási idő max. 20 sec/db volt. A kézi és gépi utótisztítást követően a test felületéről a szőrmaradványokat és a maradék hámréteget automata berendezéssel leperzseltük.

Az utóperzselés, a fülgomba és a szem kivágását követően kerülnek az állatok a tiszta övezetbe. A szegyhasítás után eltávolítottuk a beleket, majd a belsőséget. A belsőséget az állatorvosi ellenőrzésig a testtel szinkronban haladó belsőségvizsgáló tálcára helyeztük.

A testek kettéhasítása automata hasítófűrésszel történt. A hasítófűrész pontosan a farok mellett kettévágta a gerincoszlopot és a fejet. A hasítást követően a hatósági állatorvos elvégezte a test és belsőségeinek bírálatát. A kísérletek végrehajtása során, a vizsgált állománynál egyetlen kobzásra sem volt szükség.

A bőrös féltesteken minden esetben elvégeztük a Fat'o'meat-eres mérést, mellyel meghatároztuk a színhús-kihozatalt.

Az elsődleges feldolgozás záró műveleteként mérlegeltük a hasított testeket, majd azokat a hűtőbe továbbítottuk. Következő napon a csontozást a maximum + 7 °C-os hasított testeken kezdtük meg.

4.8. A biokémiai mérések módszerei

4.8.1. Stresszjelző paraméterek

A stresszállapot értékelésére a következő paramétereket alkalmaztam:

- vérplazma kortizol tartalma
- vérplazma nem észterifikált zsírsavak (NEFA) mennyisége
- vérplazma tejsav tartalma
- vérplazma glükóz tartalma

A vérmintákat az adott mérési rendszer igényeinek megfelelően nátrium-fluroidot illetve kálium-oxalátot, mint alvadásgátló anyagokat tartalmazó csövekbe vettem. A mintákat 10 percig 2500 rpm értéken centrifugáltam a vérplazma és az alakos elemek elválasztására.

A kortizol mennyiségét ^{125}I radioimmunassay segítségével, *Csernus és mtsai* (1982) módszere szerint határoztam meg. A NEFA-t (NEFA kit, Randox, Cork), a tejsavat (L-lactate (PAP) kit, Randox, Cork) és a glükózt (Diagnosticum, Budapest) enzimatikus kolometriás módszerrel mértem.

4.8.2. A lipidperoxidáció szintjét és az antioxidáns védőrendszert jellemző paraméterek

A lipidperoxidáció szintjének, illetve az antioxidáns védőrendszer állapotának a jellemzésére a következő paramétereket alkalmaztam:

- malondialdehid (MDA) mennyisége
- redukált glutation (GSH) mennyisége
- glutation-peroxidáz (GSHPx) aktivitása
- C-vitamin mennyisége

Az MDA és GSH mennyiségét, valamint a GSHPx aktivitását a máj 1:9 homogenizátumban, illetve annak 10.000 g szupernatans frakciójában, a vérplazmában, illetve a vörösvértestek 1:9 hemolizátumában határoztam meg. A C-vitamin koncentrációt a májban és a vérplazmában mértem.

A vért heparint tartalmazó csövekbe vettem, amelyeket 10 percig 2500 rpm értéken centrifugáltam a vérplazma és a vérsejtek elválasztása céljából. A vörösvértest (vvt.) hemolizátumot a vörösvértestekhez adott 9-szeres mennyiségű desztillált vízzel, majd fagyasztással (-20 ^{o}C, 18 óra) és felmelegítéssel (37 ^{o}C, 30 perc) képeztem. Mind a vvt. hemolizátumot, mind a vérplazmát az analízis elvégzéséig -20°C-on tároltam.

A lipidperoxidáció szintjét jelző MDA-tartalmat 2-tiobarbitur-savas reakció segítségével mértem. A vérplazma és a vvt. hemolizátum esetében *Placer és mtsai* (1966), a májmintáknál pedig *Mihara és mtsai* (1980) módszerét követtem.

Az antioxidáns rendszer vizsgálata a GSH-koncentráció és a GSHPx-aktivitás meghatározásával történt. Az előbbinél *Sedlak és mtsai* (1968), míg az utóbbinál *Matkovics és mtsai* (1988) módszerét követtem. Az enzim aktivitását a minta fehérjetartalmára vonatkoztattam. Ez utóbbit a vérplazma és a vvt. hemolizátum esetén biuret-reakcióval (*Weichselbaum,* 1948), a máj-homogenizátum esetén pedig Folin-fenol reagenssel határoztam meg (*Lowry és mtsai,* 1951).

A C-vitamin mennyiségének meghatározásához *Omaye és mtsai* (1979) módszerét alkalmaztam.

4.9. A húsminőségi mérések módszerei

4.9.1. pH-mérés

A méréseket az általánosan elfogadott időpontokban, így a vágást követő 45. percben, illetve a hűtést követően, a vágás utáni 24. órában végeztem.

A pH méréseket minden esetben intakt izmokon hajtottam végre. A mérés a húsipar számára legfontosabb helyeken, így a *m. longissimus dorsi* és a *m. semimembranosus* izmokban történt. Előbbi esetben a 13. és 14. csigolyatest között, míg utóbbinál 2-3 cm-es mélységben történt a mérés. Izmonként minden esetben egy mérést végeztem.

A méréseket pH330 (WTW, Németország) pH mérővel és a hozzá csatlakoztatott Sentix Sp húsipari szúróelektróddal hajtottam végre.

A mérések között a szúróelektródot minden esetben desztillált vízzel mostam, illetve papírtörülközővel szárazra töröltem.

4.9.2. Színmérés

A színt két időpontban mértem. A vágóhídi minősítés esetében, amennyiben azt Fat'o'Meater segítségével végzik, a színt felületi reflexió alapján mérik. Ennek időpontja a vágást követő 35-40. percre tehető. Eredménye tájékoztató jellegű.

A hűtést követően, a csontozás-darabolás során leválasztott karaj friss metszésfelületén végeztem színmérést. A színméréshez Minolta CR-330 (Minolta Co., Japán) készüléket használtam, D65 fényforrás és 0° beesési szög alkalmazásával. A szín jellemzésére a CIELAB rendszert alkalmaztam, ahol az egyes paraméterek értelmezése a következő:

- L*: húsvilágossági érték. 0-99-ig tartó skálán a 0 jelenti az abszolút fekete, a 99 a fehér színt.
- a*: piros szín
- b*: sárga szín

Az L* értékénél figyelembe kell venni, hogy alapelve pontosan ellenkezője a teljesítményvizsgálatokban is használt Optostar készülékének. Míg az Optostarral mért értéknél a magasabb érték sötétebb színt jelent, addig az L*-nél magasabb érték halványabb húst jelez.

4.9.3. Egyéb húsminőségi paraméterek

A vágást követő 45. percben mértem az izmok maghőmérsékletét. Minden esetben a húsipar számára legfontosabb húsrészeket, így a karajt és a combot értékeltem. A méréseket kalibrált húsipari maghőmérővel hajtottam végre, izmonként egy-egy méréssel.

A víztartó képesség jellemzésére két paramétert alkalmaztam. A fajta és ivarhatás, valamint az év és hónaphatás értékelésekor a hűlési veszteséget fejeztem ki %-ban, az alábbi képlet szerint:

$$\text{Hűlési veszteség (\%)} = \frac{\text{Hasított test melegen} - \text{Hasított test hidegen}}{\text{Hasított test melegen}} * 100$$

A vágóhídi technológia értékelésekor az ún. Honikel-tesztet alkalmaztam a víztartó képesség jellemzésére. Eszerint egy 2 cm vastag hússzeletet lemértem, majd egy hálóba csomagolva felfüggesztettem, úgy hogy a hússzeletre csak a gravitációs erő hasson. 24 óra elteltével a szeletet kicsomagoltam és újra lemértem. A csepegési veszteséget ezután az alábbi képlet szerint határoztam meg:

$$\text{Csepegési veszteség (\%)} = \frac{\text{Szelet súlya csontozáskor} - \text{Szelet súlya 24 óra múlva}}{\text{Hússzelet súlya csontozáskor}} * 100$$

5. Eredmények és értékelésük

5.1. A genotípus és ivar hatása vágósertések húsminőségére

A vizsgálatban résztvevő genotípusok adatai között a húsminőségi paraméterek mellett feltüntettem néhány egyéb paramétert, így a nettó súlygyarapodást, takarmányértékesítést, a színhúsarányt, az átlagos szalonnavastagságot, illetve a karaj tömegét is (14. táblázat). Ezeknek a paramétereknek a közlését azért tartottam szükségesnek, mivel a későbbiekben a húsminőségi paraméterekkel való korrelációjukat is számítottam.

Az általam feldolgozott adatok közül kiemelendő a pH_1 értéke, amely a legalacsonyabb átlagértéket a pietrain fajta esetében mutatta. Az 5,90-es átlag közel 0,1-del alacsonyabb az összes többi fajtához viszonyítva. Ugyanez a fajta mutatta egyúttal a legalacsonyabb pH_2 (5,71±0,10) értéket is, ami együtt járt - a két paraméter közötti kapcsolatot miatt (*Tam és mtsai*, 1998; *Hambrecht és mtsai*, 2003; *Moeller és mtsai*, 2003; *Newcom és mtsai*, 2004) - a legalacsonyabb Optostar értékkel is (64,17± 4,48). A Pi x D keresztezés húsminősége viszont kismértékben kedvezőbbnek bizonyult a fajtatiszta pietrainhez viszonyítva, amely a duroc fajta korábban már bizonyított (*Langlois és mtsa*, 1989, *Cameron és mtsai*, 1990) javító hatásának tulajdonítható.

A Pi x Ha kombinációnál tapasztaltam a legmagasabb pH_1 értéket (6,03±0,24), ami a fentiek alapján némileg meglepő. Külön ugyanis mind a pietrain, mind a hampshire fajta húsa hajlamos az intenzív kezdeti pH csökkenésre. Utóbbi fajta húsának közismerten magas a glikogéntartalma, különösen a fehér (glikolitikus tipusú) izmokban (*Lundström és mtsai*, 2001), melynek eredménye lehet az ún. savas hús (*Naveau*, 1986), vagyis az alacsony pH_2 érték (*Le Roy és mtsai*, 2000).

A víztartó képességet jellemző hűlési veszteség viszont a pietrain fajtánál volt a legkedvezőbb, ami a fentieknek némileg ellentmond. Általánosan elfogadott tény ugyanis, hogy az alacsonyabb végső pH értékkel általában romló víztartó képesség társul. Mindez újra felhívja figyelmet arra, hogy szélsőséges húsminőség esetén nem célszerű, sőt szakmai szempontból indokolatlan csupán a PSE és DFD húshibákra gondolni, hanem számolnunk kell a RSN (*Kauffmann és mtsai*, 1992; *Joo és mtsai*, 1995) és a PFN (*Kauffmann és mtsai*, 1992; *van Laack és mtsai*, 1994) típussal jellemzett átmeneti húsminőségekkel is. A megfigyelést részben az is magyarázhatja, hogy a lapály és nagy fehér fajták esetében az átlaghoz képest 0,5-0,8 %-kal alacsonyabb izomszöveti víztartalom mérhető. A vonatkozó eltérés duroc fajtában -0,7 - -1,2 % (*Romvári*, 2006).

Az összes értékelt húsminőségi paraméter tekintetében szignifikáns mértékű fajtahatás mutattam ki (15. táblázat). Az egyes fajták közötti eltéréseket a legkisebb szignifikáns differenciák alapján a 16.-19. táblázatokban foglaltam össze.

14. táblázat: ***A vizsgált genotípusok alapstatisztikai adatai***

		MNF	ML	D	Pi	MNF x ML	Pi x Ha	Pi x D
		n=5015	N=1392	N=241	n=241	n=1538	n=160	n=248
Nettó súlygyarapodás	Átlag	509	519	501	484	519	504	515
	Szórás	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Takarmányértékesítés	Átlag	2,69	2,66	2,67	2,70	2,71	2,68	2,66
	Szórás	0,24	0,26	0,20	0,19	0,26	0,25	0,21
Színhúsarány	Átlag	55,29	55,01	54,77	59,42	54,37	58,70	55,78
	Szórás	3,14	4,09	2,58	3,37	3,12	2,98	2,90
Átlagos szalonnavastagság	Átlag	24,36	22,76	23,98	21,29	24,48	21,70	23,95
	Szórás	4,47	4,91	3,73	4,40	4,48	4,71	3,97
Karaj tömege	Átlag	4,77	4,78	4,56	5,14	4,69	5,10	4,78
	Szórás	0,42	0,42	0,33	0,39	0,41	0,48	0,37
pH_1	Átlag	6,00	6,00	5,97	5,90	6,00	6,03	5,95
	Szórás	0,22	0,24	0,16	0,17	0,21	0,24	0,16
pH_2	Átlag	5,78	5,80	5,77	5,71	5,79	5,75	5,75
	Szórás	0,13	0,14	0,09	0,10	0,14	0,16	0,12
Hússzín	Átlag	66,51	65,95	66,27	64,17	65,81	66,28	65,71
	Szórás	5,83	6,25	4,60	4,48	6,50	5,32	5,36
Hűlési veszteség	Átlag	2,55	2,60	2,35	2,25	2,65	2,38	2,56
	Szórás	0,73	0,77	0,69	0,45	0,83	0,49	0,72

15. táblázat: **A fajta hatása a sertéshús minőségére**

Független változó / Függő Változó	Főhatás: fajta			
	Átl. négyzetes eltérés (Type III)	Véletlen okozta átl. négyzetes eltérés (hiba)	F-érték (df1,2) 9,888	P
pH_1	0,38	0,03	11,54	0,000
pH_2	0,23	0,01	15,02	0,000
Hússzín	240,62	25,55	9,41	0,000
Hűlési veszteség	8,57	0,54	15,61	0,000

A pH_1 érték esetében, néhány kivételtől eltekintve, az összes fajta különbözőnek tekinthető, ugyanakkor a legtöbb esetben a mért különbségek a gyakorlat számára elenyészőek. A pH értékben mutatkozó különbségek a 24. órára még tovább mérséklődnek, vagyis kevesebb a statisztikailag igazolhatóan eltérő fajta.

Hasonló eredményeket kaptam az azonos időpontban, így azonos biokémiai állapotban mért hússzín esetében is, amely a két paraméter egymással való szoros kapcsolatát bizonyítja. A hússzínben kimutatott különbségekkel kapcsolatban megjegyzendő, hogy azok statisztikailag ugyan igazolhatóak, azonban a kimutatott 2-3 pontos eltérések a fogyasztó számára nem érzékelhetőek, így annak gyakorlati jelentősége nincs, vagy nagyon csekély. Korábbi tanulmányokban – saját eredményeimhez hasonlóan- csak minimális fajtahatást tudtak kimutatni a hús színére vonatkozóan, akár érzékszervi bírálattal (*Ellis és mtsai*, 1996), akár objektív méréssel (*Nieuwhof és mtsai,* 1991) vagy a mioglobin-tartalom mérésével értékelték azt. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy több szerző a duroc fajta jelentős fölényét tapasztalta a hússzín tekintetében. Vörösebb és intenzívebb színét tapasztalták akár nagyfehér fajtával (*Candek-Potokar és mtsai,* 2002), akár lapály fajtával (*Cameron és mtsai*, 1990) hasonlították össze.

A genotípus víztartó képességre kifejtett hatásáról nehéz egységes véleményt megfogalmazni, a szakirodalomban is különböző véleményekkel találkozhatunk. Néhány korábbi tanulmány szignifikáns hatást mutatott ki a víztartó képességben (*Martel és mtsai*., 1988, *Nieuwhof és mtsai*, 1991, *Candek-Potokar és mtsai*, 2002), míg mások egyáltalán nem tapasztaltak fajtahatást (*Latorre és mtsai*, 2003).A hűlési veszteségben általam kimutatott különbségek számszerűen ugyan szintén minimálisnak mondhatóak, azonban a differenciák ebben az esetben már komoly gazdasági jelentőséggel bírnak. Nagyüzemi vágóhidakon, ahol rendkívül magas az évenkénti vágások száma, akár csak néhány tized százaléknyi csökkenés a víztartó képességben komoly veszteségekhez vezethet.

16. táblázat: **A 45. percben mért pH genotípusok közötti különbségeinek értékelése a legkisebb szignifikáns differenciák (LSD) alapján (P)**

	MNF	ML	D	Pi	MNF x ML	Pi x Ha	Pi X D
MNF		NS	***	***	**	NS	***
ML			***	***	***	**	***
D				***	***	**	NS
Pi					***	***	***
MNF x ML						NS	***
Pi x Ha							**
Pi x D							

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

17. táblázat: **A 24 órás hűtést követő pH érték genotípusok közötti különbségének értékelése a legkisebb szignifikáns differenciák (LSD) alapján (P)**

	MNF	ML	D	Pi	MNF x ML	Pi x Ha	Pi X D
MNF		NS	NS	***	***	***	***
ML			NS	***	***	***	***
D				***	NS	***	*
Pi					***	NS	**
MNF x ML						***	NS
Pi x Ha							*
Pi x D							

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

18. táblázat: **A hússzín (Optostar) genotípusok közötti különbségeinek értékelése legkisebb szignifikáns differenciák (LSD) alapján (P)**

	MNF	ML	D	Pi	MNF x ML	Pi x Ha	Pi X D
MNF		NS	NS	***	***	NS	***
ML			NS	***	***	NS	***
D				***	NS	*	NS
Pi					***	***	**
MNF x ML						***	NS
Pi x Ha							***
Pi x D							

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

19. táblázat: **A hűlési veszteség (%) genotípusok közötti különbségeinek értékelése legkisebb szignifikáns differenciák (LSD) alapján (P)**

	MNF	ML	D	Pi	MNF x ML	Pi x Ha	Pi X D
MNF		NS	**	***	***	**	NS
ML			***	***	***	***	NS
D				NS	***	NS	**
Pi					***	NS	***
MNF x ML						***	NS
Pi x Ha							**
Pi x D							

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

Az egyes fajták összehasonlításakor értékeltem a húsminőségi hibák (PSE és DFD) gyakoriságát is (20. táblázat és 2. ábra).

20. táblázat: **Szélsőséges húsminőségek előfordulása fajták szerinti bontásban**

	Összesen	PSE (db)	PSE (%)	DFD (db)	DFD (%)
MNF	5015	228	4,54 %	5	0,10 %
ML	1392	145	10,41 %	0	0 %
D	241	0	0 %	1	0,50 %
Pi	241	21	8,71 %	2	0,80 %
MNF x ML	1538	250	16,25 %	0	0 %
Pi x Ha	160	24	15 %	0	0 %
Pi x D	248	23	9,26 %	0	0 %

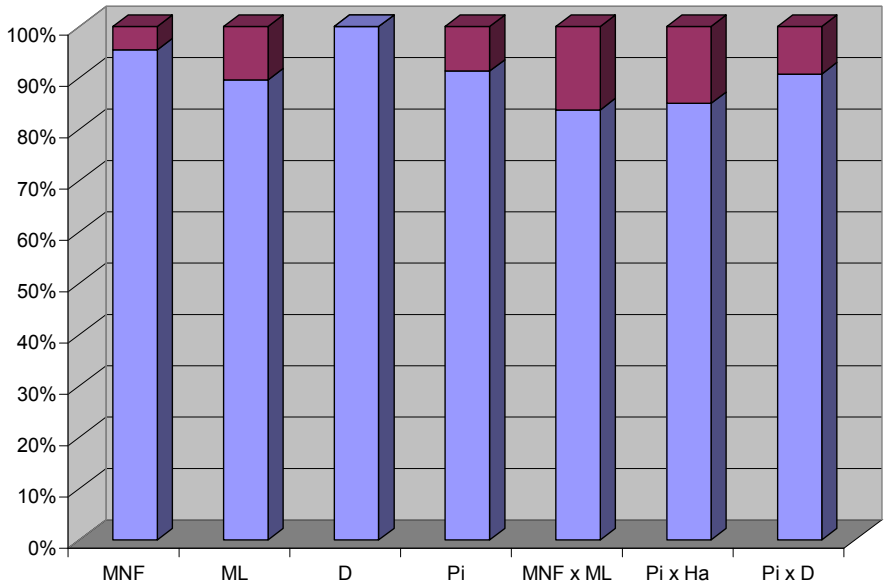
A teljesítményvizsgálatban szereplő fajták között eredményeim szerint jelentős különbségek vannak a szélsőséges húsminőségek gyakorisága tekintetében. Legkedvezőbbnek a duroc fajta bizonyult, melynél a teljes vizsgált időszak alatt egyetlen PSE húshiba sem fordult elő és DFD is csupán egy alkalommal.

A Pi x Ha konstrukció esetében viszont magas volt a PSE hús aránya (15 %), amely ismerve a keresztezésben szereplő fajták intenzív pH csökkenésre kifejtett hatását, nem mondható meglepőnek. Rendkívül nagyszámú exudatív húst eredményezett továbbá a MNF x ML konstrukció is (16,25 %).

DFD húst gyakorlatilag nem találtam a vizsgált időszak során. Ez a húshiba általában csak az állatok teljes kimerülése esetén következik be, amelyet a legtöbb esetben a hosszú ideig tartó szállítás és pihentetés

eredményez. Mivel ilyen jellegű műveletek a teljesítményvizsgáló állomásokon nem fordulnak elő, így valószínűsíthetően emiatt nem fordult elő.

2. ábra: **Normál (■) és PSE (■)hús aránya különböző fajtákban**



Saját eredményeim összevetése a korábbi felmérések adataival nem könnyű, ugyanis a különböző országokban eltérőek a húsminőségi hibák meghatározására alkalmazott alapelvek. Többek között alkalmazzák a pH_2-t, a víztartó képességet és a húsvilágossági értéket is, s nemritkán ezeket eltérő határértékekkel (*van Laack és mtsai*., 1994; *Joo és mtsai*, 1995). Az azonban általánosságban elmondható, hogy eredményeimhez hasonlóan leggyakrabban a pietrain és a hampshire fajtáknál tapasztaltak PSE húshibát, bármelyik elv szerint is határozták meg azt (*Deng és mtsai,* 2002; *Lundström és mtsai*, 1989; *Mitchell és mtsai*, 1982).

Összegezve a fajtaösszehasonlítás eredményeit, megállapítható, hogy legkedvezőbbnek a duroc fajta bizonyult. PSE húshibát egyáltalán nem tapasztaltam és mind a hússzín, mind a víztartó képesség vonatkozásában kiemelkedően jónak bizonyult. Vizsgálataim eredményeihez hasonlóan a duroc fajta fölényét tapasztalták *D'Souza és mtsai* (2002), akik a fajta kedvező tulajdonságait egyértelműen a magas intramuszkuláris zsírtartalomnak tulajdonították.

Szükségesnek tartom azonban felhívni a figyelmet az egyes fajták esetében tapasztalható nagy különbségekre az egyes vizsgált paraméterek esetén. Így például a pietrain fajta húsa mutatta a legalacsonyabb hűlési veszteséget, ugyanakkor viszont a fogyasztó által legkevésbé kívánatos hússzínnel rendelkezik.

A fajta hatása mellett a teljesítményvizsgálatban résztvevő sertések adatai alapján értékeltem az ivar hatását is a húsminőségre. A teljesítményvizsgálat követelményeinek megfelelően ártányok és kocák húsminőségét volt módom összehasonlítani.

A mért adatok alapstatisztikai adatait és az elvégzett Student-féle t-próba eredményét a 21. táblázatban foglaltam össze.

21. táblázat: **Az ivar hatása a húsminőségi paraméterekre**

		Ártány n=7185	Koca n=7229	P
pH_1	Átlag Szórás	6,03 0,21	6,03 0,21	0,083
pH_2	Átlag Szórás	5,76 0,13	5,77 0,13	0,053
Hússzín	Átlag Szórás	66,33 5,68	66,46 5,69	0,176
Hűlési veszteség	Átlag Szórás	2,52 0,73	2,50 0,77	0,120

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az ivar szerepe a húsminőségi paraméterekben statisztikailag nem igazolható. A vizsgált paraméterek a két ivarban, kocák és ártányok esetében gyakorlatilag azonosnak tekinthetőek, ami összhangban áll számos korábbi vizsgálat eredményeivel (*Ellis és mtsai*, 1996, *Leach és mtsai*, 1996, *Lindahl és mtsai*, 2001). Nem volt ugyan lehetőségem kanok húsminőségének értékelésére, de jelenleg hazánkban ennek nincs is gyakorlati jelentősége, hiszen nem folytatunk kanhízlalást. Nem mondható el ugyanez például Spanyolország esetében, ahol viszont nem jellemző a kanok ivartalanítása. Spanyol kutatók (*Guardia és mtsai*, 2004) szignifikáns ivari hatást mutattak ki a húsminőségre: a kanok fokozott érzékenységét tapasztalták különböző vágás előtti káros tényezők hatására, így például magasabb volt a PSE húshiba előfordulásának mértéke.

Saját eredményeim alapján megállapítható, hogy húsminőségi vizsgálatok során az ivar hatása kocák és ártányok esetében nem szignifikáns mértékű, így az állatok egy csoportban értékelhetők. A dolgozatban bemutatott további vizsgálataim során eszerint jártam el.

5.2. Az év és vágási hónap húsminőségre kifejtett hatásának értékelése

5.2.1. Évhatás

Az évhatás vizsgálatához két sertésfajta adatait használtam fel. A MNF és a ML sertések alapstatisztikai adatait a 22. és a 23. táblázatok szemléltetik, évek szerinti bontásban. Mindkét fajta esetében statisztikailag igazolható ($P<0,001$) az év hatása az összes mért húsminőségi paraméter tekintetében. Fontos megjegyezni azonban, hogy az egyébként matematikailag szignifikáns különbségek sok esetben olyan kis mértékűek, hogy azok a gyakorlatban nem

jelentenek érezhető, illetve érzékelhető eltérést. Így például a MNF esetében az egyes évek között csupán néhány századnyi különbségek tapasztalhatóak a pH_1 és pH_2 értékekben, ami a fajtahatáshoz hasonlóan nem jelentős a feldolgozóipar számára. Fontos ugyanakkor utalni a ML esetében az egyes évek között észlelt húsminőségbeli előrehaladásra, fejlődésre. Mind a 45. percben, mind pedig a 24. órában mért pH érték esetében, a vizsgált 10 év alatt >0,1 emelkedés volt tapasztalható. A legszembetűnőbb emelkedés 1998 és 1999 között volt mérhető, amikor egy év alatt ≈ 0,1 értékkel nőtt az átlagos 45. percben mért pH érték. Érdekes ugyanakkor, hogy ez a javulás a pH_2 esetében nem volt kimutatható ezekben az években. Szintén előrelépést tapasztaltam a fajta húsminőségének kiegyenlítettségében is: a vizsgált 10 év alatt a fajtára jellemző átlagos pH érték egyedi varianciája, azaz szórásértéke folyamatosan csökkenő tendenciát mutatott. A MNF esetében hasonló tendenciát nem sikerült kimutatnom, megjegyzendő azonban, hogy az a fajta kisebb ingadozásoktól eltekintve általában amúgy is egyenletes húsminőséget mutat.

A hússzínt vizsgálva egyértelmű tendencia nem állapítható meg a vizsgált 11 év adatai alapján. Figyelembe véve ugyanakkor, hogy ezelőtt 20 évvel a MNF-re jellemző Optostar érték 72±7,7 volt (*Wittmann és mtsai, 1985*), egyértelműen megállapítható, hogy legfontosabb alapfajtánkra is igaz a világszerte jellemző tendencia, miszerint a sertéshúsok színe folyamatosan világosabbá válik. Ugyanez állapítható meg a ML-ról, amelynek ezelőtt 20 évvel 71±8,8 volt a jellemző Optostar értéke. Fontos megjegyezni, hogy az utóbbi 20 évben minden esetben 105±2 kg élősúly elérésekor vágták a teljesítményvizsgálatok során a sertéseket, így az a különbség nem adódhat a változó vágósúlyból. Érdekes ugyanakkor, hogy a vizsgált 10 év alatt mind a két fajta növekedési erélye jelentősen javult, melynek eredménye, hogy a MNF esetében 16, míg a ML esetében 20 nappal rövidült a 105 kg-os, standard vágósúly eléréséhez szükséges idő.

Az általam tapasztaltakhoz hasonló tendenciát közöltek *Oksbjerg és mtsai* (2000), akik dán lapály sertéseknél tapasztaltak jelentős hússzín világosodást 20 éves időintervallum alatt (1976-1995). Vizsgálatuk szerint az izomnövekedés intenzitása a vizsgált időszak alatt drasztikusan emelkedett, mely a megnövekedett izomrostszámra vezethető vissza. Esetükben is a 1995-ös állapot világosabb húst, és kisebb pigmentkoncentrációt eredményezett. Ezzel megegyező következtetésre jutott *Barton-Gade* (1990) is, aki vizsgálatai során kimutatta, hogy a 80-as években a pigment koncentráció két izomban (*m. longissimus dorsi és m. biceps femoris*) jelentős mértékben csökkent. Fontos kiemelni a fentiek mellett a hűlési veszteség növekedését is mindkét fajta esetében. A vizsgált 11 éves időintervallum alatt átlagosan 0,6-0,8 %-kal romlott a hasított testek hűlési vesztesége. Ez az eltérés mind a feldolgozót, mind a fogyasztót érzékenyen érintheti. A fentiekben tárgyalt tendenciákat az alapstatisztikai táblázatok mellett a 3.-6. ábrák szemléltetik.

22. táblázat: **MNF sertés húsminőségi adatai évek szerinti bontásban (1995-2005)**

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	P
		n=1482	n=1648	n=1841	n=1865	n=1895	n=1881	n=2172	n=1589	n=1301	n=1281	n=1396	
pH_1	*Átlag*	6,03	5,99	5,98	6,01	6,04	6,06	6,05	6,01	6,05	6,08	6,13	***
	Szórás	0,26	0,20	0,22	0,21	0,25	0,24	0,24	0,21	0,16	0,22	0,26	
pH_2	*Átlag*	5,77	5,77	5,76	5,76	5,75	5,76	5,75	5,77	5,80	5,80	5,86	***
	Szórás	0,21	0,15	0,16	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13	0,12	0,17	
Szín	*Átlag*	65,22	66,10	68,02	67,90	65,62	66,39	66,28	66,47	67,10	67,61	66,91	***
	Szórás	7,00	5,23	5,07	4,71	6,38	6,17	5,91	5,31	5,50	5,25	5,70	
Hűlési veszteség	*Átlag*	2,19	2,24	2,22	2,21	2,21	2,33	2,35	2,54	2,64	3,04	3,05	***
	Szórás	0,49	0,45	0,42	0,57	0,67	0,70	0,62	0,79	0,78	0,65	0,66	
Érzékszervi bírálat	*Átlag*	2,82	2,93	2,92	2,88	2,72	2,76	2,87	2,90	2,94	2,95	2,97	***
	Szórás	0,46	0,31	0,37	0,41	0,68	0,65	0,46	0,37	0,30	0,26	0,19	
Életkor 105 kg elérésekor	*Átlag*	174,90	179,33	170,99	169,72	168,77	165,17	164,62	163,73	164,47	164,11	158,91	***
	Szórás	12,65	21,01	13,11	12,22	12,58	12,99	13,10	11,86	12,09	11,15	12,28	

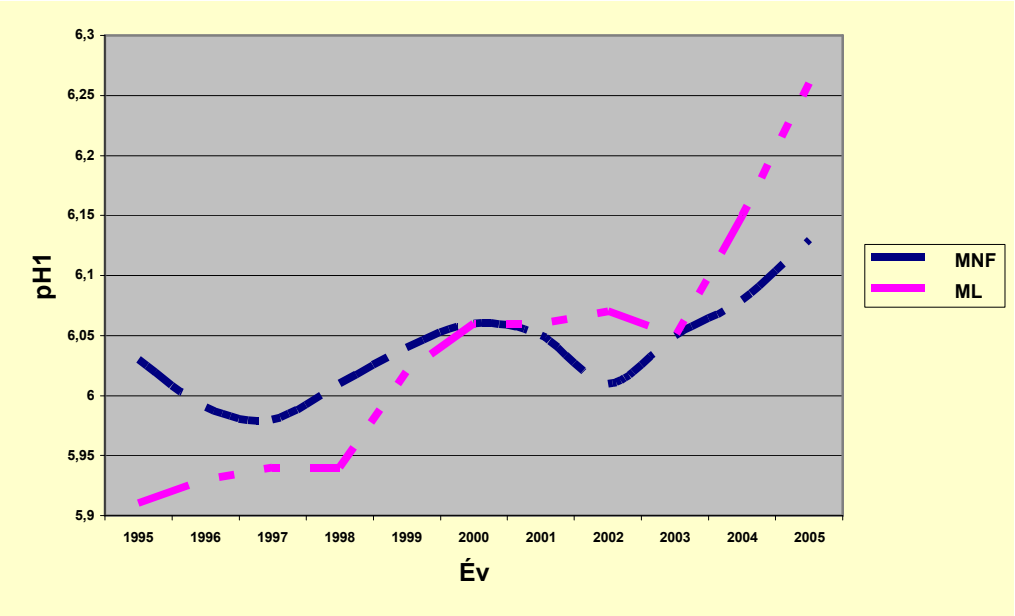
*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

23. táblázat: **ML sertés húsminőségi adatai évek szerinti bontásban (1995-2005)**

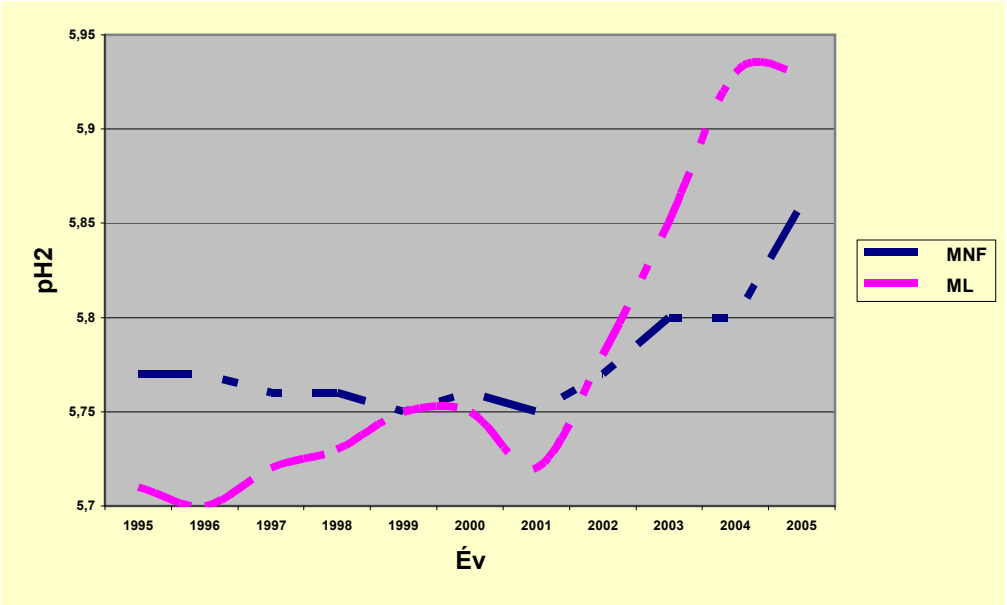
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	P
		n=1011	**n=843**	**n=897**	**n=982**	**n=890**	**N=689**	**n=506**	**n=592**	**n=478**	**n=344**	**n=654**	
pH_1	*Átlag*	5,91	5,93	5,94	5,94	6,02	6,06	6,06	6,07	6,05	6,15	6,26	**
	Szórás	0,23	0,21	0,22	0,21	0,24	0,26	0,30	0,24	0,14	0,32	0,28	
pH_2	*Átlag*	5,71	5,70	5,72	5,73	5,75	5,75	5,72	5,78	5,85	5,93	5,93	***
	Szórás	0,21	0,16	0,17	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13	0,41	0,30	
Szín	*Átlag*	63,81	64,37	67,10	68,31	66,17	66,71	66,06	67,88	66,06	66,81	67,87	***
	Szórás	6,86	5,37	5,22	4,99	6,10	6,31	6,32	5,73	5,45	6,99	6,79	
Hűlési veszteség	*Átlag*	2,33	2,40	2,26	2,28	2,20	2,33	2,36	2,49	2,99	3,04	2,97	***
	Szórás	0,60	0,49	0,58	0,57	0,58	0,53	0,59	0,77	1,02	1,02	1,03	
Érzékszervi bírálat	*Átlag*	2,66	2,84	2,88	2,70	2,70	2,71	2,72	2,88	2,95	2,91	2,98	***
	Szórás	0,69	0,54	0,45	0,62	0,69	0,75	0,69	0,43	0,29	0,38	0,18	
Életkor 105 kg elérésekor	*Átlag*	176,28	177,89	165,80	164,90	162,10	159,23	158,37	160,22	157,41	159,30	156,25	***
	Szórás	12,01	11,56	11,98	13,10	13,33	11,78	11,67	12,06	12,07	12,20	12,90	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

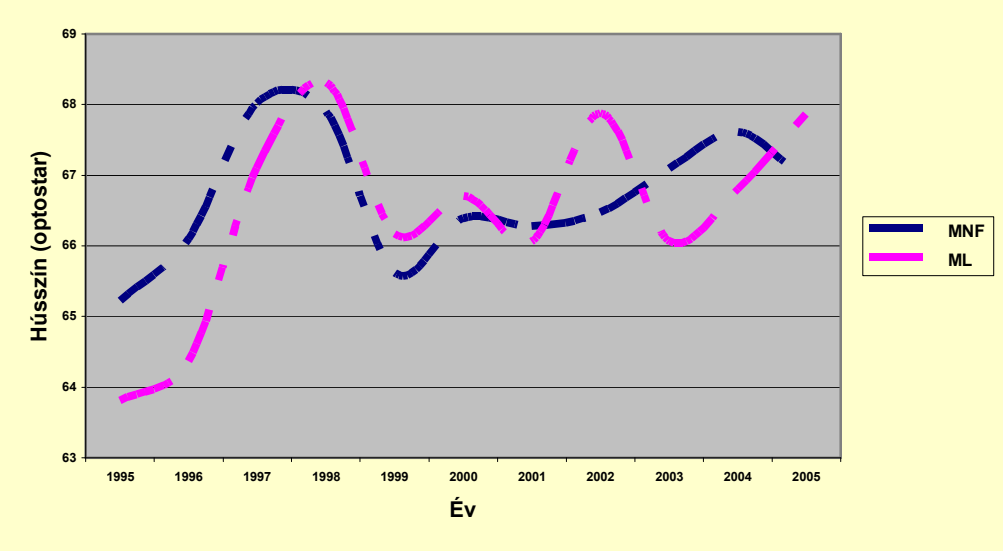
3. ábra: **A pH_1 változása a vizsgált időszakban (1995-2005) MNF és ML fajtákban**



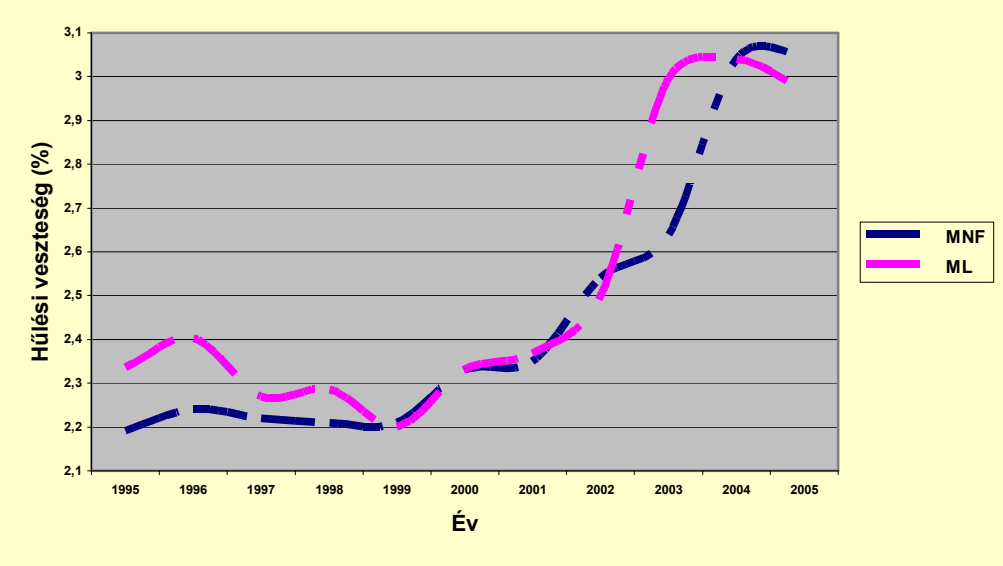
4. ábra: **A pH_2 változása a vizsgált időszakban (1995-2005) MNF és ML fajtákban**



5. ábra: **A hússzín változása a vizsgált időszakban (1995-2005) MNF és ML fajtákban**



6. ábra: **A hűlési veszteség változása a vizsgált időszakban (1995-2005) MNF és ML fajtákban**



Éves bontásban a MNF és ML fajtákban kimutatott húsminőségi szélsőségek előfordulását szemléltetik a 24. és a 25. táblázatok. A húsminőségben kimutatható fejlődés ezeken az adatsorokon a legszembetűnőbb. A MNF esetében az 1995-ben mért 13,42 %-os PSE hús előfordulási arány 2004-ra 1,1 %-ra, azaz kevesebb mint tizedére csökkent.

Még szembetűnőbb a javulás a ML esetében, ahol 11 év alatt 24,3 %-ról 1,8 %-ra csökkent a PSE hús előfordulási aránya. Érdemes ugyanakkor összevetni ezt az eredménysort a hűlési veszteség azonos időszakban kimutatott változásával. A két mutató esetében a tendencia teljes mértékben ellentétes. A hűlési veszteség értékei alapján a víztartó képesség romlására, míg a PSE előfordulásának csökkenése annak javulására enged következtetni.

A DFD húshibák gyakoriságában nem lehet tendenciát kimutatni. Érdekesség viszont, hogy mindkét fajta esetében 1995-ben relatíve magas DFD arányt tapasztaltam, amelyre pontos magyarázatot nem tudok adni. Az utóbbi években ismét megnövekedett a magas végső pH-val rendelkező húsok aránya, amely megállapítás különösen igaz a ML fajta esetében.

24. táblázat: ***A* szélsőséges húsminőségi hibák előfordulása a MNF fajtában évek szerinti bontásban**

	Magyar nagyfehér hússertés				
	Összesen	PSE db	PSE %	DFD db	DFD %
1995	1482	199	13,4	80	5,3
1996	1648	157	9,5	9	0,5
1997	1841	203	11,0	8	0,4
1998	1865	149	7,9	4	0,2
1999	1895	183	9,6	11	0,5
2000	1881	128	6,8	3	0,1
2001	2172	132	6,0	4	0,1
2002	1589	54	3,3	12	0,7
2003	1301	20	1,5	0	0
2004	1281	14	1,1	2	0,1
2005	1396	54	3,8	16	1,1

25. táblázat: ***A* szélsőséges húsminőségi hibák előfordulása a ML fajtában évek szerinti bontásban**

	Magyar lapály sertés				
	Összesen	PSE db	PSE %	DFD db	DFD %
1995	1011	246	24,3	37	3,6
1996	843	164	19,4	2	0,2
1997	897	144	16,0	3	0,3
1998	982	180	18,3	1	0,1
1999	890	103	11,5	3	0,3
2000	689	49	7,1	1	0,1
2001	506	57	11,2	2	0,3
2002	592	28	4,7	6	1,0
2003	478	8	1,6	1	0,2
2004	344	2	0,5	35	10,1
2005	654	12	1,8	36	5,5

5.2.2. Hónaphatás

A vágási hónap húsminőségre kifejtett befolyásoló hatásakor szintén a két legfontosabb alapfajtánkat, a MNF és ML sertéseket vizsgáltam. A mért húsminőségi paraméterek alapstatisztikai adatait a 26. és a 27. táblázatok tartalmazzák.

A hónap hatása az összes vizsgált húsminőségi paraméter esetében szignifikáns mértékű (P<0,001). A különböző időpontokban mért pH értékekben ugyanakkor gyakorlati szempontból is jelentős eltéréseket nem eredményez az eltérő hónapban történő vágás: így például a MNF sertéseknél a pH_1-nél a két szélső értéket eredményező hónap (június: 6,00±0,24 és december: 6,06±0,24) között alig több mint 0,06 különbség van. A tendencia hasonló volt a ML fajtájú sertéseknél, illetve a pH_2 értékek esetében is.

A szín vizsgálatakor hasonló eredményre juthatunk: statisztikailag ugyan igazolható (P<0,001) különbségeket okoz a vágási hónap (vélhetően a magas elemszám miatt), de az egyébként szignifikáns differenciák nem érzékelhetőek sem a feldolgozó sem a fogyasztó számára. A téli hónapokban végzett vágások ugyanakkor mérsékelten sötétebb színt eredményezhetnek, mely tényt már számos korábbi kutatás során bizonyították (*Küchenmeister és mtsai*, 2000, *O'Neill és mtsai*, 2003., *Guardia és mtsai*, 2004).

A legszembetűnőbb hónaphatás a hűlési veszteség esetében volt kimutatható. Megállapítottam, hogy a nyári hónapokban történt vágásoknál a hús víztartó képessége jelentős mértékben kisebb volt, melyet szembetűnően igazol a hűlési veszteség emelkedése. Mindkét vizsgált fajta esetében július (MNF: 2,541±0,758; ML: 2,585±0,623) és augusztus (MNF: 2,559±0,648; ML: 2,531±0,641) hónapokban volt a legmagasabb a hűlési veszteség. A legkedvezőbb víztartó képességet viszont a MNF fajta esetében januárban (2,139±0,680), a ML fajta esetében pedig márciusban (2,229±0,565) lehetett kimutatni. Eredményeimhez képest még jelentősebb hónaphatást tapasztaltak *Küchenmeister és mtsai* (2000), akik vizsgálata során a csepegési veszteség közel háromszorosára növekedett a nyári hónapokban (1,35±0,53 vs. 3,90±0,41). A vágási hónap hűlési veszteségre kifejtett hatását a 7. ábrán szemléltetem.

A mért húsminőségi paraméterek hónapok közötti különbségeit a legkisebb szignifikáns differenciák alapján is (LSD-teszt) értékeltem. Az eredményeket az M2. melléklet tartalmazza.

26. táblázat: **A vágási hónap hatása MNF sertések húsminőségére**

Húsminőségi tulajdonság		Jan n=1616	Feb n=1413	Már n=1327	Ápr n=992	Máj n=1091	Jún n=1409	Júl n=1720	Aug n=1586	Szep n=1524	Okt n=1360	Nov n=1206	Dec n=1113	P
pH_1	Átlag	6,02	6,03	6,03	6,02	6,02	6,00	6,01	6,04	6,04	6,02	6,03	6,06	***
	Szórás	0,22	0,23	0,22	0,23	0,23	0,24	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,24	
pH_2	Átlag	5,77	5,76	5,76	5,76	5,76	5,75	5,76	5,77	5,78	5,77	5,77	5,78	***
	Szórás	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,14	0,15	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	
Hússzín	Átlag	66,00	65,57	65,60	64,27	65,86	65,89	64,34	65,01	65,98	65,97	65,92	65,50	***
	Szórás	7,92	8,17	9,35	10,31	6,71	7,64	9,44	9,29	8,34	8,99	8,86	9,30	
Hűlési veszteség	Átlag	2,13	2,18	2,20	2,32	2,33	2,43	2,54	2,53	2,41	2,37	2,22	2,25	***
	Szórás	0,68	0,63	0,64	0,63	0,57	0,58	0,75	0,64	0,54	0,56	0,56	0,69	
Érzékszervi bírálat	Átlag	2,88	2,87	2,88	2,86	2,81	2,85	2,86	2,85	2,83	2,83	2,89	2,89	***
	Szórás	0,43	0,45	0,43	0,47	0,52	0,48	0,48	0,50	0,53	0,51	0,40	0,43	

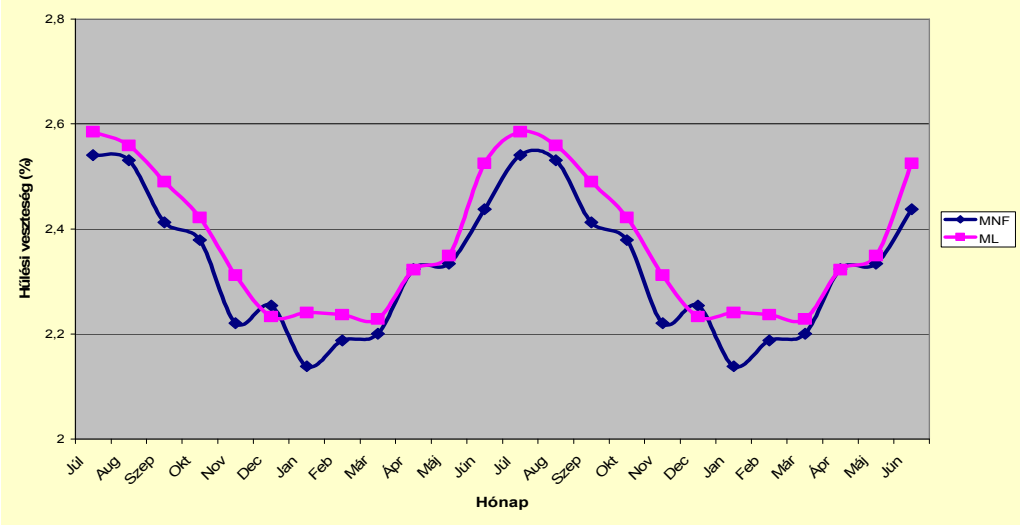
*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

27. táblázat: **A vágási hónap hatása ML sertések húsminőségére**

Húsminőségi tulajdonság		Jan n=741	Feb n=603	Már n=543	Ápr n=413	Máj n=526	Jún n=616	Júl n=774	Aug n=627	Szep n=447	Okt n=580	Nov n=626	Dec n=521	P
pH_1	Átlag	5,98	5,97	6,00	5,96	5,96	5,97	5,99	6,01	5,99	5,95	6,00	6,02	***
	Szórás	0,24	0,25	0,23	0,21	0,21	0,24	0,23	0,25	0,23	0,24	0,25	0,24	
pH_2	Átlag	5,74	5,72	5,76	5,74	5,73	5,73	5,74	5,75	5,76	5,72	5,74	5,75	***
	Szórás	0,15	0,17	0,17	0,15	0,16	0,16	0,17	0,15	0,16	0,16	0,14	0,15	
Hússzín	Átlag	66,03	66,23	66,43	64,44	64,76	66,55	65,74	66,10	67,10	66,22	67,08	67,18	***
	Szórás	6,04	6,54	6,08	6,45	5,77	6,18	5,79	5,89	5,90	6,00	5,94	5,58	
Hűlési veszteség	Átlag	2,24	2,23	2,22	2,32	2,34	2,52	2,58	2,55	2,49	2,42	2,31	2,23	***
	Szórás	0,72	0,56	0,56	0,58	0,64	0,64	0,62	0,64	0,55	0,63	0,70	0,78	
Érzékszervi bírálat	Átlag	2,78	2,79	2,83	2,71	2,74	2,73	2,74	2,81	2,80	2,78	2,80	2,77	***
	Szórás	0,60	0,57	0,54	0,66	0,64	0,64	0,65	0,57	0,56	0,58	0,58	0,65	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

7. ábra: **A vágási hónap hatása a hasított testek hűlési veszteségére**



A különböző húshibák előfordulásának gyakoriságát is értékeltem hónaponkénti bontásban. Az eredményeket a 28. és a 29. táblázat mutatja. A Kruskal-Wallis teszt eredményei alapján a vágási hónap statisztikailag igazolhatóan (P<0,001) befolyásolja a PSE és a DFD húshibák előfordulásának gyakoriságát. Egyenletes tendenciát ugyanakkor nem tudtam kimutatni a PSE hús gyakoriságában egyik vizsgált fajtánál sem. Eredményeim ugyanakkor némileg egybecsengenek *Grandin és mtsai* (1993) eredményeivel, akik azt tapasztalták, hogy a PSE hús előfordulása akkor a legmagasabb, amikor az első szélsőségesen magas átlaghőmérsékletű napok előfordulnak (május-június). Később az állatok szervezete adaptálódik a magas átlaghőmérséklethez (augusztus), így ismét csökken a PSE húshiba gyakorisága.

A fentiekben vázoltaknál egyértelműbb kapcsolatot tártak fel *Guardia és mtsai* (2004): a nyári hónapokban a PSE hús arányának jelentős növekedését tapasztalták. A MNF esetében június (10,92 %), míg a ML esetében október (19,48 %) eredményezte a legtöbb PSE hibát. Legkedvezőbbnek december (5,63 %), illetve szeptember (8,50 %) bizonyult.

A DFD húshiba gyakoriságának értékelésekor a két fajtánál eltérő tendenciákat tapasztalhatunk. A MNF esetében a nyári-ősz eleji hónapok lényegesen magasabb DFD gyakoriságot eredményeztek a többi hónaphoz viszonyítva. A szeptemberben kapott érték (1,90 %) több mint a kétszerese az egyébként a fajtára jellemző éves átlagnak (0,81 %). A ML esetében egyenletes tendencia nem figyelhető meg, ugyanakkor itt is a legmagasabb gyakoriság szeptemberben volt (2,01 %). A legújabb szakirodalmi adatok szerint (*Guardia és mtsai*, 2005) a DFD húshiba különösen a téli periódusban emelkedhet meg.

28. táblázat: **A vágási hónap hatása a PSE és DFD húshibák gyakoriságára MNF fajtánál**

	MNF				
	Összesen	**PSE db**	**PSE %**	**DFD db**	**DFD %**
Január	1616	91	5,6	8	0,4
Február	1413	122	8,6	4	0,2
Március	1327	78	5,8	6	0,4
Április	992	74	7,4	5	0,5
Május	1091	100	9,1	9	0,8
Június	1409	154	10,9	13	0,9
Július	1720	123	7,1	18	1,0
Augusztus	1586	97	6,1	16	1,0
Szeptember	1524	112	7,3	29	1,9
Október	1360	137	10,0	12	0,8
November	1206	81	6,7	5	0,4
December	1113	61	5,4	8	0,7
Összesesen	**16357**	**1230**	**7,5**	**133**	**0,8**

29. táblázat: **A vágási hónap hatása a PSE és DFD húshibák gyakoriságára ML fajtánál**

	ML				
	Összesen	**PSE db**	**PSE %**	**DFD db**	**DFD %**
Január	741	92	12,4	3	0,4
Február	603	101	16,7	0	0
Március	543	68	12,5	7	1,2
Április	413	59	14,2	2	0,4
Május	526	67	12,7	6	1,1
Június	616	99	16,0	8	1,2
Július	774	112	14,4	7	0,9
Augusztus	627	73	11,6	5	0,7
Szeptember	447	38	8,5	9	2,0
Október	580	113	19,4	6	1,0
November	636	87	13,6	2	0,3
December	521	60	11,5	3	0,5
Összesesen	**7027**	**969**	**13,7**	**54**	**0,7**

Az év és a hónaphatás vizsgálatakor megjegyzendő, hogy ugyan a PSE húshiba elvileg csökkent víztartó képességgel társul, mégsem sikerült egyik esetben sem tendenciát kimutatnom a PSE húshibák gyakorisága, illetve a hűlési veszteség között. Az évhatás vizsgálatakor mindkét fajta esetében drasztikus mértékben csökkent a PSE húshibák előfordulása, ugyanakkor jelentős mértékű csökkenést észleltem a víztartó képességben. A hónaphatás értékelésekor a hűlési veszteség éven belüli ingadozása jól igazolható, ezzel párhuzamos változást ugyanakkor a PSE húshiba gyakoriságában nem találtam. Mindez felveti azt a kérdést, hogy milyen mértékben alkalmas a PSE húshiba kimutatására a pH_1 érték, mint egyedüli paraméter. A kérdéskört az 5.6.5 fejezetben, a további eredmények ismeretében bővebben is értékelem.

5.3. A szállítás és pihentetés hatása a stresszállapotra és húsminőségre

5.3.1. Szállítás

Az eredmények ismertetését a vágóhídi kísérletek során végzett vizsgálataim bemutatásával folytatom, elsőként a szállítás és pihentetés stresszállapotra és húsminőségre kifejtett hatását elemző vizsgálatommal.

A kísérletet 40 állattal indítottuk, melyből egy elhullott a szállítás során, illetve további egy a 16 órás pihentetés alatt.

A mért klinikai-biokémiai paraméterek alapstatisztikai adatait a 30. táblázatban foglaltam össze. A szállítás, mint stressz tényező ezekre a paraméterekre jelentős, több esetben szignifikáns mértékű (31. táblázat) hatást gyakorolt. A tendenciákat a 8. ábrán szemléltetem.

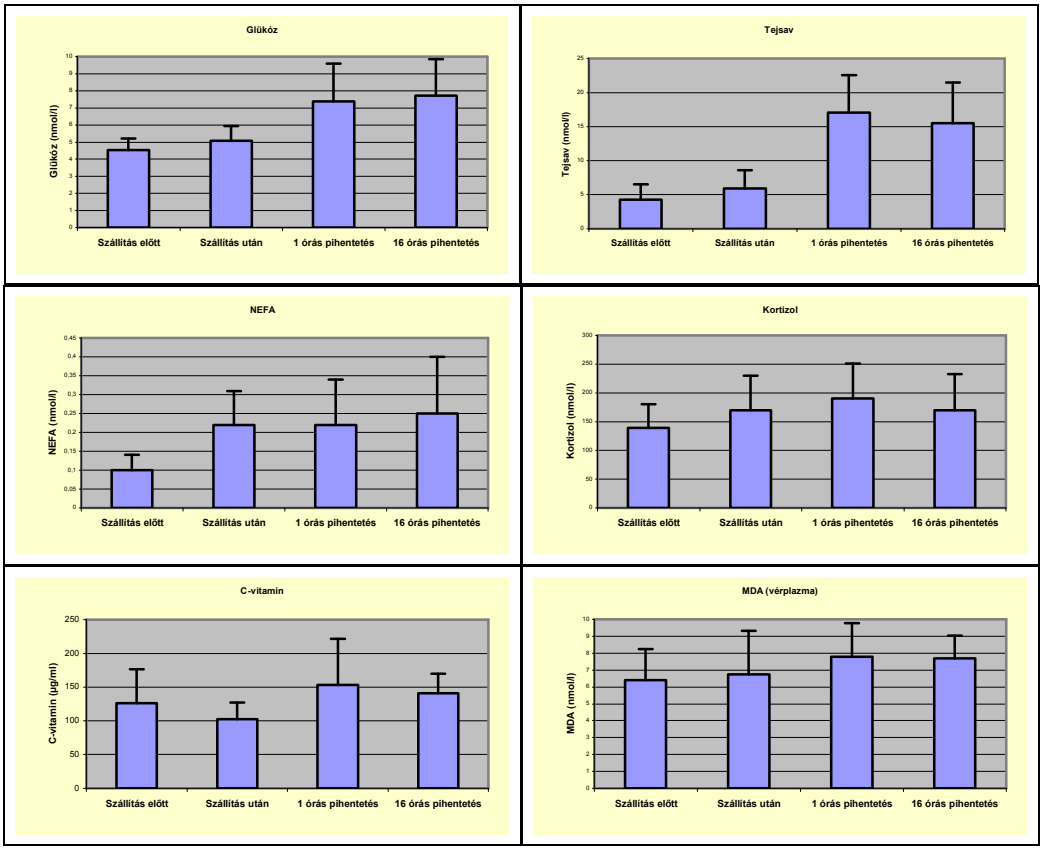
30. táblázat: **A szállítás előtt, után és pihentetés után mért biokémiai paraméterek átlag és szórás adatai**

Paraméter		Szállítás Előtt n=40	Szállítás után n=39	1 órás pihentetés n=19	16 órás pihentetés n=19
Tejsav (nmol/l)	Átlag	4,29	5,90	17,09	15,52
	Szórás	2,24	2,70	5,47	5,96
NEFA (nmol/l)	Átlag	0,10	0,22	0,22	0,25
	Szórás	0,04	0,09	0,12	0,15
Glükóz (nmol/l)	Átlag	4,53	5,09	7,39	7,72
	Szórás	0,69	0,85	2,19	2,13
Kortizol (nmol/l)	Átlag	138,78	170,12	190,65	170,11
	Szórás	41,63	60,13	60,53	62,57
C-vitamin (µg/ml)	Átlag	126,54	102,31	153,52	141,27
	Szórás	50,28	25,25	68,24	28,65
MDA (vérplazma) (nmol/ml)	Átlag	6, 41	6, 74	7, 78	7, 77
	Szórás	1,83	2,58	2,00	1,34
GSH (vérplazma) (µmol/ g fehérje)	Átlag	2,58	2,10	1,88	1,55
	Szórás	0,56	0,79	0,58	0,39
GSHPx (vérplazma) (E/ g fehérje)	Átlag	4,09	3,73	3,72	3,25
	Szórás	0,75	0,57	0,67	0,57
MDA (vvt.hem.) (nmol/g)	Átlag	7,82	10,09	11,13	9,86
	Szórás	1,73	3,01	1,74	1,50
GSH (vvt. Hem.) (µmol/ g fehérje)	Átlag	4,09	2,16	2,05	1,99
	Szórás	1,16	0,66	0,48	0,31
GSHPx (vvt. hem.) (E/ g fehérje)	Átlag	5,66	3,50	3,75	3,81
	Szórás	1,81	0,85	0,80	0,51

A járműre történő fel- és lerakodás, a szállítás és a vágóhídi mérlegelés az eredmények alapján az állatok számára olyan mértékű stresszhatást jelentett, amely a hipotalamo-hipofizis-mellékvese-kéreg tengely aktiválódásának következtében szignifikáns mértékben megnövelte a vérplazma kortizol szintjét.

A 1,5 órás szállítás a stresszhatást közismerten jól jelző kortizol mennyiségét a szisztémás keringésben több mint 20 %-kal növelte, mely emelkedés a viszonylag nagy egyedi variancia ellenére is szignifikáns mértékű volt.

8. ábra: **A szállítás és pihentetés hatása egyes biokémiai paraméterekre**



A kortizol változását ugyancsak szignifikáns mértékű változással követte a NEFA (P<0,001), a glükóz (P<0,001) és a tejsav (P<0,05) szintjének növekedése. Az eredmények azt jelzik, hogy a szervezet a stressz hatására mozgósította energiatartalékait, így növekedett a vérplazmában a glükóz koncentráció (4,53±0,69 ⇨ 5,09±0,85), fokozódott a zsírmobilizáció (NEFA) (0,10±0,04 ⇨ 0,22±0,09), és a mozgatással együttjáró fokozott izommunka növelte a tejsav (4,29±2,24 ⇨ 5,90±2,70) szintjét. Mind a kortizol, mind a tejsav mérés eredményei összhangban állnak *Barton-Gade* (1997) eredményeivel, aki felhívja a figyelmet arra, hogy a telepen való felrakodás, illetve a vágóhídi lerakodás a valójában igazán káros hatású folyamatok a szállítás során.

A szállítás befolyásolta a szervezet antioxidáns védőrendszerének mennyiségét illetve aktivitását is, amelyet többek között a redukált glutation (GSH) tartalom szignifikáns mértékű (vérplazma: 4,09±0,56 ⇨ 2,10±0,79, P<0,05; vvt: 4,09±1,16 ⇨ 2,16±0,66; P<0,001) csökkenése jelzett. Ezt a csökkenést azonban nem a glutation-peroxidáz aktivitás növekedése idézte elő, mivel ennek értéke úgy a vérplazmában (4,09±0,75 ⇨ 3,73±0,57; P<0,05), mint a vvt. hemolizátumban (5,66±1,81 ⇨ 3,50±0,85) csökkent. A GSH szint csökkenésének hátterében ezek szerint feltehetően annak szintézisében bekövetkező változások, így például az aminosav felvétel hiánya, illetve nem enzimatikus oxidáció állhat (*Wang és mtsai,* 1997).

A lipidperoxidációs folyamatok intenzitásának fokozódása, amelyet a malondialdehid (MDA) szint változásával követtünk nyomon, csak a vvt. hemolizátumban (7,82±1,73 ⇨ 10,09±3,01; P<0,001) volt szignifikáns mértékű, ami a fizikai terhelésre bekövetkező megnövekedett légzésszámnak, emiatt a vörösvérsejtek fokozott oxidatív terhelésének tudható be. Ugyancsak a szállítás okozta stressz, illetve részben a szervezet megváltozott szénhidrát anyagcseréje idézhette elő az antioxidáns védelemben jelentős szerepet játszó C-vitamin tartalom szignifikáns csökkenését (126,54±50,28 ⇨ 102,31±25,25; P<0,05). A C-vitamin emellett redukáló ágensként szerepet játszik a kortikoszteroidok, így a kortizol bioszintézisében is, így annak fokozott elválasztása is oka lehet a C-vitamin szint csökkenésének *(Satterlee,* 1990).

31. táblázat: **A szállítás és pihentetés hatása a mért paraméterekre**

Paraméter	Szállítás előtt - Érkezés P	Érkezés- 1 órás pihentetés P	Érkezés- 16 órás pihentetés P	1 órás pihentetés- 16 órás pihentetés P
Tejsav	*	***	***	NS
NEFA	***	NS	NS	NS
Glükóz	***	***	***	NS
Kortizol	***	NS	NS	NS
C-vitamin	*	**	***	NS
MDA (vérplazma)	NS	***	***	NS
GSH(vérplazma)	*	NS	**	NS
GSHPx (vérplazma)	*	NS	NS	NS
MDA (vvt.)	***	NS	NS	*
GSH (vvt.)	***	*	NS	NS
GSHPx (vvt.)	***	NS	NS	*

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

5.3.2. Pihentetés hatása

A pihentetési idő hatásának értékelése során mért klinikai-biokémiai paraméterek alapstatisztikai adatait a 30. táblázatban, a Student-féle t-próba eredményeit a 31. táblázatban mutatom be.

Az eredmények szerint a két eltérő hosszúságú pihentetési idő a vizsgált paraméterek értékeiben hasonló változásokat idézett elő: szignifikáns mértékben tovább emelkedett a hosszabb idejű (16 órás) pihentetés során a tejsav (P<0,001), a glükóz (P<0,001) és csökkent a C-vitamin (P<0,01) szintje. Nem volt ugyanakkor további, jelentős mértékű változás a kortizol és a NEFA tartalomban, és ugyanez mondható el a legtöbb antioxidáns paraméter tekintetében is. A két pihentetési időt összehasonlítva a vvt. hemolizátumban mért GSHPx aktivitástól (P<0,05) eltekintve szignifikáns mértékű eltérést nem lehetett kimutatni, amely ellentétes *Faucitano* (1998) eredményeivel, aki a pihentetési idő hosszának jelentős hatását mutatta ki. A különbségek hátterében az eltérő fajta és takarmányozás állhat.

A májminták vizsgálatának az eredményeit a 32. táblázatban ismertetem. Szignifikáns mértékű változást, csökkenést, a két eltérő pihentetési időtartam hatására csak a GSH (P<0,001) és a C-vitamin (P<0,001) esetében lehetett kimutatni. Ezek a különbségek a hosszú idejű éheztetésnek tulajdoníthatóak. A lipidperoxidációs folyamatok intenzitása, amelyet az MDA tartalom változásával jellemeztem, a májban növekedett ugyan a hosszabb pihentetési időszak hatására, azonban statisztikailag nem bizonyítható mértékben, amelynek oka a nagy egyedi variancia volt. A GSHPx-aktivitásban pedig gyakorlatilag nem volt változás.

32. táblázat: **A pihentetés hatása a máj lipidperoxidációs és egyes antioxidáns paramétereire**

Paraméter		1 órás pihentetés n=19	16 órás pihentetés n=19	P
MDA (µmolg/g)	Átlag	2,23	3,56	NS
	Szórás	1,36	2,30	
GSH (µmol/ g fehérje)	Átlag	21,17	17,34	***
	Szórás	3,05	5,99	
GSHPx (E/ g fehérje)	Átlag	28,24	28,11	NS
	Szórás	6,82	9,61	
C-vitamin (ug/g)	Átlag	508,44	369,44	***
	Szórás	95,28	74,27	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A klinikai-biokémiai paraméterek ilyen irányú alakulása a húsminőségi paraméterek esetében is jól nyomonkövethető (33. táblázat). Az 1 órás pihentetés, azaz a szállítást követő majdnem azonnali vágás esetén szignifikáns

mértékben alacsonyabb volt a *m. semimembranosusban* és a *m. longissimus dorsi*-ban mért pH_1 (P<0,001) és a maghőmérséklet (P<0,05). Előbbi a vágáskori magasabb tejsavszinttel magyarázható. A mért különbségek ugyanakkor a 24. órában mért paramétereknél teljes egészében kiegyenlítődnek. Így sem a színben, sem a pH értékben nem eredményezett kedvező irányú változást a lényegesen hosszabb idejű pihentetés. Mind a fogyasztó, mind a feldolgozóipar számára a 24. órában mért paraméterek a döntő fontosságúak. A 45. percben mért pH elsősorban a PSE húshiba kiszűrésére alkalmas, ilyen húsminőségi hibát azonban nem eredményezett egyik pihentetési idő sem.

33. táblázat: **A pihentetési idő hatása a húsminőségre**

Paraméter		1 órás pihentetés n=19	16 órás pihentetés n=19	P
pH_{1comb}	Átlag	6,20	6,50	***
	Szórás	0,27	0,16	
pH_{1karaj}	Átlag	5,90	6,21	***
	Szórás	0,22	0,23	
T_{karaj}	Átlag	41,04	40,65	*
	Szórás	0,56	0,52	
L^*	Átlag	40,97	45,62	NS
	Szórás	13,19	11,94	
a^*	Átlag	5,02	3,83	NS
	Szórás	2,57	1,55	
b^*	Átlag	2,78	1,66	*
	Szórás	0,80	1,36	
pH_2	Átlag	5,61	5,65	NS
	Szórás	0,08	0,10	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

Eredményeimet a szakirodalomban fellelhető adatokkal összevetve elmondható, hogy míg korábban egyértelműen a pihentetési idő szignifikáns befolyásoló hatása volt elfogadott (*Wittmann és mtsai*, 1991; *Warris*, 1998), ma már egyre többen a pihentetési idő csökkenő szerepéről beszélnek. Több tanulmányban javasolták az optimális pihentetési idő 2-3 órára való csökkentését (*Milligan és mtsai*, 1998, *van der Wal és mtsai*, 1997, *Warris és mtsai*, 1998). A megközelítőleg két órás pihentetést követően ugyanis az állatok megnyugszanak, a küzdelmek csillapodnak (*van del Wal és mtsai*, 1997). *Nanni Costa és mtsai* (2002). *Guardia és mtsai* (2005) emellett felhívják a figyelmet arra, hogy a túlzottan hosszú idejű pihentetés megnövelheti a bőrsérülések és a DFD hús előfordulásának arányát. Eredményeim a 45. percben mért értékek alapján valószínűsítették is a DFD jellegű húshibák előfordulását, ugyanakkor a 24. órában mért értékek, melyeket a DFD hibák kiszűrésére általánosan alkalmaznak, ezt nem erősítették meg. A húsminőséggel kapcsolatosan mért eredményeim többségében összhangban állnak *Aaslyng és mtsai* (2001)

eredményeivel, bár kísérletükben a 45. perces paraméterek esetében sem tudtak eltérést kimutatni, s vizsgálataikban nem mérték a stresszállapotot jellemző paramétereket.

5.4. Az elektromos ösztöke használatának a hatása a stresszállapotra és húsminőségre

A szállítás és a vágás előtti pihentetés eredményei alapján állítottam be a következő kísérletet, amely során a kábításhoz való terelésnek, mint elkerülhetetlen vágóhídi műveletnek a hatását vizsgáltam, két eltérő módszer összehasonlításával. Az állatok felét elektromos ösztökével, míg másik felét ösztökehasználat nélkül terelték fel a vágóvonalra. Míg a szállítás és pihentetés hosszabb idejű stressz-hatásnak tekinthető, addig a kábításra való felterelés rövidtávúnak.

A vizsgálatokat 40 állattal hajtottam végre, elhullás a vizsgálat során ebben az esetben nem volt.

A három különböző időpontban (A: kábítás előtt, B: kábítás után ösztöke nélkül, C: kábítás után ösztökével) vett vérminták átlag- és szórásértékeit a 34., a valószínűségi szinteket a 35. táblázatban szemléltetem.

A kábítás, mint jelentős stresszfaktor hatása több paraméter esetében is kimutatható. Szignifikánsan növekedett a kortizol szintje mindkét csoport esetében, összehasonlítva a kábítás előtt (101,72±72) és után mért (B: 162,39±41,18; C: 122,75±48,11) értékeket.

Megállapítható, hogy a két különböző módszerrel terelt csoport között a vérszérum kortizol szintjében jelentős különbség van: az ösztöke-használat nélkül terelt állatoknál lényegesen magasabb hormonszinteket mértem (162,39±41,18 vs. 122,75± 48,11). A jelenség okát a két különböző felhajtási mód időtartambeli eltérésében látom. Míg ugyanis az ösztökével történő felhajtás során 20 állatot 4 perc alatt, addig az ösztöke nélküli felhajtásnál a 20 állatot 16 perc alatt sikerült a kábításhoz terelni.

34. táblázat: **A vérből meghatározott paraméterek átlag- és szórásértékei**

Paraméter		Kábítás előtt n=40	Kábítás után, ösztöke nélkül n=20	Kábítás után, ösztökével n=20
Kortizol (nmol/l)	Átlag	101,72	162,39	122,75
	Szórás	32,41	41,18	48,11
Glukóz (nmol/l)	Átlag	4,57	4,67	4,74
	Szórás	0,30	0,41	0,242
Tejsav (nmol/l)	Átlag	3,38	10,45	12,90
	Szórás	1,83	4,11	5,02
NEFA (nmol/l)	Átlag	0,68	0,30	0,52
	Szórás	0,24	0,10	0,22
MDA-vérplazma (nmol/ml)	Átlag	7,97	8,34	7,80
	Szórás	1,93	2,54	2,20
GSH vérplazma (µmol/g fehérje)	Átlag	3,41	2,95	3,26
	Szórás	0,71	0,71	0,87
GSHPx vérplazma (U/g fehérje)	Átlag	4,53	4,61	5,23
	Szórás	0,67	1,17	1,58
MDA vvt. (nmol/g)	Átlag	7,86	9,30	10,00
	Szórás	1,96	1,96	1,42
GSH vvt. (µmol/ g fehérje)	Átlag	2,94	2,91	3,12
	Szórás	0,35	0,33	0,25
GSHPx vvt. (U/ g fehérje)	Átlag	4,37	4,33	4,93
	Szórás	0,55	0,42	0,60

35. táblázat: **Az elektromos ösztöke használatának hatása a vérplazmában és a vvt.-ben mért paraméterekre**

Paraméter	P		
	A-B	A-C	B-C
Kortizol (nmol/l)	***	**	**
Glukóz (nmol/l)	NS	NS	NS
Tejsav (nmol/l)	***	***	NS
NEFA (nmol/l)	***	**	***
MDA-vérplazma (nmol/ml)	NS	NS	NS
GSH vérplazma (µmol/g fehérje)	NS	NS	NS
GSHPx vérplazma (U/g fehérje)	NS	NS	NS
MDA vvt. (nmol/g)	*	*	NS
GSH vvt. (µmol/ g fehérje)	NS	*	*
GSHPx vvt. (U/ g fehérje)	NS	***	***

A: Kábítás előtt B: Kábítás után, ösztöke nélkül C: Kábítás után, ösztökével
*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A vérplazma tejsav tartalma a kábításra történő felhajtás következtében közel háromszorosára emelkedett mindkét csoportban. Ez azt bizonyítja, hogy stressz hatására már élő állapotban is megindult az izmok anaerob glikolízise. Az elektromos ösztöke használatának izomanyagcserére kifejtett serkentő hatását bizonyítja, hogy az ösztökével terelt csoportnál (12,90±5,02 vs.

10,45±4,11) is magasabb tejsav szintet találtam a vérplazmában a kiindulási értékhez viszonyítva, bár ez a különbség nem volt szignifikáns. Hasonló eredményeket kaptak *Küchenmeister és mtsai* (2004), akik elektromos ösztöke alkalmazásának hatására 1,5-szeres emelkedést tapasztaltak a vérplazma tejsav szintjében.

A NEFA értéke mindkét csoportban szignifikáns mértékben csökkent a kábítás előtti értékekhez (0,68±0,24 ⇨ 0,30±0,10 illetve 0,52±0,22) viszonyítva, ami azt jelzi, hogy ebben a nagyon rövid időszakban jelentős mértékű zsírmobilizációval már nem kell számolni.

Az elektromos ösztöke használata viszont, eredményeim szerint, jelentős oxidatív terhelést jelentett a sertések szervezetére. Mindezt jelzi a vvt.-ben mért fokozott lipidperoxidáció (MDA: 7,86±1,96 ⇨ 10,00±1,42; P<0,05), illetve az antioxidáns védőrendszerben végbemenő változások: az ösztökehasználat szignifikáns mértékben megnövelte a vvt.-ben mért redukált glutation mennyiségét (2,94±0,35 ⇨ 3,12±0,25; P<0,05), melyet a vvt. glutation-peroxidáz aktivitásának (4,37±0,55 ⇨ 4,93±0,60; P<0,001) emelkedése követett.

Ugyanez a tendencia volt megfigyelhető a vérplazmában is, bár ebben az esetben a változások nem voltak szignifikáns mértékűek.

A húsminőségi mérések eredményeit a 36. táblázatban foglaltam össze, feltüntetve a 45. percben és 24. órában mért paramétereket.

36. táblázat: **Az elektromos ösztöke használatának hatása a húsminőségi paraméterekre**

Paraméter		Kábítás után ösztöke nélkül (n=20)	Kábítás után ösztökével (n=20)	P
pH_{1karaj}	Átlag	6,02	5,96	NS
	Szórás	0,26	0,22	
pH_{1sonka}	Átlag	6,15	5,98	NS
	Szórás	0,37	0,34	
$T_{45karaj}$	Átlag	40,71	40,52	NS
	Szórás	0,56	0,37	
pH_{2karaj}	Átlag	5,54	5,51	NS
	Szórás	0,12	0,13	
L*	Átlag	41,24	41,62	NS
	Szórás	3,91	4,07	
a*	Átlag	7,40	7,51	NS
	Szórás	1,03	0,83	
b*	Átlag	1,33	1,56	NS
	Szórás	1,03	1,04	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A pH_1 jól szemlélteti a elektromos ösztöke izomanyagcserére kifejtett hatását. A vérplazma tejsav tartalmához hasonlóan az ösztökével terelt csoportnál intenzívebb kezdeti *post mortem* izom metabolizmust tapasztaltam, bár ebben

az esetben sem volt statisztikailag igazolható a különbség. Nagyobb különbséget tapasztaltam viszont a sonkában mért paraméterek között, hiszen többnyire ezen a területen éri az állatokat az ösztöke által kiváltott elektromos impulzus.

A 24. órában mért paramétereknél sem lehetett szignifikáns mértékű eltérést kimutatni. A 45. percben mért pH szórásértéke viszont közel kétszerese volt a 24. órában mért értéknek. Ez ismét csak a hűtés kiemelkedő szerepét bizonyítja, vagyis a jó konstrukciójú hűtőberendezések kiemelkedő fontosságúak az egyenletes húsminőség biztosításában.

Annak ellenére tehát, hogy a két különböző csoportnál a vérből mért paraméterek esetében jelentős eltérést tapasztaltam, a húsminőségben ugyanakkor mégsem találtam jelentős különbséget. Mindez összhangban áll *Hambrecht és mtsai* (2005) vizsgálatával, akik az általam alkalmazott időtartamnál lényegesen hosszabb idejű ösztökehasználat mellett sem tapasztaltak semmilyen különbséget a pH-ban, a színben vagy a víztartó képességben. Esetükben egyébként – feltehetően a hosszabb időtartam miatt - mind a vérplazma, mind a kortizol szintje magasabb volt az ösztökével terelt csoportnál.

5.5. A vágóhídi technológia hatása a stresszállapotra és húsminőségre

Ebben a vizsgálatban a vágóhídi feldolgozás, mint komplex faktor hatását elemeztem a stresszállapot és a húsminőség vonatkozásában. A vizsgálatokat ebben az esetben is 2x20 állattal hajtottam végre. A kisüzemi és nagyüzemi típusú vágási technológia összehasonlításakor egy alkalommal, az elvéreztetés során gyűjtöttem vérmintákat.

A vérplazmából és a vvt.-ből meghatározott paraméterek alapstatisztikai értékeit a 37. táblázatban foglaltam össze.

A kábítás előtti módszerekben a két eltérő technológia a pihentetőkarám kábítástól való távolságában, illetve a tereléshez alkalmazott eszközökben különbözött. A nagyüzemi típusú technológia esetén elektromos ösztökével csoportosan tereltük az állatokat a kábítóberendezéshez, míg a kisüzemi típusú technológia alkalmazásakor egyenként, terelőbot segítségével.

A pihentető karám és a kábítóhely közötti hosszabb út nagyobb mértékű izommunkát igényelt a nagyüzemi típusú technológiával vágott állatoktól, melyet a szignifikánsan nagyobb tejsav tartalom jelzett a vérplazmában (9,74±3,23 vs. 13,09±4,00; $P<0,01$). *Hambrecht és mtsai* (2005) hasonló eredményekre jutottak: a vágás előtt ösztökével többször megmozgatott sertéseknél közel kétszeres tejsavszintet mértek a vérplazmában. Saját vizsgálataimban a vérplazma glükóz tartalma ugyanakkor nem mutatott eltérést

a két csoport között, minden valószínűség szerint a vizsgált állományok jó stressztűrő képességének köszönhetően.

37. táblázat: **A vágási technológia hatása a mért biokémiai paraméterekre**

Paraméter		Kisüzemi típusú vágás N=20	Nagyüzemi típusú vágás n=20	P
Tejsav (nmol/l)	Átlag	9,74	13,09	**
	Szórás	3,23	4,00	
Glükóz (nmol/l)	Átlag	4,02	4,31	NS
	Szórás	0,61	0,74	
MDA vérplazma (nmol/ml)	Átlag	9,00	8,08	NS
	Szórás	3,15	2,08	
GSH vérplazma (µmol/g fehérje)	Átlag	3,17	4,68	***
	Szórás	0,51	1,11	
GSHPx vérplazma (U/g fehérje)	Átlag	4,31	4,12	NS
	Szórás	0,58	0,54	
MDA vvt (nmol/ml)	Átlag	15,03	13,63	NS
	Szórás	1,69	4,64	
GSH vvt (µmol/ g fehérje)	Átlag	2,41	2,42	NS
	Szórás	0,64	0,51	
GSHPx vvt (U/ g fehérje)	Átlag	2,92	3,16	NS
	Szórás	0,81	0,75	
C-vitamin (mmol/l)	Átlag	7,39	7,46	NS
	Szórás	4,65	4,14	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A lipidperoxidációs folyamatokban, illetve az antioxidáns védőrendszer vizsgált tagjainak mennyiségében/aktivitásában az eltérő vágási technológia nem idézett elő szignifikáns eltéréseket. Ez alól kivételt képez a vérplazma GSH tartalma, amely a nagyüzemi típusú technológiánál magasabbnak bizonyult. A többi paraméter függvényében (GSHPx, MDA) ugyanakkor nehéz az ilyen irányú változásának indoklása, s valószínűsíthetően a különbség az egyedi varianciának tudható be.

A vágási technológia hatását a 45. percben mért húsminőségi paramétere-rekre a 38. táblázatban foglaltam össze. A két vizsgált izomban eltérő eredményeket kaptam. Míg a karajban sem a maghőmérsékletet, sem a pH-t nem befolyásolta a vágási technológia, addig a combban mindkét paraméter esetében szignifikáns mértékű eltérést tapasztaltam. A nagyüzemi típusú vágás, köszönhetően az ott alkalmazott műveleteknek jelentős mértékben megemelte a comb maghőmérsékletét. A magasabb maghőmérséklet intenzívebb *post mortem* biokémiai folyamatokat eredményezett, mely összhangban áll *McCaw és mtsai* (1997), *D'Souza és mtsai* (1998a), valamint *van der Wal és mtsai* (1997) korábbi megállapításaival. Mindezek eredményeképpen a nagyüzemi típusú technológiánál közel 0,2-el alacsonyabb pH értéket mértem.

38. táblázat: **A vágási technológia hatása a 45.percben mért húsminőségi paraméterekre**

Praméter		Kisüzemi vágás N=20	Nagyüzemi vágás n=20	P
$pH_{1\ karaj}$	Átlag	6,21	6,21	NS
	Szórás	0,20	0,28	
$pH_{1\ sonka}$	Átlag	6,47	6,28	**
	Szórás	0,14	0,21	
T_{karaj}	Átlag	40,23	40,03	NS
	Szórás	0,86	0,98	
T_{sonka}	Átlag	40,93	42,17	***
	Szórás	0,40	0,52	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

Jelen vizsgálatban a 24. órában mért pH-t a karaj több pontján értékeltem. Az 1. mérési pontot a karaj *craniolateralis*, a 2. pontot a karaj *craniomedialis* részén vettem fel, míg a 3. mérési pontot a karaj *caudalis* végén mértem.

A 39. táblázat a vágási technológia hatását mutatja be a 24. órában mért pH és a csepegési veszteség értékére. A pH értékek mindhárom mérési ponton alacsonyabbak voltak a nagyüzemi típusú vágási technológia esetén. A különbségek oka egyértelműen a hasított testek hűtőbe kerülésének eltérő idejében keresendő: a kisüzemi vágás esetén a hasított testek átlagosan 8 perccel hamarabb kerültek a hűtőbe, így a *post mortem* folyamatok, többek között a pH csökkenés is hamarabb állt le. A csepegési veszteség is kedvezőbb volt a kisüzemi vágás esetében, mely megerősíti a vágást követő korábbi hűtés kedvező szerepét a víztartó képességre (*Schäfer és mtsai*, 2001).

39. táblázat: **A vágási technológia hatása a 24. órában mért paraméterekre**

Paraméter		Kisüzemi vágás	Nagyüzemi vágás	P
$pH_{2(1)}$	Átlag	5,84	5,71	*
	Szórás	0,18	0,10	
$pH_{2(2)}$	Átlag	5,78	5,67	*
	Szórás	0,16	0,09	
$pH_{2(3)}$	Átlag	5,72	5,63	*
	Szórás	0,12	0,06	
Csepegési veszteség	Átlag	4,05	4,81	*
	Szórás	0,99	1,22	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A szín értékelését szintén 3 mérési ponton végeztem, a mérési pontok megegyeztek a pH mérési pontjaival. A 40. táblázatban bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a vágási technológia csupán kis mértékben befolyásolta a színparamétereket. Szignifikáns eltérést csupán a karaj *craniomedialis* oldalán mért húsvilágossági értékben (L*: 50,45±2,29 vs. 54,24±2,26; P<0,05), illetve a sárga színben (a*: 8,45±2,29 vs. 9,86±2,26;

P<0,05) sikerült kimutatnom. Ez a különbség véleményem szerint a később kezdődő hűtésnek tulajdonítható.

40. táblázat: **A vágási technológia hatása a hússzínre**

Paraméter		Kisüzemi vágás n=20	Nagyüzemi vágás n=20	P
L* (1)	Átlag	51,07	50,40	NS
	Szórás	4,45	5,94	
a* (1)	Átlag	9,12	8,62	NS
	Szórás	3,23	3,73	
b* (1)	Átlag	9,68	8,86	NS
	Szórás	1,76	2,39	
L* (2)	Átlag	50,45	54,54	*
	Szórás	2,29	2,26	
a* (2)	Átlag	7,19	7,25	NS
	Szórás	2,10	2,05	
b* (2)	Átlag	8,45	9,86	*
	Szórás	2,29	2,26	
L* (3)	Átlag	53,24	52,86	NS
	Szórás	3,48	5,04	
a* (3)	Átlag	6,52	6,80	NS
	Szórás	2,44	3,23	
b*(3)	Átlag	8,86	9,38	NS
	Szórás	1,55	2,03	

*NS: nem szignifikáns; *: P<0,05*

Nagyon nehéz összevetni jelen vizsgálat során nyert eredményeimet a szakirodalomban leírt korábbi vizsgálatok adataival, hiszen a kísérletekben alkalmazott két technológia meglehetősen specifikus, gyakorlatilag egyedinek tekinthető. A hús hőmérsékletének hatása azonban kiemelten fontos szempontnak tekinthető, mivel a hőmérséklet lassú csökkenésének hatására számos folyamat még jelentős ideig aktív marad a húsban. Ezen folyamatok közül lényeges lehet az oximioglobin bomlása, amely hatással van a hús színére, emellett az abból felszabaduló vas prooxidánsként viselkedhet, azaz szabadgyök képződést, ezzel membránkárosodást indíthat el (*Ahn és Kim*, 1998). Ennek hatására technológiai szempontból fokozódik a kötött víz mennyiségének csökkenése, azaz nő a csepegési veszteség.

Az irodalomban több példát találhatunk arra is, hogy a megemelkedett izomhőmérséklet és a később kezdődő hűtés negatív irányba befolyásolja a húsminőséget (*McCaw és mtsai*, 1997; *Eldridge és mtsai*, 1993). Fontos azonban hangsúlyozni, hogy nem elegendő csupán törekedni a hűtés lehető leggyorsabb megkezdésére. Így például *Hambrecht és mtsai* (2003) vizsgálatuk során három különböző vágási technológiát hasonlítottak össze. Annak ellenére, hogy az értékelt technológiák egyikénél lényegesen rövidebb volt a feldolgozás

ideje, mégis ebben az esetben tapasztalták a legkedvezőtlenebb hússzínt és víztartó képességet, mivel nem alkalmaztak előhűtést.

5.6. A húsminőségi paraméterek összefüggései, a húsminőség mérésének és értékelésének lehetőségei

A következőkben ismertetendő vizsgálat során az általam, illetve a teljesítményvizsgáló állomáson mért húsminőségi és egyéb paraméterekre vonatkozó összefüggéseket tanulmányoztam. Vizsgáltam továbbá a karaj méretének és a karajon belüli mérési hely hatását a húsminőségi paraméterekre, illetve értékeltem a hazai teljesítményvizsgálatokban alkalmazott érzékszervi bírálat alkalmasságát a húsminőség értékelésében.

5.6.1. Húsminőségi paraméterek korrelációja

A húsminőségi tulajdonságok közötti korrelációs együtthatókat a saját kísérletes mérések, és a teljesítményvizsgálatokban alkalmazott mérések között is számítottam. Előbbinél a 45. percben mért pH és maghőmérséklet, illetve a 24 órás pH, színtulajdonságok és a víztartó képességet jellemző csepegési veszteség között számítottam ki a korrelációs koefficienseket, melyet a 41. táblázatban tüntettem fel.

41. táblázat: **A 45. percben és a 24. órában mért húsminőségi paraméterek korrelációs együtthatói (r) saját mérések alapján (n=117)**

	pH_1	T_1	pH_2	L*	a*	b*	Csepegési veszteség
pH_1		-0,46*	0,52*	$0,15^{NS}$	$-0,15^{NS}$	$0,32^{NS}$	$-0,19^{NS}$
T_1			$0,26^{NS}$	$0,22^{NS}$	$-0,44^{NS}$	$0,02^{NS}$	$-0,12^{NS}$
pH_2				-0,83*	0,67*	-0,45*	-0,57*
L*					$-0,44^{NS}$	0,77*	0,67*
a*						0,51*	$-0,10^{NS}$
b*							0,51*
Csepegési veszteség							

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A 45. percben mért értékek, azaz a pH és az izom maghőmérséklet között közepes negatív korreláció áll fenn, azaz a hőmérséklet emelkedése növeli a *post mortem* folyamatok intenzitását, gyorsítva a pH érték csökkenését.

A 24. órában mért pH az összes végső húsminőséget jelző paraméterrel összefüggést mutat, ezek közül a legszorosabb a kapcsolat a hús világossági értékével (r: -0,83) áll fenn. A kapcsolat a két paraméter között fordított, azaz minél tovább tart a *post mortem* metabolizmus, annál világosabb lesz az adott húsrész színe. A víztartó képesség közepes korrelációt mutat mind a pH_2-vel,

mind a húsvilágossági értékkel, azaz az alacsonyabb pH és a világosabb szín a hús exudatív jellegével jár együtt.

A 45. percben és a 24. órában mért értékek között egyedül a pH_1 és a pH_2 esetében sikerült kimutatni szignifikáns kapcsolatot (r: 0,52). A többi esetben a két eltérő időpontban mért paraméterek között nem lehetett statisztikailag is igazolható kapcsolatot kimutatni, vélhetően az alacsony elemszám miatt. Mindez megegyezik a szakirodalomban leírt korábbi adatokkal (*Kauffmann és mtsai*, 1993, *van der Wal és mtsai*, 1997).

A teljesítményvizsgálatok eredményeiből a 45 perces és a 24 órás pH, a szín, illetve a víztartó képességet jellemző hűlési veszteség közötti korrelációs koefficienseket határoztam meg. A MNF fajtában számított korrelációs értékeket a 42., a ML fajtáét a 43. táblázatban, míg a Pi fajtában számított értékeket a 44. táblázatban foglaltam össze.

42. táblázat: **A húsminőségi paraméterek korrelációja (r) MNF sertések teljesítményvizsgálati adatai alapján (n=16034)**

	pH_1	pH_2	Hússzín	Hűlési veszteség
pH_1		0,569**	0,334**	$-0,049^{NS}$
pH_2			0,364**	$-0,009^{NS}$
Hússzín				-0,201**
Hűlési veszteség				

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

43. táblázat: **A húsminőségi paraméterek korrelációja (r) ML sertések teljesítményvizsgálati adatai alapján (n=7028)**

	pH_1	pH_2	Hússzín	Hűlési veszteség
pH_1		0,632**	0,349**	$-0,060^{NS}$
pH_2			0,355**	$0,004^{NS}$
Hússzín				-0,212**
Hűlési veszteség				

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

44. táblázat: **A húsminőségi paraméterek korrelációja (r) Pi sertések teljesítményvizsgálati adatai alapján (n=3813)**

	pH_1	pH_2	Hússzín	Hűlési veszteség
pH_1		0,733**	0,281**	$-0,015^{NS}$
pH_2			0,384**	$0,064^{NS}$
Hússzín				$-0,092^{NS}$
Hűlési veszteség				

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A három eltérő fajtánál hozzávetőlegesen azonos korrelációs értékeket számítottam. A saját mérési adatokkal összehasonlítva némileg szorosabb összefüggést tapasztaltam a két eltérő időpontban mért pH között (saját mérések: r=0,52 vs. MNF: r=0,569, ML: r=0,632, Pi: r=0,733). A hússzín és a pH a teljesítményvizsgálati adatok alapján laza pozitív korrelációban állnak egymással, míg saját vizsgálataim során negatív kapcsolatot találtam. Az eltérés véleményem szerint a mérőműszerek közötti eltérésnek tulajdonítható: míg ugyanis az L* esetében (saját mérések) a világosabb hús jelent magasabb értéket, addig a Optostarnál a magasabb számértékhez sötétebb hús tartozik. A hűlési veszteség gyakorlatilag nem mutatott korrelációt a pH értékekkel, továbbá a hússzínnel is csak laza korreláció áll fenn.

Vizsgáltam a kapcsolatot az izom tejsavtartalma és a 24. órában mért húsminőségi paraméterek között is (45. táblázat). A kapott korrelációs értékek azt bizonyítják, hogy a *post mortem* folyamatok hatására bekövetkező pH csökkenés elsődleges forrása a tejsav: a pH_2-értékkel ugyanis szoros, negatív korrelációt (r=-0,76) számítottam. A húsvilágossági értékkel szintén szignifikáns, de csak közepes korrelációs koefficienst (r=0,50) kaptam.

45. táblázat: **Izomtejsav korrelációja a 24. órában mért paraméterekkel (n=10)**

	pH_2	L*	a*	b*	Csepegési Veszteség
Tejsav	-0,76*	0,50*	-0,17	0,48	-0,10

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

Meghatároztam a húsminőségi paraméterek és egyéb termelési tulajdonságok közötti összefüggéseket is (46. táblázat). Az adatok MNF sertések teljesítményvizsgálataiból származnak. A kapott korrelációs koefficiensek alapján megállapítható, hogy a húsminőségi tulajdonságok sem a növekedési, takarmányértékesítési, sem a vágóértékkel kapcsolatos (színhúsarány, szalonnavastagság, karajtömeg) paraméterekkel nem, vagy csak kimondottan laza korrelációban állnak. Ebben a tekintetben eltérő eredményre jutottak *Hovenier és mtsai* (1992), illetve *Suzuki és mtsai* (2005), akik a tömeggyarapodás és a hússzín között pozitív korrelációt (0,46 illetve 0,20) tapasztaltak.

46. táblázat: **A húsminőségi tulajdonságok kapcsolata egyéb termelési paraméterekkel (n=23062)**

	Takarmány-értékesítés	Nettó súlygyarapodás	Színhús-arány	Szalonna-vastagság	Karaj tömege
pH_1	$-0{,}037^{NS}$	$-0{,}001^{NS}$	-0,153**	0,034**	-0,112**
pH_2	$-0{,}022^{NS}$	$0{,}005^{NS}$	0,219**	0,101**	-0,104**
Hússzín	$0{,}090^{NS}$	-0,111**	$0{,}097^{NS}$	$0{,}002^{NS}$	$-0{,}074^{NS}$
Hűlési veszt.	-0,205**	0,148**	$-0{,}078^{NS}$	$0{,}005^{NS}$	$0{,}063^{NS}$

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A vágóérték és a húsminőség közötti összefüggést korábban számos kutató bizonyította stresszérzékeny állományok esetében (*Aalhus és mtsai*,

1991; *García-Macías és mtsai*, 1996; *Herfort Pedersen és mtsai*, 2001.; *Larzul és mtsai* 1997; *Leach és mtsai*, 1996), stresszrezisztens állatok esetében ugyanakkor lényegesen kevesebb vizsgálatot végeztek.

5.6.2. A karajméret hatása a húsminőségre

A 46. táblázat adatai szerint a vágóérték és a húsminőség között csak laza korreláció mutatható ki. Feltételezhető ugyanakkor, hogy a karaj tömege, mint a vágóértéket jellemző paraméterek egyike, befolyásolhatja a *post mortem* biokémiai folyamatok, így a húsminőség alakulását. A feltételezés hátterében az eltérő hűlési tulajdonságok álltak: minél nagyobb méretű a karaj, annál lassabb az izom hűlése, így annál tovább tarthat a pH érték csökkenése.

Teljesítményvizsgálatban vágott MNF és Pi sertéseket három különböző karajméret kategóriába osztottam (kis méretű karaj: kisebb mint 4,0 kg; közepes méretű karaj: 4,0-5,0 kg; nagy méretű karaj: nagyobb mint 5,0 kg). Az egyes kategóriák húsminőségi jellemzőit és a varianciaanalízis eredményét a 47., illetve a 48. táblázatban foglaltam össze.

47. táblázat: **A karajméret hatása MNF sertések húsminőségére**

Paraméter		Kis méretű n=3393	Közepes méretű n=12102	Nagy méretű n=881	P
pH_1	Átlag	6,11	6,03	6,00	***
	Szórás	0,26	0,22	0,21	
pH_2	Átlag	5,80	5,77	5,75	***
	Szórás	0,16	0,14	0,13	
Hússzín	Átlag	67,01	66,77	65,83	***
	Szórás	5,58	5,76	5,90	
Hűlési veszteség	Átlag	2,24	2,32	2,39	***
	Szórás	0,58	0,59	0,60	

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

48. táblázat: **A karajméret hatása Pi sertések húsminőségére**

Paraméter		Kis méretű N=637	Közepes méretű n=1878	Nagy méretű n=1298	P
pH_1	Átlag	5,81	5,77	5,76	*
	Szórás	0,25	0,23	0,22	
pH_2	Átlag	5,61	5,61	5,59	NS
	Szórás	0,20	0,20	0,19	
Hússzín	Átlag	63,85	62,08	58,07	***
	Szórás	10,35	12,35	13,53	
Hűlési veszteség	Átlag	2,41	2,35	2,31	*
	Szórás	0,38	0,45	0,68	

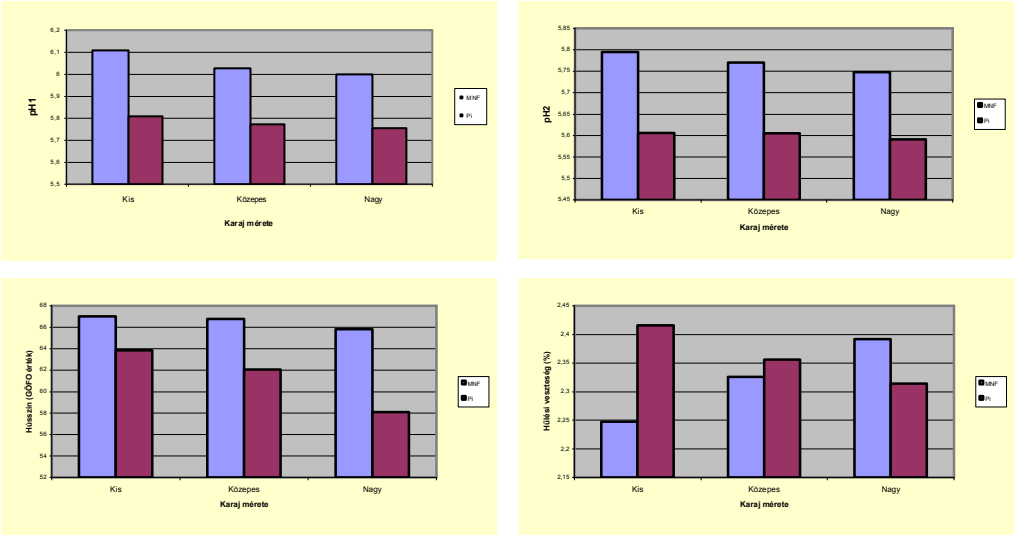
*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A MNF sertések esetében a karaj mérete az összes vizsgált húsminőségi paramétert befolyásolta. A Pi fajta esetében viszont a hússzínt erősen, a pH_1-t és a hűlési veszteséget viszont csak gyengén szignifikáns mértékben befolyásolta. Ennél a fajtánál az eredmények szerint a pH_2 értékre a karaj tömegének nem volt kifejezett hatása. Az eredmények igazolják a vágóérték és a húsminőség között fennálló kapcsolatot: javuló vágóértékkel a húsminőség romlása társul. Fontos viszont utalni arra, hogy ez az összefüggés nemcsak a stresszérzékeny, hanem rezisztens állományban is igazolható volt.

Ez alól a megállapítás alól egy kivételt találtam: a Pi fajta esetében a karaj méretének növekedésével javult a víztartó képesség. Ez a tendencia viszont teljes egészében ellentétes a MNF fajtában mért tendenciával.

A karaj tömege és a húsminőség kapcsolatát a 9. ábrán szemléltetem.

9. ábra: **A karaj tömegének hatása a hús minőségére MNF és Pi fajtákban**



5.6.3. A karaj különöző pontjainak húsminősége

Jól ismert tény, hogy azonos vágóállaton belül a különböző izmok eltérő húsminőségűek lehetnek. Jelen vizsgálat során ugyanakkor azt értékeltem, hogy azonos izomcsoporton belül, annak különböző pontján mért húsminőségben tapasztalhatók-e különbségek, és ha igen milyen mértékűek. A vizsgálatokat a legnagyobb méretű, anatómiailag egységes izmon, a hosszú hátizmon (*m. longissimus dorsi*) végeztem.

A pH méréseket 4, a színméréseket 3 ponton végeztem. Az egyes mérések átlag és szórásértékeit az 49. táblázatban foglaltam össze. A mérési hely hatásának statisztikai értékelése az 50. táblázatban található.

49. táblázat: **A különböző pontokon mért pH_2 és színjellemzők alapstatisztikai adatai (n=40)**

Paraméter		1. pont	2. pont	3. pont	4. pont
pH_{24}	Átlag	5,75	5,71	5,64	5,69
	Szórás	0,17	0,15	0,09	0,14
L*	Átlag	51,04	52,19		53,06
	Szórás	5,51	5,88		4,21
a*	Átlag	8,87	7,22		6,65
	Szórás	3,46	2,05		2,79
b*	Átlag	9,27	9,15		9,10
	Szórás	2,10	2,35		1,78

50. táblázat: **A mérési hely hatása a karaj húsminőségi jellemzőire**

Független változó / Függő változó	Főhatás: mérés helye			
	Átl. négyzetes eltérés(Type III)	Véletlen okozta átl. négyzetes eltérés (hiba)	F-érték	P
pH_{24}	0,23	0,79	3,76	*
L*	1462,44	25,60	75,57	NS
a*	700,48	9,26	75,57	**
b*	2,93	3,94	0,74	NS

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A mért jellemzők közül a pH és a piros szín (a*) esetében tapasztaltam statisztikailag is igazolgató különbséget. A pH érték a *lateralis*-tól *medialis* irányban csökken, azaz a gerincoszlophoz közelebbi részen alacsonyabb érték mérhető. A különbség azonban statisztikailag nem igazolható (51. táblázat). *Cranialis*-tól *caudalis* irányba haladva előbb csökkenő, majd növekvő pH mérhető, azaz a karaj középső részén mérhető a legalacsonyabb érték. *Christensen* (2003) eltérő eredményre jut: tanulmányában hosszanti irányban pH = 0,1 eltérést tapasztalt, ugyanakkor keresztirányban csupán pH = 0,05 értéknyi változást. Véleménye szerint a pH mérés pontossága a mérés helyétől független. Ehhez hasonló eredményre jutottak *Bertol és mtsai* (2006). A különböző vizsgálatok eredményei közötti eltérések véleményem szerint az eltérő hűtési technológiából adódhattak.

A színjellemzők közül az a* esetében volt statisztikailag igazolható hatása a mérési pont elhelyezkedésének. A karaj pirossága csökken *lateralis*-tól *medialis* irányba haladva, illetve craniálistól caudális irányba (52. táblázat).

51. táblázat: **A 24. órában mért pH mérési pontok közötti különbségeinek értékelése a legkisebb szignifikáns differenciák alapján**

Mérés helyének sorszáma	1	2	3	4
1		NS	**	NS
2			NS	NS
3				NS
4				

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

52. táblázat: **Az a* mérési pontok közötti különbségeknek statisztikai értékelése a legkisebb szignifikáns differenciák alapján**

Mérés helyének sorszáma	1	2	4
1		*	***
2			NS
4			

*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

Korábbi tanulmányokban, melyekben eredményeimhez hasonlóan eltérést tapasztaltak azonos izmon belül, a jelenséget részben az eltérő pigmenttartalommal, részben az eltérő izommetabolizmussal indokolták (*Brewer és mtsai*, 2001, *Rosenvold és mtsai*, 2003a).

5.6.4. Az érzékszervi bírálat szerepe a húsminőség megítélésében

A teljesítményvizsgálatok során a húsminőség értékelésekor elvégzik a karaj érzékszervi bírálatát. Az értékeléskor elsősorban a színt és az állományt veszik figyelembe.

Az érzékszervi bírálati pontszám és az egyes húsminőségi paraméterek közötti korrelációs értékeket mutatja az 53. táblázat. Megállapítható, hogy az érzékszervi pontszámmal a legszorosabb kapcsolatban a hússzín áll, tehát nagy valószínűséggel a bíráló az értékelés során főképp ezt veszi figyelembe.

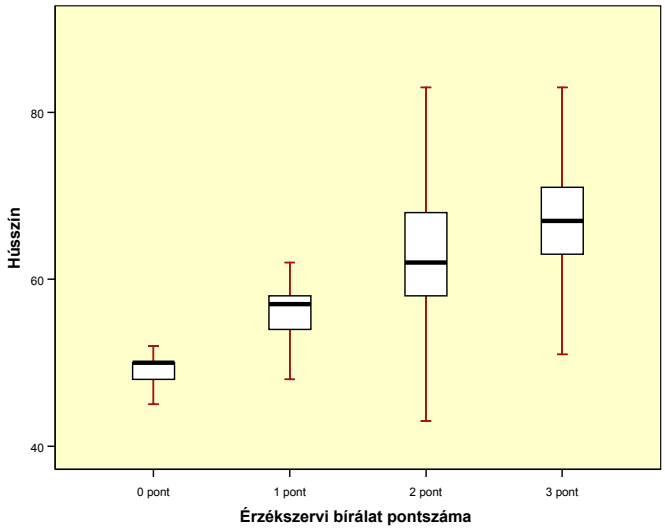
53. táblázat: **Az érzékszervi bírálat pontszáma és a húsminőség közötti rangkorreláció**

	pH_1	pH_2	Hússzín	Hűlési veszteség
Érzékszervi bírálat MNF (n=16034)	0,253**	0,302**	0,440**	-0,116**
Érzékszervi bírálat ML (n=7028)	0,191**	0,288**	0,498**	-0,122 **
Érzékszervi bírálat Pi (n=3813)	0,446**	0,477**	0,341**	-0,051**

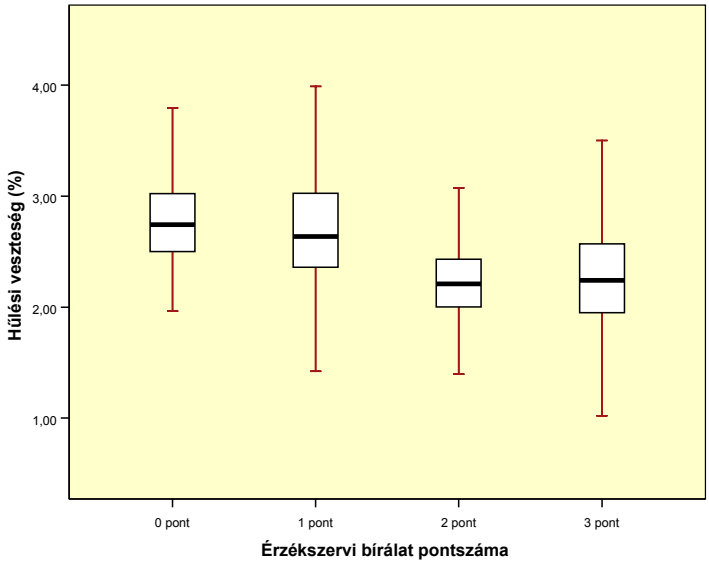
*NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001*

A különböző bírálati pontszámokhoz tartozó hússzín és hűlési veszteség értékeket a 10. és 11. ábrán szemléltetem. Jól látható, hogy azonos hússzín értékhez gyakran eltérő bírálati pontszám párosul. Például a 60 körüli Optostar értéket 1-3 ponttal értékelték az egyes bírálók.

10. ábra: **Az érzékszervi bírálat és a hússzín összefüggése**



11. ábra: **Érzékszervi bírálat és a hűlési veszteség összefüggése**



Sajnos arra nem volt lehetőségem, hogy egzakt módon értékeljem a bíráló személyének hatását az adott pontszám értékére, bár kétségtelen, hogy a szubjektív értékítélet, ebben az esetben nagy jelentőséggel bírhat. Fontos megjegyezni továbbá azt is, hogy annak ellenére miszerint a 2 pont elviekben a DFD húst jelenti, azaz magasabb Optostar értéket, mégis alacsonyabb hússzín párosul hozzá.

Fenti eredmények alapján az érzékszervi bírálatot a húsminőség értékelésében a jelenleg alkalmazott módszerekkel nem tartom kielégítőnek.

5.6.5. PSE és DFD jelleg kimutatása

Többek között a hazai teljesítményvizsgálatban is alkalmazott módszer, hogy a PSE jelleg kiszűrésére kizárólag a pH_1 értéket használják. A részvizsgálatban ennek a módszernek az alkalmasságát értékelem.

MNF sertésekből származó karajokat kategorizáltam a PSE jelleg alapján. Ha a pH_1 érték < 5,8 volt, akkor az adott karajt PSE-nek tekintettem. Ezek után összehasonlítottam a két csoportot, melynek eredményeit az 54. táblázatban foglaltam össze.

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a két csoport között csak a hűlési veszteségben nem volt szignifikáns különbség. Mivel a PSE jelleg többek között jelentősen megromlott víztartó képességet is jelent, ezért a két csoportnak különböznie kellene. Ezek alapján megállapítható, hogy a pH_1 érték önállóan nem alkalmas a PSE jelleg kiszűrésére, szükséges hozzá a víztartó képesség külön értékelése. Különösen fontos ez az átmeneti húsminőségek elkülönítése érdekében.

54. táblázat: **PSE és normál minőségű hús közötti különbségek értékelése**

Paraméter		Normál	PSE	P
pH_1	Átlag	6,06	5,63	***
	Szórás	0,20	0,09	
pH_2	Átlag	5,78	5,56	***
	Szórás	0,13	0,10	
Hússzín	Átlag	66,91	62,52	***
	Szórás	5,521	7,464	
Hűlési veszteség	Átlag	2,33	2,34	NS
	Szórás	0,60	0,54	
Érzékszervi bírálat	Átlag	2,92	2,16	***
	Szórás	0,35	0,95	

*NS: nem szignifikáns; ***: P<0,001*

A MNF sertésekből származó karajokat kategorizáltam DFD jelleg alapján is. Amennyiben a pH_2 értéke > 6,2 volt, akkor DFD-nek, amennyiben alacsonyabb, akkor normál húsminőségűnek tekintettem a húsrészt. A két csoport összehasonlításának eredményeit szemlélteti az 55. táblázat.

55. táblázat: **A DFD és normál minőségű hús közötti különbségek értékelése**

Paraméter		Normál	DFD	P
pH_1	Átlag	6,02	6,34	***
	Szórás	0,22	0,12	
pH_2	Átlag	5,76	6,21	***
	Szórás	0,13	0,03	
Hússzín	Átlag	66,57	70,56	***
	Szórás	5,74	7,23	
Hűlési veszteség	Átlag	2,33	2,26	NS
	Szórás	0,60	0,49	
Érzékszervi bírálat	Átlag	2,86	2,94	NS
	Szórás	0,46	0,26	

A DFD jelleg megmutatkozott a pH értékekben, illetve a hússzínben is. A DFD húshiba magától értetődően magasabb pH-t és sötétebb hússzínt eredményezett. Nem volt különbség ugyanakkor sem a hűlési veszteségben, sem az érzékszervi bírálati pontszámban sem. Ez utóbbinál még további érdekesség, hogy a DFD húshiba általában magasabb érzékszervi bírálati pontszámot kapott, mint a normál hús. Ez ismét azt bizonyítja, hogy az érzékszervi bírálat döntően a szín alapján történik. A bíráló valószínűsíthetően a DFD jellegből adódó sötét hússzínt kedvezőnek értékelte.

7. Következtetések

7.1. A genotípus és ivar hatása a húsminőségre

Vizsgálataim során szignifikáns mértékű fajtahatást mutattam ki az összes mért, illetve számított húsminőségi paraméter tekintetében. A fajtahatás mértéke ugyanakkor, bár sok esetben statisztikailag igazolható, azonban a gyakorlat számára, így a fogyasztói és feldolgozói igények szempontjából elhanyagolható.

A MNF és a ML, mint két kiemelkedő hazai alapfajtánk legtöbb érték-mérőjében azonos tulajdonságokkal rendelkezik. A két fajta összehasonlításakor a ML hátrányaként említik annak kevésbé kedvező szervezeti szilárdságát. Vizsgálataim során megállapítottam, hogy napjainkban a MNF és ML fajták húsminősége gyakorlatilag azonosnak tekinthető. Ez az eredmény nem teljesen harmonizál *Wittmann és mtsai* (1985) eredményeivel, akik mind a pH_1, a pH_2 és a PSE % tekintetében különbözőnek találták a két fajtát. A két felmérés közötti különbség hátterében egyértelműen a ML fajta korábbi, nagyon jelentős stresszérzékenységgel való terheltsége, az időközben eltelt húsz év alatt pedig megoldott mentesítése áll.

A további, általam vizsgált fajták közül kettőt emelek ki. A vizsgálatok során a legkedvezőbb húsminőséget a duroc fajta mutatta. Mindkét időpontban mért pH értéke a normál kategóriában található, hússzíne a legkedvezőbb és a hűlési veszteségben is rendkívül kedvező eredményeket mutatott. A fajta jellemző húsminőségi tulajdonsága - melyet ugyan jelen vizsgálatban nem mértünk - a kiemelkedően magas intramuszkuláris zsír aránya (>3 %). Az intramuszkuláris zsír viszont kedvezően hat a pH csökkenésre, a színjellemzőkre és a víztartó képességre egyaránt, ezért valószínűsíthetően a fajta kedvező húsminősége erre vezethető vissza.

A vizsgált fajták közül a pietrain rendelkezik a legkedvezőbb vágóértékkel. A fajta esetében a stresszérzékenységgel szembeni mentesítés kérdése még nem teljesen megoldott. A mentesítésre való törekvés több évre tekint vissza. Jelenleg Magyarország Németországból, kisebb mértékben Ausztriából importál pietrain kanokat, amelyek elviekben már mentesek. Nem vizsgáltam ugyan a jelenlegi hazai pietrain állomány terheltségét, de egyes becslések szerint a NN, Nn, nn genotípusok nagyjából azonos gyakorisággal találhatóak meg a fajtában. A teljeskörű mentesség hiányát támasztják alá az általam vizsgált húsminőségi értékek is: a fajtában a pH_1 értéke közel egy tizeddel alacsonyabb a többi fajtához viszonyítva, húsának színe pedig az összes fajta közül a leghalványabb. Meglepő ugyanakkor, hogy a hűlési veszteség esetében a Pi fajta mutatta a legkedvezőbb értékeket. Ez az eredmény erősíti azt a feltételezést, hogy a hagyományos besorolás mellett léteznek ún.

átmeneti hústípusok is. A PSE (sápadt, puha, vizenyős) jellegű húshibából nem minden esetben teljesül mindhárom „összetevő”. Így például létezik RSE (red, soft, exudative- vörös, puha, vizenyős) vagy PFN (pale, firm, non-exudative- sápadt, feszes, nem exudatív) húsminőség is, melyeket először *Kauffman és mtsai* (1992) definiáltak. Ezeket általában külön nem értékelik és nem vizsgálják előfordulásukat, ugyanakkor arányuk egyes esetekben 15-20 %-ot is elérheti (*van Laack és mtsai*, 1994, *O'Neill és mtsai*, 2003). A fenti átmeneti típusok közül valószínűsíthetően a vizsgált pietrain sertések között több esetben megtalálható a PFN minőség.

A jövőt tekintve a hazai állomány teljes körű stresszérzékenységgel szembeni mentesítése tovább fogja csökkenteni a fajta szerepét a húsminőségi paraméterek tekintetében.

Az ivarhatás tanulmányozásakor ártányok és kocák húsminőségét hasonlítottam össze. A két vizsgált ivar között az általam vizsgált húsminőségi paraméterek tekintetében statisztikailag igazolható különbség nem mutatható ki. Ezek alapján a húsminőségi kísérletek, vizsgálatok, mérések tervezésekor, lebonyolításakor szükségtelen az ivarokat elkülönítetten kezelni, azok lényegében azonosnak tekinthetőek.

7.2. Az év és hónap hatása

Vizsgálataim során mindegyik mért húsminőségi paraméter tekintetében ki lehetett mutatni az évjárat és a hónap hatását.

Az évhatást a MNF és ML fajtákon értékeltem. A ML fajta esetében a vizsgált 10 éves időintervallum alatt jelentős mértékű javulást tapasztaltam a pH_1 esetében. Az előrelépés egyértelműen a fajta stresszérzékenységgel szembeni mentesítésével indokolható. A folyamat a 90-es évek közepén kezdődött, majd 1998-tól kötelező volt ellenőrizni a stressz genotípust, és a nn, Nn genotípusokat ki kellett zárni a továbbtenyésztésből.

Összehasonlítva a stresszérzékenységgel szembeni mentesítés hatására bekövetkező változásokat a pH_1 és pH_2 értékek esetében, fontos következtetést vonhatunk le. A stresszérzékenységből eredő PSE jelleget döntően a pH_1 érték befolyásolja. Míg 3 év alatt a pH_1 több mint egy tizedet javult, addig a pH_2-nél ugyanezen időszak alatt csupán 0,03 volt az előrelépés. A PSE jelleg előfordulásának a gyakorisága (PSE %) viszont a vizsgált időszak alatt szinte nullára csökkent.

Mindkét fajta esetében megállapítható volt viszont a víztartó képesség folyamatos romlása. Az utóbbi tíz évben közel 0,5 %-kal növekedett a hűlési veszteség, amely ugyan egy-egy hasított testnél minimális különbséget jelent, ugyanakkor nagyüzemi vágóhidaknak, melyek éves szinten akár több tízezer sertést dolgoznak fel, ez az eltérés már nagyon komoly veszteséget okozhat. A

ML fajtában végrehajtott stresszérzékenységgel szembeni mentesítés kedvező hatása tehát nem jelentette egyúttal a víztartó képesség javulását is.

Az általam vizsgált 10 évben a hússzín változásában hosszútávú tendenciát nem sikerült kimutatnom. Figyelembe véve ugyanakkor *Wittmann és mtsai* (1985) eredményeit, egyértelműen megállapítható, hogy a legfontosabb alapfajtáinkra is igaz a világszerte jellemző tendencia, miszerint a sertéshúsok színe folyamatosan világosabbá válik.

A mért húsminőségi paraméterekben szignifikáns mértékű hónaphatást mutattam ki mindkét fajta esetében A pH_1 és pH_2, valamint a szín esetében a hónaphatás által eredményezett különbségek, bár statisztikailag különbözőek, a fajtahatáshoz hasonlóan a feldolgozóipar számára jelentéktelenek. Nem lehet ugyanezt elmondani a hűlési veszteségről, ahol a hatás jelentősebb mértékű. A nyári hónapok egyértelműen rontják, míg a téli hónapok javítják a hasított testek víztartó képességét. A jelenség hátterében feltevésem szerint a vágóüzemekben a vágás és bontás során mérhető eltérő környezeti hőmérséklet áll.

7.3. Szállítás és pihentetés hatása a stresszállapotra és húsminőségre

7.3.1. A szállítás hatása

A vizsgált élettani paraméterek változásai alapján kijelenthető, hogy a szállítás komoly stresszhatást jelent az állatok számára. Bizonyítja ezt, hogy a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese-kéreg tengely aktiválódásának eredményeképpen minden esetben szignifikáns mértékben emelkedett a vérplazma kortizol szintje. A kortizol a glükoneogenezist szabályozó legfontosabb endokrin tényező, azaz elősegíti az aminosavaknak és egyéb glükoneogenetikus anyagoknak (tejsav, propionsav, glicerin) glükózzá, majd glikogénné való átalakulását. A glükoneogenezis folyamatának aktiválása mellett viszont a kortizol gátolja a glikolízis folyamatát. A glükóz fokozott termelésének és csökkent mértékű felhasználásának eredményeképpen a vizsgált állatoknál a szállítás viszonylag rövid ideje alatt is emelkedett a vércukorszint, közel 25 %-kal.

A kortizol lipid anyagcserére kifejtett katabolikus hatását is tapasztalhattuk, amelynek eredményeképpen fokozódott a zsírmobilizáció. Ez a folyamat biztosítja, hogy stressz állapotban, jelen esetben a szállítás során, a szervezet energiaszükségletét ne csak glükózból, hanem részben zsírsavakból fedezze. A zsírmobilizáció hatásaként a vérplazma NEFA szintje több mint kétszeresére emelkedett.

A vérplazma tejsav szintjének az emelkedését az idézte elő, hogy a szállítás és az elkerülhetetlen állatkezelések (fel- és lehajtás, mérlegelés, stb.) a zárt tartásban nevelt állatoktól rendkívül nagy izommunkát igényelnek, amely

az anaerob glikolízis hatására fokozza az izmokban a tejsav termelését és annak bejutását a véráramba.

A szállítás hatása kimutatható volt a szervezet oxidatív terhelésére és az antioxidáns védőrendszerre is. A jelentős oxidatív terhelés hatására, amelyet a vérplazma illetve a vvt. malondialdehid tartalmának változásával jellemeztem, a GSH szintje mind a vérplazmában, mind a vvt. hemolizátumban szignifikáns mértékben csökkent, bár az előbbinél kisebb mértékben. A változást azonban nem a GSHPx aktivitás növekedése idézte elő, sőt az utóbbinál kisebb mértékű csökkenést is tapasztalhattunk. A GSH szint csökkenésének hátterében ezek szerint feltehetően annak szintézisében bekövetkező változások, így például az aminosav felvétel hiánya, illetve nem enzimatikus oxidáció. Hasonló csökkenést észleltünk a másik vízoldékony kis molekulatömegű antioxidáns, a C-vitamin, esetében is. A csökkenés feltehetően részben szintén a stressz hatásaként jött létre, mivel a C-vitamin redukáló ágensként szerepet játszik a kortikoszteroidok, így a kortizol bioszintézisében. Másrészt azonban antioxidánsként kifejtett hatása, illetve mennyiségének csökkenése is jelentős lehet.

7.3.2. A pihentetés hatása

Az 1 óráig pihentetett állatoknál a stresszállapot továbbra is fennállt, illetve részben fokozódott. Mutatja ezt többek között a vérplazma kortizol szintjének további emelkedése is. A tejsav mennyisége is közel háromszorosára növekedett, ami azt bizonyítja, hogy a vágásra történő felhajtás is rendkívül nagy izommunkát igényelt az állatoktól.

A 16 órás pihentetés hasonló eredményeket hozott. A kortizol szintjében nem lehetett kimutatni szignifikáns mértékű változást az érkezéskor mért paraméterekhez képest. Ugyanakkor ebben az esetben is tovább emelkedett a tejsav és a glükóz szintje. A NEFA nem változott egyik pihentetési idő alatt sem, az érkezéskor mért értékkel azonosan magas szinten maradt.

Az oxidatív stressz késői hatása még a 16 órás pihentetés után is kimutatható volt, amelynek oka a malondialdehid folyamatos felszabadulása a szövetekből, illetve annak viszonylag lassú kiürülése. Az antioxidáns védelemben végbemenő változásokat úgy a vérplazma mint a vvt. hemolizátum szintjén is ki lehetett mutatni, a GSH tartalom csökkenése a pihentetés alatt is tovább folytatódott. A változás a takarmányfelvétel, emiatt a GSH szintézishez szükséges aminosavak, hiányával magyarázható.

A két eltérő pihentetési idő között egyetlen paraméter kivételével nem sikerült szignifikáns különbséget kimutatni. Az eredmények ilyen alakulása több okra is visszavezethető. Valószínűsíthető, hogy a pihentetési körülmények nem kielégítők, azaz nem jelentenek az állat számára tényleges pihenést, viszont jelentősen megnő a takarmánymegvonástól eltelt időtartam. Feltehető

ugyanakkor az is, hogy a pihentetés esetleges pozitív hatását a vágásra történő felhajtás, illetve a kábítás teljes egészében megszünteti. A vizsgált biokémiai paraméterek értékeinek változásai fenti elképzelésemet egyértelműen alátámasztani látszanak.

Az élettani paraméterek ilyen irányú alakulása a húsminőségi paraméterek mérésével is jól nyomonkövethető. A 16 órán keresztül pihentetett csoportnál ugyan szignifikáns mértékben magasabb volt a *m. semimembranosusban* és a *m. longissimus dorsi*-ban mért pH_{45} és hőmérséklet (mely indokolható a vágáskori tejsavszinttel is), ezek a különbségek azonban a 24. órában mért paramétereknél teljes egészében kiegyenlítődnek. Így sem a színben, sem a végső pH értékben nem eredményezett kedvező irányú változást a lényegesen hosszabb idejű pihentetés.

A májmintákból elvégzett vizsgálatok ugyanakkor különbséget mutattak ki a két csoport között. Jelentősen csökkent a máj C-vitamin tartalma, amely fokozott felhasználásra, illetve a véráramba történő transzportra enged következtetni. Szintén szignifikáns mértékben csökkent a májsejtek GSH szintje is. Mindkét paraméter tekintetében okkal feltételezhetjük, hogy a máj antioxidáns védelmében végbemenő nagymértékű változások elsősorban az éheztetés hatásának tudhatóak be. A hosszabb pihentetési idejű csoportban összesen több mint 20 órát koplaltak az állatok, így a GSH csökkenése a szintéziséhez szükséges aminosavak utánpótlásának a hiányával magyarázható (*Wang és mtsai*, 1997).

Összegezve megállapíthatjuk, hogy a szállítás, a pihentetés és a kábításra való felhajtás folyamata az állatok számára komoly stresszhatást jelent. Ugyanakkor ezek a folyamatok nem okoznak olyan mértékű oxidatív károsodásokat, melyek a termék minőségére kihatnának. A szervezet antioxidáns védelmében csökkenést lehet kimutatni, melyet a vér szintjén a glutation, a máj szintjén a glutation és a C-vitamin változása jelez. A lipidperoxidációs folyamatok intenzitását sem a szállítás, sem a pihentetés nem fokozta jelentős mértékben. A máj oxidatív stabilitása azonban ilyen hosszúságú éheztetést követően már jelentősen csökken, így ha a máj további feldolgozásra kerül, akkor az ilyen időtartamú pihentetés nem javasolható.

Megállapítható továbbá, hogy amennyiben a vizsgált állomány genetikailag kiegyenlített és halotán-rezisztens, akkor a pihentetési idő hosszúságának, még ilyen jelentős időtartambeli eltérés esetén sincsen jelentős hatása a végső húsminőségre. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy a pihentetési idő megválasztása kompromisszum kérdése. Nem csak a húsminőségi szempontok, hanem higiéniai tényezők, állatvédelmi szempontok, illetve a vágás megfelelő ütemezése is indokolhatja a hosszabb idejű pihentetést, akár előző napi szállítással.

7.4. Az elektromos ösztöke használatának a hatása a stresszállapotra és a húsminőségre

Az eredmények alapján mind az ösztöke használat mellett, mind ellene felhozhatók érvek. A szakirodalomban számos utalást találhatunk arra, hogy az ösztöke használata gyorsítja az izomanyagcserét és ezáltal növeli a *post mortem* pH csökkenést. Az állati jóllét oldaláról az ösztökét szintén mellőzendőnek tartják. Ugyanakkor figyelembe kell vennünk, hogy a nagyméretű vágóhidakon gyakorlatilag képtelenség felhajtani az állatokat vágóvonalra olyan iramban, amelyet a kábítás és további feldolgozás sebessége megkíván. A jövőben természetesen már csak automatizált rendszerek alkalmazhatóak, ahol az állatok terelése, kábításra való felhajtása szinte emberi beavatkozás nélkül történik.

Az ösztöke használata mellett az alábbi érvek hozhatóak fel. Azonos mennyiségű állat kábításra történő felhajtása negyedannyi időt igényel. Az általam elvégzett vizsgálat eredményeiből egyértelműen levonható az a következtetés, hogy az elhúzódó felhajtás nem kívánatos, ugyanis a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg tengely hosszantartó és fokozott aktiválódása miatt folyamatosan magas kortizol koncentráció lesz a véráramban. Ennek a hormonnak viszont többek között érszűkítő hatása is van, mely a megfelelő elvéreztetés szempontjából kifejezetten hátrányosnak tekinthető.

A vérplazmában a NEFA értéke mindkét csoportban csökkent, az ösztöke nélkül felhajtott csoportban azonban jelentősebb mértékben, amelynek hátterében az áll, hogy a stressz hatására a máj a véráramban lévő szabad zsírsavakat felhasználja. A folyamat csupán csak membrántranszportot igényel, így gyors mechanizmusról van szó. Amennyiben a stresszhatás hosszabb idejű, akkor a szervezet mozgósítja energiatartalékait, és megindul a további perifériális zsírmobilizáció, így a vérplazma NEFA értéke emelkedik. Ez a folyamat jól nyomonkövethető volt vizsgálataim során: (1) a kábítás önmagában rövid idejű stresszhatást jelent, így a kiindulási értékekhez képest csökkenő NEFA értékeket tapasztaltam: (2) a korábban ismertetett szállítási kísérlet során, amely már hosszabb távú stresszhatást eredményezett, a kísérleti állatok szervezete már mozgósította az energiatartalékait, így megnövekedett NEFA szintet mértem a szállítást követően.

Az ösztökehasználat ugyanakkor a szervezet számára nagyobb oxidatív terhelést jelentett a másik csoporthoz viszonyítva, melyet a megnövekedett MDA és redukált glutation szinttel, és a megemelkedett glutation-peroxidáz aktivitással lehet bizonyítani. Az ösztöke használat, mint rövid idejű, szinte pillanatnyi, de ugyanakkor nagyon erős stresszhatás bizonyítottan (*Küchenmeister és mtsai, 2004*) hiperventillációt és megemelkedett szívfrekvenciát okoz, ami a szervezet számára igaz rövid idejű, de jelentős oxidatív terhelést jelent.

Az ösztökehasználat annak ellenére, hogy egyes vérparamétereknél jelentős eltéréseket eredményezett, mégsem okozott különbséget a húsminőségi paraméterek tekintetében. Összehasonlítva saját eredményeinket egyes szakirodalmi adatokkal, megállapítható, hogy nagyméretű vágóhidakon a vágás előtti faktoroknak kisebb hatása lehet a húsminőségre, mint kísérletes körülmények között. A vágási technológia egyes elemei (forrázás, perzselés, stb.) rendkívül magas értékekre emelhetik a hasított testek maghőmérsékletét (nem egyszer 41-42°C-ra), ami jelentősen gyorsítja a pH esés sebességét. Véleményem szerint ezek a számos esetben elkerülhetetlen külső hatások gyakorlatilag megszüntethetik, illetve a mérések szempontjából egalizálhatják a vágás előtti faktorok esetleg egymással ellentétes hatását.

7.5. A vágóhídi technológia hatása a stresszállapotra és húsminőségre

A kis- és nagyüzemi típusú vágás összehasonlításakor a vérben mért paraméterek közül a tejsavban tapasztaltam szignifikáns különbséget. Ahogyan arra már a korábbiakban is utaltam a nagyüzemi típusú vágásnál alkalmazott lényegesen hosszabb felhajtási út jelentősebb izommunkát igényelt a zárt tartásban nevelt, tehát korábban csak nagyon keveset mozgó állatoktól. A három, különböző kísérlet alapján összességében megállapítható, hogy a tejsav, mint paraméter hatékonyan alkalmazható jelentős izommunkát igénylő stresszhatások jellemzésére, akár már rövid távú stressz esetén is.

Az általam vizsgált kezelések közül a vágóhídi technológiának volt a legnagyobb befolyásoló hatása a húsminőségre. A különböző vágóhídi műveletek eredményeképpen jelentős eltéréseket sikerült kimutatnom. A vágást követő 45. percben mért paraméterekben eltéréseket tapasztaltam a comb és a karaj között. A nagyüzemi vágás lényegesen magasabb izomhőmérsékletet eredményezett a combban, melyhez alacsonyabb pH_1 érték társult. A jelenség magyarázata a vágóhídi technológiában keresendő. Az általunk végzett nagyüzemi vágás során a hasított testeket automata berendezéssel perzselték. A berendezés kialakításának köszönhetően a vágott testeket oldalról éri a legnagyobb és legintenzívebb hőhatás, azaz a combot nagyobb mértékben, mint a karajt.

A két feldolgozási technológia eltéréseket eredményezett a végső húsminőségben is: a kisüzemi vágási technológia egyértelműen kedvezőbbnek mutatkozott a végső pH és a csepegési veszteség tekintetében, míg a szín esetében ha minimálisan is, de szintén kedvezőbb volt. A végső húsminőségben kimutatott eltérések a hasított testek hűtési időpontjából adódnak. A kisüzemi vágás gyorsabban zajlott le, a hasított testek hűtése hamarabb megkezdődött, melynek eredménye a pH csökkenés korábbi befejeződése, így a magasabb végső pH érték.

Összességében a részvizsgálat bizonyította a vágóhídi technológia, mint komplex faktor szerepét a húsminőség kialakításában, mind a 45. percben, mind a 24. órában mért paraméterek esetében. Belátható, hogy eltérő eredményre juthatunk, ha valamilyen vágás előtti tényező szerepét kis vagy nagyüzemi vágási körülmények között tanulmányozzuk. Minden olyan vágóhídi technológiai folyamat, ami emeli a hasított test hőmérsékletét (forrázás, perzselés), vagy késlelteti a hűtés megkezdését, károsan hat a húsminőségre, s alacsonyabb végső pH-t, világosabb színt és csökkent víztartó képességet eredményez.

7.6. A húsminőségi paraméterek összefüggései, a húsminőség mérésének és értékelésének lehetőségei

Mind a saját mérések, mind a teljesítményvizsgálatok során gyűjtött adatok alapján számított korrelációs koefficiensek hasonló tendenciákat mutatnak. Megállapítható, hogy a vágást követő 45. percben és a 24. órában mért paraméterek között egy-két kivételtől eltekintve csak laza korreláció áll fenn. Ez az eredmény azt bizonyítja, hogy a hús és húsrészek biokémiai állapota a két mérési időpontban egészen eltérő.

Széles körben elfogadott gyakorlat, hogy a PSE húsok azonosítására kizárólag a pH_1, a DFD húsok azonosítására pedig a pH_2 értéket alkalmazzák. A számított korrelációs értékek, valamint a különböző szélsőséges húsminőségek és a normál húsminőség varianciaanalízissel történt összehasonlítása viszont egyértelműen mutatja, hogy ez a módszer a húshibák egyértelmű azonosítására nem alkalmas. Ennek során ugyanis, kizárólag a pH_1, illetve a pH_2 érték alapján nincs mód a víztartó képességben meglévő eltérések kimutatására. Ezért mind a PSE, mind a DFD típusba sorolt húsok egyértelmű definiáláshoz szükséges a víztartó képesség valamilyen módon történő jellemzése is.

A továbbiakban vizsgáltam a különböző termelési tulajdonságok és a húsminőség kapcsolatát is. A vágóérték (SZHA, szalonnavastagság, karaj tömege) és a húsminőség között csupán laza korrelációs koefficienseket tudtam számítani. Vizsgálva ugyanakkor a karaj tömegének húsminőségre gyakorolt hatását, azt tapasztaltam, hogy a növekvő karajméret romló húsminőséget eredményez. A nagyobb méretű karaj alacsonyabb pH_1 és pH_2 értéket, világosabb húst és romló víztartó képességet okoz. Ez a tendencia megegyezik a stresszérzékeny állatoknál tapasztalt tendenciával, bár a vágóérték húsminőségre kifejtett hatása jelen esetben kevésbé jelentős. A nagyobb méretű karaj rendszerint mérsékeltebb hűlési tulajdonságokkal rendelkezik, aminek következményeként tovább tarthat a pH csökkenés.

A különböző húsrészek eltérő húsminősége közismert. Vizsgálataim során azonban azt tapasztaltam, hogy azonos húsrészen belül is el lehet különíteni az eltérő minőségű húsrészeket. A karajon belül jellemzően a belső pontok

alacsonyabb pH-júak, és világosabb színűek. A jelenség hátterében szintén a hűlési körülmények állhatnak. A belső részek lassabban hűlnek, emiatt tapasztalható kedvezőtlenebb húsminőség ezeken a pontokon.

Az érzékszervi bírálat alkalmassága a húsminőség értékelésére az általam elvégzett elemzések adatai alapján meglehetősen kérdéses. A statisztikai elemzés eredményeiből ugyanis egyértelműen kitűnik, hogy a bíráló döntésének alapja a hús színe. A PSE jellegből adódó világos hússzínt a bíráló egyértelműen nem kívánatosnak tartja. Érdekesség, hogy a DFD jellegből eredő sötétebb hússzínt nemcsak hogy nem ítélik hátrányosnak, hanem kifejezetten kívánatosnak tartják. Mindezt alátámasztja az a megfigyelésem, hogy a DFD és normál húsok összehasonlításakor az előbbi csoport kapta a magasabb átlagos érzékszervi bírálati pontszámot. Ezek alapján az érzékszervi bírálat szerepének újragondolását, illetve a pontozásos rendszer átalakítását mindenféleképpen indokoltnak tartom. Hasonló következtetésekre jutottak *Csató és mtsai* (1998), akik szintén javasolják a teljesítményvizsgálatokban alkalmazott húsminőségi pontozásos rendszer átalakítását, mivel véleményük szerint ez a módszer nem felel meg a matematikai-statisztikai módszerekre alapozott BLUP-tenyészértékbecslés követelményeinek.

8. Javaslatok

Javaslatok sertéstartók és tenyésztők számára:

1. Termékelőállítás céljára történő fajtaválasztás során a húsminőségi szempontok szerepe minimális, gyakorlatilag figyelmen kívül hagyható. Cél a húsminőséget döntően befolyásoló nagyhatású génektől (halotán gén, RN gén) való mentesség. Ezek hatásának kiküszöbölése esetén a genotípusok között minimális, a feldolgozóipar és a fogyasztó számára nem érzékelhető különbségek vannak. Tenyésztők, tenyésztőszervezetek számára természetesen más szempontok is érvényesülnek, számukra akár a minimális különbségek is előrelépést jelenthetnek.
2. Két húsminőségi paraméter, a hússzín és a víztartó képesség esetében is megfigyelhető hosszútávú változó tendencia. A hússzín folyamatosan világosodik, míg a víztartó képesség romlik. Szükségesnek látszik meghatározni azt a tenyésztési stratégiát, melyekkel ezek a tendenciák megállíthatóak, hiszen ezen folyamatok mind a feldolgozó, mind a fogyasztó igényeivel ellentétesek.

Javaslatok vágóhidak részére:

3. A vágás előtti pihentetés idejének megválasztásakor szükséges a szélsőségeket kerülni, így az azonnali, kocsiról történő vágást, illetve a nagyon hosszú idejű pihentetést. A pihentetési idő hossza egyébként, ha az a rakodást követő minimálisan szükséges 1 órát eléri, illetve meghaladja nem befolyásolja lényegesen a húsminőséget, így a munkaszervezési kérdésekre nagyobb hangsúlyt lehet fektetni. Nem lehet figyelmen kívül hagyni azonban a jogszabályi előírásokat, miszerint 12 órát meghaladó pihentetésnél már kötelező a minimális takarmányozás. Ennek élelmiszerbiztonsági és higiéniai kockázata miatt valószínűsíthetően ahol megoldható, 12 óra alá fog csökkeni a vágás előtti pihentetés ideje.
4. A kábításra történő felhajtásnál törekedni kell a lehető leggyorsabb munkavégzésre. Az elhúzódó felhajtás az elkerülhetetlen mértéknél jelentősebben növeli a vágósertéseket érő stresszhatásokat. A művelet gyorsítása érdekében akár elektromos ösztöke használata is javasolható, annak korrekt módon való alkalmazása esetén (csak a hátsó végtagokon). Az optimális módszer a lendületes, ösztöke nélküli felhajtás lenne, ami ugyanakkor rendkívül nehezen kivitelezhető.
5. Az optimális húsminőség elérése érdekében a vágóhídi technológia tervezése során minimálisra kell csökkentenünk minden olyan műveletet, amely a hasított testek hőmérsékletét emeli. Természetesen vannak olyan

műveletek, melyek elkerülhetetlenek, így a forrázás és a perzselés. Törekedni kell ugyanakkor arra, hogy a hasított testek hűtése a lehető legrövidebb időn belül megkezdődjön. Minden olyan művelet, ami feleslegesen meghosszabbítja az elsődleges feldolgozás időtartamát, rontja a húsminőséget! Különösen fontos kérdés ez a nyári hónapokban, amelyek a vágóvonalak nem kielégítő hűtése miatt eleve a víztartó képesség romlását eredményezik.

Javaslatok a hazai teljesítményvizsgálati rendszer korszerűsítésére:

6. Eredményeim alapján a hazai teljesítményvizsgálatokban alkalmazott húsminőség értékelési módszer felülvizsgálatra szorul. A három pontos érzékszervi bírálat szempontjai nem megfelelőek, nem alkalmasak a különbségek egyértelmű definiálására. Ennek alapján javasolható egy finomabb értékelést lehetővé tevő szélesebb skála bevezetése. Zavaró ugyanis az értékelésben, hogy a DFD hús 2 pontot ér, míg a PSE hús 1 vagy szélsőséges esetben 0 pontot. Mindez azt sugallja, hogy a DFD hús kisebb probléma, mint a PSE, holott mindkettőt nem kívánatosnak kell tekinteni úgy a feldolgozó, mint a fogyasztó szempontjából.
7. Vizsgálataim eredményei alapján feltétlenül megfontolásra javasolom a pH mérési módszer fejlesztését, s a pH érték két tizedesjegy pontossággal történő mérését. Az egyedek közötti húsminőségi differenciák kimutatására az egy tizedesjegy pontossággal történő pH mérés nem látszik alkalmasnak.
8. Javasolom az Optostarral mért hússzín érték helyettesítését a CIELAB rendszer szerinti L*, a*, b* értékekkel, melyek a hússzín jobban definiált jellemzésére alkalmasak.
9. Javasolom a víztartó képesség értékelését a csepegési veszteség mérésével, és a mérés eredményének bevezetését az indexbe. A módszer mérése egyszerű, nem költségigényes. Bevezetését amiatt tartom indokoltnak, hogy az utóbbi évek során a vizsgálati adatok egyértelműen a víztartó képesség romlására utalnak, viszont a húsminőség jellemzésére jelenleg alkalmazott paraméterek egyike sem jellemzi megfelelő mértékben a víztartó képességet.
10. Vizsgálataim ugyan nem terjedtek ki rá, de javasolható az intramuszkuláris zsír mérésének felvétele a teljesítményvizsgálatokba. Javaslatomat azzal kívánom alátámasztani, hogy ez a paraméter döntően befolyásolja a színt, a víztartó képességet, a porhanyósságot és nem utolsó sorban az ízt. Fontosnak tartom ezzel kapcsolatosan azt is megemlíteni, hogy irodalmi adatok szerint jól öröklődő tulajdonságról van szó.

Javaslatok kutatók számára:

11. Húsminőségi vizsgálatok végzésekor szükségtelen az ivarok elkülönítése, mivel az általam elvégzett vizsgálatok eredményei szerint az ivar nem befolyásolja a húsminőséget.
12. A különböző vágás előtti tényezők húsminőségre kifejtett hatását feltételekkel kell értékelnünk. A kisüzemi és nagyüzemi körülmények között elvégzett vizsgálatok során statisztikailag is értékelhető mértékben eltérő eredmények születhetnek. Emellett az is lényeges, hogy ugyanannak a faktornak a szerepe az eltérő vágási feltételek mellett jelentősen más és más lehet. A fenti okok miatt a húsminőséggel kapcsolatos kísérletek eredményeinek a leírásakor a vágási körülményeket részletesen ismertetni szükséges és csak azonos technológia során nyert adatok vethetők össze.
13. A vágás előtti, jelentős izommunkával járó stresszhatások kimutatására a tejsav vérplazmából történő meghatározása jó jelzőértékű paraméter, amely egyúttal a rövid távú stresszhatások kimutatására is alkalmas.
14. A szervezet lipidperoxidációs státuszának és antioxidáns védőrendszerének változásai elsősorban a hosszútávú stresszhatások által bekövetkezett változások jellemzésére alkalmasak.
15. A hirtelen bekövetkező, de rövid távú stresszhatások (pl. elektromos ösztöke) hiperventillációval és szívfrekvencia emelkedéssel párosulnak, mely növekvő oxidatív terhelést jelent a szervezet számára. Ezek alapján a vvt. lipidperoxid és antioxidáns státuszának jellemzése javasolható az ilyen élettani változásokkal járó, rövidtávú stresszhatások értékelésére.
16. A PSE húshiba kimutatására a pH_1 érték önállóan nem alkalmas, mivel nem jellemzi a víztartó képességben fennálló különbségeket. Emiatt a PSE jellegű hús egyértelmű definiálására a pH_1 értéket és a csepegési veszteség együttes alkalmazását javasolom.
17. Adott hús és húsrész jellemzésekor nagy gondossággal kell megválasztani a mérés helyét, hiszen még anatómiailag egységes (azonos izom) húsokon belül is lehet eltéréseket tapasztalni. Javasolható az egyes húsrészek több méréssel való jellemzése. Léteznek továbbá már olyan speciális, kimondottan húsipari célra fejlesztett műszerek, melyek nagyobb felületet képesek jellemezni egyetlen méréssel.

9. Új tudományos eredmények

1. Megállapítottam, hogy a sertések stresszérzékenységét fokozó nagyhatású gének célirányos szelekcióval történt kiküszöbölése esetén a fajtahatás a pH-ra, hússzínre és víztartó képességre a hazai alapfajták esetében minimális, a feldolgozóipar számára jelentéktelen mértékű.
2. Vizsgálataim eredményei alapján kijelenthetem, hogy az elsődleges feldolgozás technológiája jelentősebb hatást gyakorolt a hasított testek pH-jára és víztartó képességére, mint akár a fajta, akár a vágás előtti tényezők.
3. Nagyüzemi vágóhídi technológia alkalmazásakor, stresszrezisztens állomány esetén a vágás előtti pihentetés hosszának - amennyiben az a lerakodást követő egy órát meghaladja - nincs mérhető hatása a végső húsminőségre.
4. A vágás előtti stresszhatások minimalizálása érdekében az általam elvégzett felmérések eredményei szerint elsődleges fontosságú a kábításhoz való terelés időtartama, míg annak eszköze arra csak lényegtelen hatást gyakorol.
5. Megállapítottam, hogy a PSE jellegű húshiba egyértelmű meghatározásához a 45. percben mért pH érték fontos, de nem elegendő paraméter, ahhoz szükséges a víztartó képesség meghatározása is.
6. Vizsgálataim során megállapítottam, hogy a karaj mérete és technológiai húsminősége (pH, hússzín, víztartó képesség) között még stresszrezisztens állomány esetében is negatív kapcsolat áll fenn.

10. Összefoglalás

Az élelmiszertermelést a fogyasztók igényei határozzák meg. A termelőnek és a feldolgozónak közös érdeke, hogy olyan termékeket állítsanak elő, amelyeket kedvező áron vásárolnak meg a hazai és nemzetközi piacokon. Az egyes húsipari termékeknél azonban különösen nehéz azonos minőséget biztosítani, hiszen a fő alapanyag, a hús minősége a számos befolyásoló tényező miatt ingadozó.

Dolgozatomban a különböző, döntően vágás előtti és azt követő tényezők szerepét vizsgálom a vágósertés stresszállapotára és húsminőségére. Többek között tanulmányozom a genotípus-, az ivar-, az év- és hónaphatást, az élőállat-szállítás, a vágás előtti pihentetés, a kábítást közvetlenül megelőző körülmények (kábításhoz terelés módja, alkalmazott eszközök) hatását, illetve a vágóhídi technológia, mint komplex faktor szerepét. Értékelem a húsminőségi paraméterek összefüggéseit, illetve azok alkalmasságát a tényleges, fogyasztó által is érzékelhető húsminőségre.

A genotípus és ivar hatása a húsminőségre

A szakirodalom ellentmondó adatokat tartalmaz a genotípus húsminőségre kifejtett hatására vonatkozóan. Ugyanakkor a fajta pH-ra, színre és víztartó képességre kifejtett hatását indokolt újra értékelni, mivel a nagyhatású, húsminőséget döntően befolyásoló génektől a legtöbb állományt sikerült mentesíteni.

A fajta és ivar hatását a technológiai húsminőségi paraméterekre (pH, szín, víztartó képesség) az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet atkári teljesítményvizsgáló állomásának adatbázisa segítségével végeztem el, az utóbbi 5 év (2000-2004) Hízékonysági és Vágási Teljesítményvizsgálatának (HVT) eredményeit felhasználva. Az összehasonlításba 7 különböző fajtát és keresztezési konstrukciót vontam be: magyar nagyfehér (MNF; n=5015), magyar lapály (ML; n=1392), duroc (D; n=241), pietrain (Pi; n=241), magyar nagyfehér x magyar lapály (MNFxML; n=1538) pietrain x hampshire (Pi x Ha; n=160) és pietrain x duroc (Pi x D; n=248). Az állatok hízlalásának és vágásának módszere megegyezett a Sertés Teljesítményvizsgálati Kódex 5. (2004) előírásaival.

Szignifikáns mértékű ($P<0,001$) fajtahatást mutattam ki az összes vizsgált húsminőségi paraméter (pH_1, pH_2, hússzín, hűlési veszteség) esetében. A pH_1 és pH_2 értékek, továbbá a hússzín esetében ugyanakkor az eltérések annyira minimálisnak mondhatók, hogy azok a feldolgozó, illetve fogyasztó számára nem bírnak jelentőséggel.

Az egyes fajták összehasonlításakor értékeltem a húsminőségi hibák (PSE és DFD) gyakoriságát is. Legkedvezőbbnek a duroc fajta bizonyult, melynél a

teljes vizsgált időszak alatt PSE húshibát egyáltalán nem, míg DFD hibát is csupán egy alkalommal tapasztaltam. A Pi x Ha konstrukció esetében a PSE hús aránya magas volt (15 %), amely indokolható a keresztezésben szereplő fajták intenzív pH csökkenésre kifejtett hatásával. Rendkívül nagyszámú exudatív húst eredményezett a MNF x ML konstrukció is (16,25 %).

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a sertések stresszérzékenységét fokozó nagyhatású gének célirányos szelekcióval történt kiküszöbölése esetén a fajtahatás a pH-ra, hússzínre és víztartó képességre minimális, a feldolgozóipar számára jelentéktelen mértékű. A jövőt tekintve elmondható, hogy a hazai állomány teljes körű stresszérzékenységgel szembeni mentesítése tovább fogja csökkenteni a fajta szerepét a húsminőségi paraméterek tekintetében.

Az ivar vizsgálatánál ártányokat (n=7185) és kocákat (n=7229) hasonlítottam össze. A két vizsgált ivar között a húsminőségi paraméterek tekintetében statisztikailag igazolható különbség nem mutatható ki (P>0,05). Ezek alapján kijelenthető, hogy húsminőségi kísérletek, vizsgálatok, mérések tervezésekor, lebonyolításakor szükségtelen az ivarokat elkülönítetten kezelni, mivel azok azonosnak tekinthetőek a húsminőség szempontjából.

Az év és hónap hatása a húsminőségre

Az év- és hónaphatást a MNF és ML fajtákon értékeltem. Megállapítható, hogy az évhatás minden mért húsminőségi paraméter (pH, szín, víztartó képesség) esetében szignifikáns mértékű (P<0,001). A ML fajta esetében a vizsgált 10 éves időintervallum alatt jelentős javulást tapasztaltam a pH_1 esetében (1995: 5,91±0,23; 2005: 6,26±0,028). Az előrelépés egyértelműen a fajta stresszérzékenységgel szembeni szelekciójával indokolható. Mindkét fajta esetében megállapítható a víztartó képesség folyamatos romlása. Az utóbbi tíz évben közel 0,5 %-kal növekedett a hűlési veszteség (MNF: 2,196±0,493⇨2,770±0,658; ML: 2,335±0,603⇨2,981±0,656).

A hónap hatása a vizsgált húsminőségi paraméterek tekintetében szignifikáns mértékű (P<0,001). Az eltérések ugyanakkor mind a pH, mind a szín esetében gyakorlati szempontból elhanyagolhatóak. A téli hónapokban végzett vágások jellemzően mérsékelten sötétebb színt eredményezhetnek.

A hónaphatás legszembetűnőbb a hűlési veszteség esetében. A nyári hónapokban jellemzően kisebb a hús víztartó képessége, melyet szembetűnően igazol a hűlési veszteség emelkedése. Mindkét vizsgált fajta esetében július (MNF: 2,541±0,758; ML: 2,585±0,623) és augusztus (MNF: 2,559±0,648; ML: 2,531±0,641) eredményezte a legmagasabb hűlési veszteséget. A legkedvezőbb víztartó képességet a MNF fajta esetében januárban (2,139±0,680), a ML fajta esetében pedig márciusban (2,229±0,565) lehetett kimutatni.A nyári hónapok

egyértelműen rontják, míg a téli hónapok javítják a hasított testek víztartó képességét.

A szállítás és pihentetés hatása a stresszállapotra és húsminőségre

A részvizsgálatban értékeltem a szállítás és a pihentetési idő hatását vágósertések stresszállapotára és húsminőségére. Azonos genotípusú, vegyesivarú sertéseket a beszállítást követően két csoportra osztottam a pihentetési idő függvényében (1 vs 16 óra; n=40). Vérmintát három alkalommal vettem (szállítás előtt, után és elvéreztetéskor), melyből meghatároztam a kortizol, NEFA, tejsav, glükóz, C-vitamin, MDA, GSH, és GSHPx szintjét. A húsminőség jellemzésére az általános elfogadott paramétereket mértem (pH_1, pH_2, T, L^*, a^*, b^*) a vágást követő 45. percben és 24. órában a karajban és combban.

A vizsgált élettani paraméterek változásai alapján kijelenthető, hogy a szállítás komoly stresszhatást jelent az állatok számára. Bizonyítja ezt, hogy a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese-kéreg tengely aktiválódásának eredményeképpen emelkedett a vérplazma kortizol szintje (138,78±41,36 nmol/l ⇨ 170,12±60,13; P<0,001). A szállítás hatása kimutatható volt a szervezet antioxidáns védőrendszerére is. A jelentős oxidatív terhelés következményeképpen a GSH szintje mind a vérplazmában (2,58±0,56 µmol/g feh. ⇨ 2,10±0,79; P<0,05), mind a vvt. hemolizátumban (4,09±1,16 µmol/g feh. ⇨ 2,16±0,66; P<0,001) szignifikáns mértékben csökkent. A GSH szint csökkenésének hátterében annak szintézisében bekövetkező zavarok – aminosav felvétel hiánya -, illetve a nem enzimatikus oxidáció állhat. Hasonló csökkenést észleltünk a másik vízoldékony antioxidáns, a C-vitamin (126,54±50,28 µg/ml ⇨ 102,31±25,25; P<0,05), esetében is. Az eltérő pihentetési idő ugyanakkor nem, vagy csak minimális eltéréseket eredményezett a vérben mért, illetve a húsminőségi paraméterek esetében.

Az általam elvégzett vizsgálatok eredményei alapján levonható az a következtetés, hogy stresszrezisztens állomány esetén a vágás előtti pihentetés hosszának - amennyiben az a lerakodást követő egy órát meghaladja - nincs mérhető hatása a végső húsminőségre.

Az elektromos ösztöke használatának a hatása a stresszállapotra és húsminőségre

A kísérletben a felhajtáskor használt terelőeszköz (elektromos ösztöke) hatását értékeltem a vágósertés stresszállapotára és húsminőségére. Azonos módon szállított és pihentetett sertéseket tereltünk (A) elektromos ösztöke használatával (n=20), illetve (B) mellőzésével (n=20) a kábításhoz.

Vérmintát két alkalommal vettem: kábítás előtt 1 órával és elvéreztetéskor. A mért paraméterek, illetve a húsminőségi mérések megegyeztek az előző kísérletben leírtakkal.

Az ösztöke alkalmazásával terelt csoportnál, a kortizol esetében lényegesen alacsonyabb vérplazma szintet tapasztaltam (A: 122,75± 48,11 vs. B:162,39±41,18 nmol/l). Mindez indokolható a két különböző felhajtási mód időtartambeli eltérésével. Az ösztöke mellőzése esetén az állatok felhajtása négyszer annyi időt vett igénybe. A vérplazma tejsav tartalma a kábításra történő felhajtás eredményeképpen közel háromszorosára emelkedett (3,38±1,83⇨A:12,9±5,02; B:10,45±4,11) mindkét csoportban, ami azt bizonyítja, hogy stressz hatására már élő állapotban is megkezdődött az izmok tejsavtermelése.

Az ösztökehasználat ugyanakkor a szervezet számára nagyobb oxidatív terhelést jelentett, melyet a megnövekedett MDA és redukált glutation szint, és a megemelkedett glutation-peroxidáz aktivitás bizonyít. Az ösztöke használat, mint rövid idejű, de ugyanakkor nagyon erős stresszhatás bizonyítottan hiperventillációt és megemelkedett szívfrekvenciát okoz, ami a szervezetnek igaz rövid idejű, de jelentős oxidatív terhelést jelent.

Az ösztökehasználat annak ellenére, hogy egyes vérparamétereknél jelentős eltéréseket eredményezett, mégsem okozott különbséget a húsminőségi paraméterek tekintetében.

A vágás előtti stresszhatások minimalizálása érdekében az általam elvégzett felmérések eredményei szerint elsődleges fontosságú a kábításhoz való terelés időtartama, míg annak eszköze arra csak lényegtelen hatást gyakorol.

A vágási technológia hatása a húsminőségre

Gyakran tapasztalható, hogy az egyes ante- és postmortális műveletek hatását eltérő módon értékelik. Jellemző, hogy kísérleti vágóhidakon, ahol a lassabb feldolgozás és főleg a kézi munkavégzés a domináns, a kisebb eltérések is szignifikáns különbségeket eredményeznek. Nagy vágóhidakon, ahol számos gépi műveletet hajtanak végre, gyakran jelentősen megemelve a vágott testek maghőmérsékletét, a legtöbb vágás előtti tényező önálló hatását már nem lehet kimutatni. Ezek alapján a részvizsgálat fő célkitűzése a vágási technológia, mint komplex faktor összehasonlítása és hatásának értékelése a húsminőségre.

A kísérletben alkalmazott ún. (A) kisüzemi és (B) nagyüzemi technológia több szempontból különbözött egymástól, így eltérő volt a pihentető karám és a kábítóberendezés közötti távolság (A: 5 m vs B: 30 m), a terelés (A: terelőbottal *vs.* B: elektromos ösztökével) és a kábítás módja (A: kézi elektromos *vs.* B: automata elektromos), illetve a hűtőbe kerülés időpontja (A: 46 perc *vs.* B: 54

perc). Az állatoktól egy alkalommal, az elvéreztetés pillanatában vettem vért. A húsminőségi mérések megegyeztek a korábban ismertetettekkel.

A kis- és nagyüzemi vágás összehasonlításakor a vérben mért paraméterek közül a tejsavban tapasztaltam szignifikáns különbséget (A: 9,74±3,23; B: 13,09±4,00; P<0,01). A nagyüzemi vágásnál alkalmazott lényegesen hosszabb felhajtási út több izommunkát igényelt az egyébként zárt, kevés mozgást biztosító tartásban nevelt állatoktól.

A húsminőségre a vágóhídi technológiának jelentős hatása volt. A különböző vágóhídi műveletek eredményeképpen jelentős eltéréseket sikerült kimutatnom: a kisüzemi vágási technológia egyértelműen kedvezőbbnek mutatkozott a pH (pH_{1comb} A: 6,47±0,14; B: 6,28±0,21; P<0,01) és a csepegési veszteség tekintetében (A: 4,05±0,99 vs. 4,81±1,22), továbbá a szín esetében ha minimálisan is, de szintén kedvezőbb volt. A végső húsminőség ilyen irányú alakulása a hasított testek hűtőbe kerülésének eltérő időpontjából adódhatott. A kisüzemi vágás gyorsabban zajlott le, a hasított testek hűtése hamarabb megkezdődött, melynek eredménye a pH csökkenés korábbi befejeződése, így a magasabb végső pH érték.

A húsminőségi paraméterek összefüggései, a húsminőség mérésének és értékelésének lehetőségei

Az egyes húsminőségi tulajdonságok egymástól nem függetlenek, közöttük kapcsolat áll fenn. A vágóérték és a húsminőség kapcsolatát stresszérzékeny állományok esetében már korábban is bizonyították, ugyanez viszont nem mondható el rezisztens sertések esetében. Az előbbiekben említett részvizsgálatok során nagy számú húsminőségi és élettani paramétert mértem, melyek alapján lehetőségem volt értékelni az azok között fennálló kapcsolatokat, illetve alkalmasságukat az adott hús, húsrész értékelésére.

A 45. percben mért értékek, azaz a pH és az izommaghőmérséklet között közepes negatív korreláció áll fenn (r=-0,46), azaz a hőmérséklet emelkedése növeli a *post mortem* folyamatok intenzitását, gyorsítva a pH érték csökkenését. A 24. órában mért pH az összes végső húsminőséget jelző paraméterrel összefüggést mutat. A legszorosabb a kapcsolat a hús világossági értékével (r= -0,83). A kapcsolat a két paraméter között fordított: minél tovább tart a *post mortem* metabolizmus, annál világosabb lesz az adott húsrész színe. A víztartó képesség közepes korrelációt mutat mind a pH_2-vel (r=-0,57), mind a húsvilágossági értékkel (r=0,67), azaz az alacsonyabb pH és a világosabb szín a hús exudatív jellegével jár együtt.

A húsminőség és a vágóérték (SZHA, szalonnavastagság) között laza korrelációs koefficienseket számítottam. Ugyanakkor a karaj tömegének (A: kis < 4kg; B: közepes 4-5 kg; C: nagy > 5 kg) a húsminőségi paraméterekre gyakorolt hatását vizsgálva, azt tapasztaltam, hogy a növekvő karajméret romló

húsminőséget eredményez. A nagyobb méretű karaj alacsonyabb pH_1 (A: 6,11±0,26; B: 6,03±0,22; C: 6,00±0,21; P<0,001) és pH_2 (A: 5,80±0,16; B: 5,77±0,14; C: 5,75±0,13; P<0,001) értéket, világosabb húst (A: 67,01±5,58; B: 66,77±5,761; C: 65,83±5,908; P<0,001) és romló víztartó képességet (A: 2,247±0,585; B: 2,326±0,598; C: 2,392±0,603; P<0,001) okoz. Ez a tendencia megegyezik a stresszérzékeny állatoknál tapasztaltakkal, bár a vágóérték húsminőségre kifejtett hatása jelen esetben kisebb. A nagyobb méretű karaj rendszerint mérsékeltebb hűlési tulajdonságokkal rendelkezik, aminek következményeként tovább tarthat a pH csökkenés.

A különböző húsrészek eltérő húsminősége közismert. Vizsgálataim során azonban azt tapasztaltam, hogy azonos húsrészen belül is eltérő lehet a húsminőség. A mérési pont szignifikáns hatását mutattam ki a pH_{24} (P<0,05) és a piros szín (a^*) esetén (P<0,01). A karajon belül jellemzően a belső pontok alacsonyabb pH-júak, és világosabb színűek. A jelenség hátterében szintén a hűlési tulajdonságok állhatnak. A belső részek lassabban hűlnek, emiatt tapasztalható kedvezőtlenebb húsminőség ezeken a pontokon.

A hazai teljesítményvizsgálatokban alkalmazott érzékszervi bírálat alkalmassága a húsminőség értékelésére az általam elvégzett elemzések adatai alapján erőteljesen megkérdőjelezhető. A statisztikai elemzés eredményeiből ugyanis egyértelműen kitűnik, hogy a bíráló döntésének alapja a hús színe (r=0,35-0,44). A PSE jellegből adódó világos hússzínt a bíráló egyértelműen nem kívánatosnak tartja. Érdekesség, hogy a DFD jellegből eredő sötétebb hússzínt nemcsak hogy nem ítélik hátrányosnak, hanem kifejezetten kívánatosnak értékelik a pontozás során. Mindezt alátámasztja az a megfigyelésem, hogy a DFD és normál húsok összehasonlításakor az előbbi csoport kapta a magasabb átlagos érzékszervi bírálati pontszámot (2,941±0,265 vs. 2,869±0,469).

11. Summary

Food production is determined by the consumers' need. The joint interest of the producers and processors is to produce products which will be bought at a good price both on the domestic and international markets. It is complicated to ensure the permanent quality of the meat products, because quality of the raw meat is influenced by several factors.

In my thesis the effects of different, mainly perimortal factors on the stress level and meat quality of slaughter pigs are evaluated. Beside others the effect of genotype, gender, year and month, transportation, lairage, as well as the different tools used for driving animals to stunning and the complete slaughtering technology were studied. I have also evaluated the correlation between the different meat quality parameters and their suitability to describe the real, consumer oriented meat quality.

Effect of genotype and gender on meat quality

Contradictory results can be found in the scientific literature concerning the effect of genotype on meat quality. It is important to reevaluate the effect of breed on pH, meat colour and water holding capacity (WHC), because the major genes influencing meat quality have been eliminated from most of the pig stocks.

I studied the effect of genotype and gender on meat quality (pH, colour, WHC) using the database of the swine test station located in Atkár, controlled by the National Institute for Agricultural Quality Control. The data of Growing and Slaughtering Tests of the last five years (2000-2004) were processed. Seven breeds were involved in the evaluation: Hungarian Large White (HLW; n=5015), Hungarian Landrace (HL; n=1392), Duroc (D; n=241), Pietrain (Pi; n=241), Hungarian Large White x Hungarian Landrace (HLWxHL; n=1538) Pietrain x Hampshire (Pi x Ha; n=160) and Pietrain x Duroc (Pi x D; n=248). The raising and slaughtering of the animals were carried out according to the instructions of the Hungarian Pig Test Codex .

All of the measured meat quality parameters (pH_1, pH_2, meat colour, cooling loss) were influenced significantly ($P<0.001$) by the genotype. However, variances in the pH_1, pH_2 and meat colour were so low, having no meaning for the consumers and processors.

Frequency of PSE and DFD meat was also calculated. The Duroc breed showed the best results: no PSE and only one DFD meat occurred during the studied period. The Pi x Ha genotype showed the highest frequency of PSE meat (18 %), which can be caused by the negative effect on pH decline of both the Pi and

Ha breeds. Also high frequency of PSE was experienced in case of the HLW x HL genotype (16.25 %).

According to the results, it can be stated, that after the elimination of the major genes responsible for stress susceptibility, the effect of genotype on pH, meat color and water holding capacity is minimal, and for the food industry it is insignificant. After the complete elimination of the stress susceptibility from the domestic breeds, the effect of genotype on meat quality will further decrease.

During the evaluation of gender on meat quality barrows (n=7185) and sows (n=7229) were compared. Findings did not reveal any difference between the genders considering meat quality (P>0.05). According these results, when meat quality experiments are planned, there is no need to separate the genders; they can be handled in one group.

The effect of year and month on meat quality

I studied the year and month effect in HLW and HL breeds. Significant (P<0.001) year effect was found for the measured meat quality parameters (pH, colour, WHC). Remarkable development has occurred in the HL breed concerning the pH_1 values (1995: 5.91±0.23; 2005: 6.26±0.028). This increase is caused by the selection program carried out during the last ten years to eliminate the stress susceptibility from this breed. Continuous reduction of WHC can be recognized in both genotypes. During the last ten year the cooling loss increased with almost 0.5 % (HLW: 2.196±0.493⇨2.770±0.658; HL: 2.335±0.603⇨2.981±0.656).
The month of slaughtering influences all of the measured meat quality parameters (P<0.001), however the differences are unremarkable in case of the pH and colour. Meat colour is usually darker in the winter months.
The month effect is the most remarkable for the cooling loss. During the summer months, WHC of the meat is lower than in winter, which is confirmed by the significant increase in the cooling loss. Both breeds showed the highest cooling loss in July (HLW: 2.541±0.758; HL: 2.585±0.623) and August (HLW: 2.559±0.648; HL: 2.531±0.641). The findings have revealed the best WHC values in January (HLW: 2.139±0.680) or in March (HL: 2.229±0.565). It can be concluded that summer months reduce but winter months improve the WHC of meat.

Effect of transportation and lairage on stress level and meat quality

I studied the effect of transportation and lairage time on the stress level and meat quality of slaughter pigs. Pigs of the same genotype (n=40) were divided into two groups after the arrival at the slaughter-house: 1 hour vs. 16 lairage. Blood samples were taken three times: before and after transportation and during bleeding. The following parameters were measured: the level of cortisol, NEFA, lactate, glucose, Vitamin C, MDA, GSH and the activity of GSHPx. To

describe meat quality the common parameters (pH_1, pH_2, T, L^*, a^*, b^*) were measured 45 minutes and 24 hours after stunning in the loin and ham.

According to the results of biochemical analyses, transportation caused marked stress in the animals. It is confirmed by the increased cortisol level (138.78±41.36 nmol/l ⇨ 170.12±60.13; P<0.001) resulting from the activation of the hipotalamo-pituitary-adreno-cortex axis. Transportation influenced also the antioxidant status of the animals. As the result of remarkable oxidative load, the level of GSH was reduced significantly both in the blood plasma (2.58±0.56 µmol/g protein ⇨ 2.10±0.79; P<0.05) and in the red blood cell hemolizate (4.09±1.16 µmol/g protein. ⇨ 2.16±0.66; P<0.001). The reduced GSH level can be explained by its reduced synthesis (the lack of amino acid intake) and by its non-enzymatic oxidation. Similar reduction was experienced in the Vitamin C concentraton (126.54±50.28 µg/ml ⇨ 102.31±25.25; P<0.05). At the same time lairage time did not influence the other measured biochemical and meat quality parameters

Based on the results, it can be concluded, that in stress resistant pigs lairage time – if it exceeds one hour – does not have measurable effect on meat quality.

Effect of electric goad on stress level and meat quality

In this experiment I studied the effect of the electric goad used during driving the animals to stunning on stress level and meat quality. Pigs transported and lairaged according to the same method were driven to the stunning (A) with (n=20) and (B) without (n=20) using of an electric goad.

Blood samples were taken twice: first 1 hour prior to stunning and twice during bleeding. The measured biochemical and meat quality parameters were the same as in the previous experiment.

The group driven by the goad a much lower cortisol level was measured in the blood plasma (A: 122.75± 48.11 vs. B:162.39±41.18 nmol/l). This could be explained by the time required for driving the whole group through the stunning, which was four times longer in group B. Due to the stress, lactate content of blood plasma has increased three times in both groups. This might be the result of the lactate production in the muscles, which has already started before stunning.

At the same time, the use of the electric goad has caused oxidative load, which is shown by the increased MDA and GSH level, and by the enhanced GSHPx activity. Using electric goad means short, but very intensive stress causes hyperventilation and increases heart rate, which results in a remarkable oxidative load.

Although using of electric goad caused significant differences in many biochemical parameters, no difference in the meat quality was found. As it is

shown by my results, to decrease stress prior stunning to an acceptable level, time of driving animals to stunning is more important, than the used tools.

Effect of slaughtering technology on meat quality

It is common that evaluation of the effect of many ante and post mortem factors are not uniform. At experimental slaughter houses, where the processing technology is usually slower and most of the procedures are carried out manually, even small changes can cause variance in meat quality. In large-scale slaughter-houses, where the procedures often increase the temperature of the carcasses, it is more complicated to determine the effect of the different ante mortem factors separately. The main objective of this trial was to compare two different slaughtering technologies, as a complex factor on meat quality.

There were many differences between the so-called (A) small-scale and (B) large-scale technology. The distance between the lairage pen and the stunning device (A: 5m vs. 30 m), the way of driving (A: with a stick vs. B: with an electric goad) and stunning (A: manual vs. B: automatic) of animals, as well as the time required from the stunning to chilling were different (A: 45 minutes vs. B: 54 minutes). Blood samples were taken during bleeding. The measured biochemical and meat quality parameters were the same as it was described previously.

The findings reveal significant difference in lactate concentration of blood plasma (A: 9.74±3.23; B: 13.09±4.00; $P<0.01$). In case of the large-scale group the longer way from the lairage pen to the stunning device required more muscle work from the animals, raised indoor, restricted conditions.

Slaughtering technology has significant effect on meat quality. Large-scale technology seems to be more advantageous in case of pH (pH_{1ham} A: 6.47±0.14; B: 6.28±0.21; $P<0.01$), drip loss (A: 4.05±0.99 vs. 4.81±1.22) and meat colour, however by the last one the difference was minimal. These results can be explained by the differences in the speed of the two slaughtering technology. The small-scale slaughtering was faster, the carcasses were conveyed to the cooler earlier, which stopped the pH decline sooner and resulted in a higher pH.

Relationship between the meat quality parameters, measuring and evaluating of meat quality

The different meat quality parameters are not independent from each other, there is a relationship among them. The correlation between slaughter value and meat quality is confirmed in stress susceptible animals, but not in stress resistant ones. During the above mentioned experiments several meat quality parameters were measured in a large number of animals, thus I had the possibility to evaluate the correlation between them, and to declare their suitability to describe meat quality.

The parameters measured at 45th minute, such as the pH and meat core temperature, findings reveal a moderate, negative correlation (r=0.46). It means that at higher temperature the intensity of post mortem metabolism is increased and the pH decline is accelerated. The pH_{24} shows correlation with the parameters describing the final meat quality. The strongest correlation was found with meat lightness value (r=-0.83). It means that a longer post mortem metabolism can cause a paler meat. The WHC shows moderate correlation with meat lightness value (r=0.67), and with ultimate pH (r=-0.57), thus low pH value and paler meat usually attached with an exudative character.

Low correlation coefficients were found between meat quality and slaughter value (lean meat content, backfat thickness). On the other hand, when the effect of loin weight (A: small < 4kg; B: medium 4-5 kg; C: large > 5 kg) on meat quality was examined I found that higher loin weight usually cause inferior meat quality. Larger loin has indicated lower pH_1 (A: 6.11±0.26; B: 6.03±0.22; C: 6.00±0.21; P<0.001) and pH_2 (A: 5.80±0.16; B: 5.77±0.14; C: 5.75±0.13; P<0.001) values, paler meat (A: 67.01±5.58; B: 66.77±5.761; C: 65.83±5.908; P<0.001) and inferior water holding capacity (A: 2.247±0.585; B: 2.326±0.598; C: 2.392±0.603; P<0.001). This tendency agrees with the one experienced in the stress susceptible animals, however the effect is lower. Usually larger loin has moderate cooling properties, which can cause longer pH decline.

It is well known, that the different meat parts of the carcass can show different meat quality. During my examinations I experienced differences in the meat quality within one muscle. Findings reveal a significant effect of the measuring point on pH_{24} (P<0.05) and on red colour (a*, P<0.01). Usually the medial parts of the loin show lower pH and lighter colour. It is caused by the differences in the cooling properties, which means that the interior parts cool down slower, causing inferior meat quality.

According to my results suitability of the sensory analyses carried out in the national pig tests to evaluate meat quality is uncertain. In the statistical analyses I found that the judge mainly evaluates the meat only by its colour (r=0.35-0.44). This is the reason that the PSE meat was undesirable in most of the evaluations. While the DFD meat was usually not considered undesirable, moreover it got often higher scores. Comparing the DFD meat with the normal quality, the previous one got a higher sensory score (2.941±0.265 vs. 2.869±0.469), because of its darker colour.

M1. Felhasznált irodalom

Aalhus, J.L:, Jones, S.D.M., Robertson, W.M., Tong, A.K., Sather, A.P. (1991): Growth characteristics and carcass composition of pigs with known genotypes for stress susceptibility over a weight range of 70 to 120 kg. Animal Production, 52, 347-353.

Aaslyng, M.D., Barton-Gade, P. (2001): Low stress pre-slaughter handling: effect of lairage time on meat quality of pork. Meat Science, 57, 87-92.

Abbott, T.A., Hunter, E.J., Guise, H.J., Penny, R.H.C: (1997): The effect of experience of handling on pigs' willingness to move. Applied Animal Behavioral Science. 54. 371-375.

Ahn, D.U. , Kim, S.M. (1998): Prooxidant effects of ferrous iron, hemoglobin, and ferritin on oil emulsion and cooked-meat homogenates are different from those in raw-meat homogenates. Poultry Science, 77, 348-355.

Armero, E., Flores, M., Barbosa, J.A., Toldra, F., Pla, M. (1998): Effect of terminal sire type and sex on pork muscle cathepsins (B, B+L and H). Meat Science, 51, 185-189.

Asghar, A., Gray, J.I., Booren, A.M., Gomaa, E.A., Abouzied, M.M., Miller, E.R., Buckley, D.J. (1991): Influence of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of alpha-tocopherol in the muscle and on pork quality. Journal of the Science of Food and Agriculture. 57. 31-41.

Augustini C., Fischer K. (1982): Physiological reaction of slaughter animals during transport (In: Current topics in veterinary medicine and animal science: Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Szerk.: Moss, R.), Martinus Nijhoff Publishers, London,:125-135.

Balogh K., Weber M., Erdélyi M., Mézes M. (2004): Effect of excess selenium supplementation on the glutathione redox system in broiler chicken. Acta Veterinaria Hungarica. 52. 403-411.

Barton-Gade, P. (1990): Danish experience in meat quality improvement. In Proceedings of the Fourth World Congress on Genetics applied to Livestock Production. Edinburgh, Scotland. Vol XV, 511-520.

Barton-Gade, P. (1997): The effect of pre-slaughter handling on meat quality of pigs. In Cranwell, P.D. (szerk.): Manipulating pig production (VI), S.R. Frankland, Melbourne, 100-123

Bendall, J.R., Wismer-Pedersen, J. (1962): Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. Journal of Food Science. 27. 144-159.

Bendal, J.R., Swatland, H.J. (1988): A review of the relationships of pH with physical aspects of prok quality. Meat Science, 24, 85-126.

Bertol, T.M., Ellis, M., Ritter, M.J., McKeith, F.K., Hamilton, D.N. (2006): Variation in glycolytic potential and fresh pork quality traits along the longissimus dorsi of slaughter weight pigs. Journal of Muscle Foods. 17

Bertram, H.C., Petersen, J.S., Andersen, H.J. (2000): Relationship between Rn- genotype and drip loss in meat from Danish pigs. Meat Science, 56, 49-55.

Bertram, H.C., Dønstrup, S., Karlsson, A.H., Andersen, H.J., Stødkilde-Jørgensen, H. (2001): Post mortem energy metabolism and pH development in porcine M.longissimus dorsi as

affected by two different cooling regimes. A ^{31}P-NMR spectroscopic study. Magnetic Resonance Imaging, 19, 993-1000.

Bertram, H.C., Purslow, P.P., Andersen, H.J. (2002): Relationship between meat structure, water mobility and distribution – a low field NMR study. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50, 824-839

Beuzen, N.D., Stear, M.J., Chang, K.C. (2000): Molecular markers and their use in animal breeding. The Veterinary Journal, 160, 42-52.

Borchert, L.L., Briskey, E.J. (1964): Prevention of pale, soft, exudative porcine muscle through partial freezing with liquid nitrogen post mortem. Journal of Food Science, 29, 203-209.

Brewer, M.S., Zhu, L.G., Bidner, B., Meisinger, D.J., McKeith, F.K. 2001. Measuring meat colour: effects of bloom time, muscle, pH and instrumental parameters. Meat Science, 57, 169-176.

Briskey, E.J. (1964): Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. Advances on Food Research, 13, 89-178.

Brown, M.R., Fisher, L.A. (1985): Corticotropin-releasing factor: effects on the autonomic nervous sytem and visceral systems. Federation Proceedings 44, 243-248.

Brown, S.N., Warris, P.D., Nute, G.R., Edwards, J.E., Knowles, T.G. (1998): Meat quality in pigs subjected to minimal preslaughter stress. Meat Science, 49, 257-265.

Brown, S.N., Knowles, T.G., Wilkins, L.J., Chadd, S.A., Warris, P.D. (2005): The response of pigs to being loaded or unloaded onto commercial animal transporters using three system. The Veterinary Journal. 170, 91-100.

Brownlie, S.E., Campbell, J.G., Head, K.W., Imlah, P., McTaggart, H.S., McVie, J.G. (1978): The effect of prednisolone on normal pig. European Journal of Cancer. 14, 567-578.

Cameron, N.D., Warris, P.D., Porter, S.J., Enser, M. 1990. Comparison of Duroc and British Landrace pigs for meat and eating quality. Meat Science*,* 27, 227-247

Candek-Potokar, M., Lefaucheur, L., Zlender, B., Bonneau, M. (2002) Effect of slaugter weight and/or age on histological characteristics of pig longissimus dorsi as related to meat quality. Meat Science. 52, 195-203.

Cannon, J.E., Morgan, J.B., Schmidt, G.R., Tatum, J.D., Sofos, J.N., Smith, G.C., Delmore, R.J., Williams, S.N. (1996): Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. Journal of Animal Science. 74, 98-105.

Casteels, M., van Oeckel, M., Boschaerts, L., Spincemaille, G., Boucque, C.V. (1995): The relationship between carcass, meat and eating quality of three pig genotypes. Meat Science, 40, 253-269.

Channon, H.A., Payne, A.M., Warner, R.D. (2000): Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. Meat Science, 56, 291-299.

Channon, H.A., Payne, A.M., Warner, R.D. (2002): Comparison of CO_2 stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. Meat Science, 60, 63-68.

Christensen, L.B. (2003): Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. Meat Science. 63, 469-477.

Christian, L.L. (1972): A review of the role of genetics in animal stress susceptibility and meat quality in Cassens, R.G., Giesler, F., Kolb, Q (szerk): Proceedings of the Pork Quality Symposium, University of Wisconsin, 91-115.

Ciobanu, D., Bastiaansen, J., Malek, M., Helm, J., Woolard, J. Plastow, G., Rotschild, M. (2001): Evidence for new alleles in the protein kinase AMP-activated, g3 sub-unit gene associated with low glycogen content in pig skeletal muscle and improved meat quality. Genetics. 159, 1151-1162.

Cooper T.R., Trunkfield H.R., Zanella A.J., Booth W.D. (1989): An enzyme-linked immunosorbent assay for cortisol in the saliva of man and domestic farm animals. Journal of Endocrinology, 123 (2). R13-R16

Copin, J.C., Gasche, Y., Chan, P.H. (2000): Overexpression of copper/zinc superoxide-dismutase does not prevent neonatal lethality in mutant mice that lack manganese superoxide-dismutase. Free Radicals in Biology and Medicine 28, 1571-1576.

Csató, L. (1998): A sertéshús minőségének javítása tenyésztési eljárásokkal. Agro-21 Füzetek. 18. 66-72.

Csernus, V. (1982): Antibodies of high affinity and specificity for radioimmunological determination of progesterone, testosterone, estradiol-17 and cortisol. In: Görög, S. (szerk.): Advances in steroid analysis I. Akadémiai Kiadó, Budapest, 171-177.

Dalin A.M., Magnusson U., Haggendal J., Nyberg L. (1993): The effect of transport on plasma-levels of catecholamines, cortisol, corticosteroid-binding globulin, blood-cell count and lymphocyte-proliferation in pigs. Acta Veterinaria Scandinavia, 34, 59-68.

Day, J.E.L., Spoolder, H.A.M., Burfoot, A., Chamberlain, H.L., Edwards, S.A. (2002): The separate and interactive effects of handling and environmental enrichment on the behaviour and welfare of growing pigs. Applied Animal Behavioural Sciences. 75, 177-192.

de Vries, A.G., van der Wal, P.G., Long, T., Eikelenboom, G., Merks, J.W.M. (1994): Genetic parameters of pork quality and production traits in yorkshire populations. Livestock Production Science. 40, 277-289.

Deng, Y., Rosenvold, K., Karlsson, A.H., Horn, P., Hedegaard, J., Steffensen, C.L., Andersen, H.J. (2002): Relationship between thermal denaturation of porcine muscle proteins and water-holding capacity. Journal of Food Science, 67, 1642-1647.

DeSouza, E.B., Grigoradis, D.E., Webste, E.L. (1991): Role of brain, pituitary and spleen corticotropin-releasing factor receptor in the stress response. In: Jasmin, G., Cantin, M. (szerk.): Stress Revisited 1. Neuroendocrinology of Stress. Methods Achieve Experimental Pathology, Vol. 14. Karger, Basel, 23-44.

Dransfield, E., Ledwith, M.J., Taylor, A. A. (1991): Effect of electrical stimulation, hip suspension and ageing in chilled meat. Meat Science, 29, 129-139.

D'Souza, D.N., Dunshea, F.R., Warner, R.D., Leury, B.J. (1998a): The effect of handling pre-slaughter and carcass processing rate post-slaughter on pork quality. Meat Science, 50, 429-437.

D'Souza, D.N., Warner, R.D., Dunshea, F.R., Leury, B.J. (1998b): Effect of on-farm and pre-slaughter handling of pigs on meat quality. Australian Journal of Agricultural Research, 49, 1021-1025.

D'Souza, D.N., Mullan, B.P. (2002): The effect of genotype , sex and management strategy on the eating quality of pork. Meat Science, 60, 95-101.

Dworschák E., Lugasi A., Blázovics A., Bíró Gy., Biacs P., Zsinka Á. (1988): Szabadgyök reakciók vizsgálata húsipari termékekben. Élelmezési Ipar 42, 342-345.

Eikelenboom, G., Minkema, D. (1974): Prediction of pale soft, exudative muscle with a non-lethal test for the halothane-induced porcine malignant hyperthermia syndrome. Tijdschrift voor Diergeneeskunde, 99, 421-426

Eikelenboom, G., Bolink, A.H., Sybesma, W. (1991): Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. Meat Science, 29, 25-30.

Eldridge, G.A., Ball, C.I., Knowles, H.M. (1993): The influence of some processing procedures on pig meat quality. In Batterham, E.S. (szerk.): Manipulating Pig Production IV. Australian Pig Science Association, Attwood, Victoria, 177.

Ellis, M., Webb, A.J., Avery, P.J., Brown, I. (1996): The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter-weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properites of fresh pork. Animal Science. 62, 521-530.

Entfält, A.C., Lundström, K., Hansson, I., Johansen, S., Nyström, P.E. (1997): Comparison of non-carriers and heterozygous carriers of RN-allele for carcass composition, muscle distribution and technological meat quality in Hampshire-sired pigs. Livestock Production Science, 47, 221-229.

Ernst, C.W., Robic, A., Yerle, M., Wang, L., Rotschild, M.F. (1998): Mapping of calpastatin and three microsatellites to porcine chromosome 2q2-q2.4. Animal Genetics, 29, 212-215.

Faucitano, L. (1998): Preslaughter stressors effects on pork: a review. Journal of Muscle Foods, 9, 293-303.

Faucitano, L. (2001): Causes of skin damage to pig carcasses. Canadian Journal of Animal Science, 81, 39-45.

Fennema, O. R. (1985). Water and ice. In O. R. Fennema (Ed.), Food chemistry. New York: Marcel Dekker Inc.

Fernandez, X., Tornberg, E., Mågård, M., Göransson, L. (1992): Effect of feeding a high level of sugar in the diet fort he last 12 days before slaughter on muscle glycolytic potential and meat quality traits in pigs. Journal of the Science of Food and Agriculture, 60, 135-138.

Fésüs, L. (2000): A direkt géntesztek és a markervizsgálatok gyakorlati alkalmazása in Fésüs L., Komlósi I., Varga L., Zsolnai A.: Molekuláris genetikai módszerek alkalmazása az állattenyésztésben. Agroinform Kiadó, Budapest, 142-172.

Fésüs, L. (2005): Személyes közlés

Fischer, K., Augustini, C., McCormick, R. (1988): Effect of fasting time before slaughter ont he quality of pigmeat. Fleischwitrschaft, 68, 485-488

Fisher, L.A., Rivier, J., Rivier, C., Spiess, J., Vale, W., Brown, M.R. (1982): Corticotropin-releasing factor (CRF): central effects on mean arterial pressure and heart rate in rats. Endocrinology, 11, 2224.

Fisher, A.V., Pouros, A., Wood, J.D., Young, B.K., Sheard, P.R. (2000): Effect of pelvic suspension on three major leg muscles in the pig carcass and implications for ham manufacture. Meat Science, 56, 127-132.

Fouilloux, M.N., Le Roy, P., Gruand, J., Renard, C., Sellier, P., Bonneau, M. (1997): Support of single major genes influencing fat androstenone level and development of bulbo-urethal glands in young boars. Genetics Selection Evolution, 29, 357-366.

Fujii, J., Otsu, K., Zorzato, F., de Leon, S., Khanna, V.K., Weiler, J.E., O'Brien, P.J., MacLennan. D.H. (1991): Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. Science, 253, 448-451.

Fraqueza, M.J., Roseiro, L.C., Almeida, J., Matias, E., Santos, C., Randall, J.M. (1998): Effects of lairage temperature and holding time on pig behaviour and on carcass and meat quality traits. Applied Animal Behaviour Science, 60, 317-330.

Gallwey, W.J., Tarrant, P.V., McMahon, P. (1977): Pigmeat quality and yield in relation to pre-slaughter sugar feeding. Irish Journal of Food Science and Technology, 1, 71-77.

García-Macías, J.A., Gispert, M., Oliver, M.A., Diestre, A., Alonso, P., Munoz-Luna, A., Siggens, K., Cuthbert-Heavans, D. (1996): The effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and feat quality in pig carcasses. Animal Science, 63, 487-496.

Gardner, G.A., Cooper, T.J.H. (1979): An evaluation of feeding liquid sugar to pigs lairaged overnight before slaughter. In Proceedings of the 25th European Meeting of Meat Research Workers. Budapest, 5-8.

Garnier, J.P., Klont, R., Plastow, G. (2003): The potential impact of current animal research on the meat industry and consumer attitudes towards meat. Meat Science, 63, 79-88.

Gasztonyi K., Lásztity R. (1993): Élelmiszerkémia 2.; Mezőgazda Kiadó, Budapest 121-186.

Geers, R., Bleus E., Vanschie T., Ville H., Nackaerts G., Decuypere E., Jourquin J., Gerard H., Janssens S.(1994): Transport of pigs different with respect to halothane genestress assessment. Journal of Animal Science, 72, 2552-2558.

Gerbens, F., Rettenberger, G., Lenstra, J.A., Veerkamp, J.H., Te Pas, M.F.W. (1997): Characterization, chromosomal localisation, and genetic variations of the porcine heart fatty acid-binding protein gene. Mammalian Genome, 8, 328-332.

Grandin,T. (1993):Handling and welfare in slaughter plants. In: Grandin, T. (szerk.) Livestock Handling and Transport. CAB International, Wallingford, 289-311.

Guardia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A. (2004): Risk assessment of PSE condition due top re-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. Meat Science. 67, 471-478.

Guardia, M.D., Estany, J., Balasch, S.,. Oliver, M.A, Gispert, M., Diestre A. (2005): Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. Meat Science. 70, 709-716.

Guise, H.J., Penny, R.H.C. (1989): Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs. 2. Mixing unfamiliar pigs. Animal Production, 49, 511-515.

Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. (1984): Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. Biochemical Journal, 219, 1-14.

Hallund, O., Bendall, J.R. (1965): The long-term effect of electrical stimulation on the post-mortem fall of pH in muscles of Landrace pigs. Journal of Food Science, 30, 296-299.

Hambrecht, E.G., Eissen, J.J., Verstegen, M.W.A. (2003): Effect of processing plant on pork quality. Meat Science. 64, 125-131.

Hambrecht E., Eissen J. J.,. Newman D. J, Smits, C. H. M., den Hartog L. A., Verstegen M. W. A. (2005): Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. Journal of Animal Science. 83, 440–448.

Hamilton, D.N., Ellis, M., Miller, K.D., McKeith, F.K., Parrett, D.F. (2000): The effect of the Halothane and Rendement Napole genes on carcass and meat quality characteristics of pigs. Journal of Animal Science, 78, 2862-2867.

Hannula, T., Puolanne E. (2004): The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7 °C. Meat Science, 67, 403-408.

Henry, J.P., Stewens, P.M. (1977): Stress, health and social environment. A sociobiologic approach to medicine. Topics in environmental physiology and medicine. Springer, New York.

Herfort Pedersen, P., Oksjberg, N., Karlsson, A.H., Busk, H., Bendixen, E., Henckel, P. (2001): A within litter comparison of muscle fiber characteristics and growth of Halothane carriers and halothane free crossbred pigs. Livestock Production Science, 73, 15-24.

Honikel, K.O., Kim, C.J., Hamm, R. (1986) Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. Meat Science, 16, 267-282.

Hovenier, R., Kanis, E., Vannasseldonk, T., Westerink, N.G. (1992): Genetic parameters of pig meat quality traits in a halothane negative population. Livestock Production Science, 32, 309-321

Incze Z. (1996): A nyers hús színe és színstabilitása. In Húsipari Továbbképző Napok 7. A nyers hús, OHKI-Budapest, 135-146.

Janss, L.L.G., Van Arendonk, J.A.M., Brascamp, E.W. (1997): Bayesian statistical analysis for presence of single genes affecting meat quality traits in a crossed pig population. Genetics, 145, 395-408.

Jeon, J.T., Carlborg, O., Tornsten, A., Giuffra, E., Amerger, V., Chardon, P., Andersson-Eklund, L., Hansson, I., Lundstrom, K., Andersson, L. (1999): A paternally expressed QTL affecting skeletal and cardiac muscle mass in pig maps to the IGF2 locus. Nature Genetics, 21, 157-158.

Jensen, C., Guidera, J., Skovgaard, I.M., Staun, H., Skibsted, L.H., Jensen, S.K., Moller, A.J., Buckley, A.J., Bertelsen, G. (1997): Effects of dietary alpha-tocopheryl acetate supplementation on alpha-tocopherol deposition in porcine *m. psoas major* and *m. longissimus dorsi* and on dripl loss, colour and oxidative stability of pork meat. Meat Science, 45, 491-500.

Jensen C., Flensted-Jensen, M., Skibsted, L.H., Bertelsen, G. (1998): Effects of dietary rape seed oil, copper sulphate and vitamin E on drip loss, colour and lipid oxidation of chilled pork chops packed in atmospheric air or in a high oxygen atmosphere. Meat Science, 50, 211-221.

Johannson-Møller, M., Chaudhary, R., Hellmen, E., Höyheim, B., Chowdhary, B., Andersson, L. (1996). Pigs with dominant white coat color phenotype carry a duplication of the KIT gene encoding the mast/cell growth factor receptor. Mammalian Genome, 7, 822-830.

Jones, S.D.M., Tong, A.K.W., Murray, A.C. (1987): Effects of blast-chilling carcasses of different weight and fatness on the appearance of fresh pork. Canadian Journal of Animal Science, 67, 13-19.

Joo, S.T., Kauffman, R.G., Kim, B.C. & Kim, C.J. (1995). The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine longissimus muscle. Journal of MuscleFoods*,* 6, 211-226.

Kauffmann, R.G., Cassens, R.G., Scherer, A., Meeker, D.L. (1992): Variations in pork quality: History, definition, extent and resolution. Des Moines, IA: National Pork Producers Council.

Kauffmann, R.G., Sybesma, W., Smulders, F.J.M., Eikelenboom, G., Engel, B., van Laack, R.L.J.M., Hoving-Bolink, A.H., Sterrenburg, P., Nordheim, E.V., Walstra, P., van der Wal, P.G. (1993): The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality. Meat Science, 34, 283-300.

Kerth, C.R., Carr, M.A., Ramsey, C.B., Brooks, J.C., Johnson, R.C., Cannon, J.E., Miller, M.F. (2001): Vitamin-mineral supplementation and accelerated chilling effects on quality of pork from pigs that are monomutant or noncarriers of the halothane gene. Journal of Animal Science, 79, 2346-2355.

Kim, K.S., Larsen, N., Short, T., Plastow, G., Rotschild, M.F. (2000): A missense variant of the porcine melacortonin-4 Receptor (MC4R) gene associated with fatness, growth and feed intake traits. Mammalian Genome, 11, 131-135

Klont, R.E., Plastow, G.S., Wilson, R., Garnier, J.P., Soscinki, A.A. (2001): Prediction of pork quantity and quality -bridging the gap between myogenesis and consumer science. In Proceedings of the 47th ICoMST, Cracow, 6-11.

Küchenmeister, U., Kuhn, G., Wegner, J., Nürnberg, G., Ender, K. (1999): Post mortem changes in Ca2+ transporting proteins of sarcoplasmatic reticulum in dependence on malignant hyperthermia status in pigs. Molecular and Cellular Biochemistry, 195, 37-46.

Küchenmeister, U., Kuhn, G., Ender, K. (2000): Seasonal effects on Ca2+ transport of sarcoplasmic reticulum and on meat quality of pigs with different malignant hyperthermia status. Meat Science, 55, 239-245.

Küchenmeister, U., Kuhn, G., Ender, K. (2004): Preslaughter handling of pigs and the effect on heart rate, meat quality, and SR-Ca^{2+} transport. In Proceedings of the 50th ISCoMST, Helsinki

Ladewig, J. (1994): Stress. In *Döcke, F.* (szerk.): Veterinärmedizinische Endokrinologie. Gustav Fischer, Jena, 379-398.

Lambooy, E.(1988): Road transport of pigs over a long distance: some aspects of behaviour, temperature and humidity during transport and some effects of the last two. Animal Production, 46, 275-263.

Langlois, A. & Minivielle, F. 1989. Comparisons of three-way and backcross swine: II. wholesale cuts and meat quality. Journal of Animal Science*,* 67, 2025-2032

Larzul, C., Le Roy, P., Gueblez, R., Talmant, A., Gogue, J., Sellier, P., Monin, G. (1997): Effect of halothane genotype (NN, Nn, nn) on growth, carcass and meat quality traits of pigs slaugthered at 95 kg or 125 kg live weight. Journal of Animal Breeding and Genetics, 114, 309-320.

Latorre, M.A., Lazaro, R., Gracia, M.I., Nieto, M., Mateos, G.G. (2003): Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics and meat quality of pigs slaughtered at 117 body weight. Meat Science. 65. 1369-1377.

Leach, L.M., Ellis, M., Sutton, D.S., McKeith, F.K., Wilson, E.R. (1996): The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of Halothane carriers and negative pigs. Journal of Animal Science, 74, 934-943.

Le Roy, P., Moreno, C., Elsen, J.M., Caritez, J.C., Billon, Y., Lagant, H., Talmant, A., Vernin, P., Amigues, Y., Sellier, P., Monin, G. (1999): Interactive effects of the HAL and RN major genes on carcass quality traits in pigs: preliminary results. In Proceedings of the 50th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Zurich

Le Roy, P., Elsen, J.M., Caritez, J.C., Talmant, A., Juin, H., Sellier, P., Monin, G. (2000): Comparison between the three porcine RN genotypes for growth, carcass composition and meat quality traits. Genetics Selection Evolution, 32, 165-186.

Lindahl, G., Lundström, K., Tornberg, E. (2001): Contribution og pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of prok loin and ham from pure breed pigs. Meat Science, 59, 241-151.

Locker, R.H., Hagyard, C.J. (1963): A cold shortening effect in beef muscles. Journal of the Science of Food Agriculture, 14, 787-793.

Lonergan, E.H., Lonergan, S.M.: Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Science, 71, 194-204.

Lowry, O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J. (1951): Protein measurement with the Folin phenol reagent. Journal of the Biological Chemistry, 193, 265-275.

Lundström, K., Essen_gustavson, B., Rundgren, M., Edfors-Lilja, I., Malmfors, G. (1989): Effect of halothane genotype on muscle metabolism at slaughter and its relationship with meat-quality: a within-litter comparison. Meat Science, 25, 251-263.

Lundström, K., Malmfors, B., Stern, S., Rydhmer, L., Eliasson-Selling, S., Mortensen, A.B., Mortensen, H.P. (1994): Skatole levels in pigs selected for high lean tissue growth rateon different dietary protein levels. Livestock Production Science, 38, 125-132.

Lundström, K., Andersson, L. 2001. The effect of the *RN* − allele on meat quality and how the gene was discovered. In *Proceedings 54th Annual Reciprocal Meat Conference* pp. 143-147. Publ. American Meat Science Association, 1111 North Dunlap Avenue, Savoy, IL 61874, USA

Matkovics, B., Szabó, L., Sz. Varga, I. (1988): Lipidperoxidáció és redukált glutation anyagcsere enzimek aktivitás meghatározása biológiai mintákban. Laboratóriumi Diagnosztika, 15, 248-250.

Marahrens M., Nowak B., Feldhusen F., Hartung J. (1997): Stress response of pigs during transport, lairage time and slaughter and its relationship to meat quality. Fleishwirtschaft, 77. 717-720.

Martel, J., Minvielle, F., Poste, L.M. (1988): Effects of crossbreding and sex on carcass composition, cooking properties and sensory characteristics of pork. Journal of Animal Science, 66, 41-46.

Martensson, J. (1986): The effect of fasting on leukocyte and plasma glutathione and sulphur amino acid concentration. Metabolism, 35, 118-125.

McCaw, J., Ellis, M., Brewer, M.S., McKeith, F.K. (1997): Incubation temperature effects on physical characteristics of normal, dark, firm, dry and halothane-carrier pork longissimus. Journal of Animal Science, 75, 1547-1552

McPhee, C.P., Daniels, L.J., Kramer, H.L., Macbeth, G.M., Noble, J.W. (1994): The effects of selection for lean growth and the halothane allele on growth performance and mortality of pigs in a tropical environment. Livestock Production Science, 38, 117-123.

Melody, J. L., Lonergan, S. M., Rowe, L. J., Huiatt, T. W., Mayes, M. S., Huff-Lonergan, E. (2004). Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. Journal of Animal Science, 82, 1195–1205.

Mihara, M., Uchiyama, M., Fukuzawa, K. (1980): Thiobarbituric acid value of fresh homogenate of rat as parameter of lipid peroxidation in ageing, CCl_4 intoxicati- on and vitamin E deficiency. Biochemical Medicine, 23, 302-311.

Milan, D., Jeon, J.T., Looft, C., Amager, V., Thelander, M., Robic, A., Robel-Gaillard, C., Paul, S., Iannuccelli, N., Rask, L., Ronne, H., Lundström, K., Reinsch, N., Gellin, J., Kalm, E., Le Roy, P., Chardon, P., Andersson, L. (2000): A mutation in an AMP-activated protein kinase g sub-unit is associated with excess glycogen in pig skeletal muscle. Science, 288, 1248-1251.

Milligan, S.D., Ramsey, C.B., Miller, M.F., Kaster, C.S., Thopson, L.D. (1998): Resting of pigs and hot-fat trimming and accelerated chilling of carcasses to improve pork quality. Journal of Animal Science, 76, 74-86.

Miller E. (2000): A glükokortikoidok helyes és helytelen használata az állatorvosi gyakorlatban, Magyar Állatorvosok Lapja, 8. 475-479.

Mitchell, G., Heffron, J.J.A. (1982): Porcine stress syndromes. Advances in Food Research, 28, 167-230.

Moeller, S.J., Baas, T.J., Leeds, T.D., Emnett, R.S., Irvin, K.M. 2003. Rendement Napole gene effects and a comparison of glycolytic potential and DNA genotyping for classification of Rendement Napole status in Hampshire-sired pigs. Journal of Animal Science, 81, 402-410.

Monahan, F.J., Asghar, A., Gray, D.J., Buckley, D.J., Morrissey, P.A. (1992): Influence of dietary vitamin E (alpha-tocopherol) on the colour stability of pork chops. Proceedings of 38th International Congress of Meat Science and Technology. Clermont-Ferrand, 543.

Monahan, F.J., Gray, J. I., Asghar, A., Haug, A., Strasburg, G.M., Buckley, D.J., Morrissey, P.A. (1994): Influence of diet on lipid oxidation and membrane structure in porcine muscle microsomes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42, 59-63.

Monin, G., Sellier, P., Bonneau, M. (1998): Trente ans d'évolution de la notion de qualité de la carcasse et de la viande de porc. Journées de la Recherche Porcine en France, 30, 13-27.

Möstl, E., Palme R. (2002): Hormones as indicators of stress. Domestic Animal Endocrinology, 23. 67-74.

Nanni Costa, L., Lo Fiego, D.P., Dall'Olio, S., Davoli, R., Russo, V. (2002): Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. Meat Science. 61. 41-47.

Naveau, J. (1986): The genetic determination of meat quality in pigs. Heritability of technological yield of meat prepared by the "Napole" method. Journées de la Recherche Porcine en France, 18, 265-276.

Newcom, D. W., Stalder, K. J., Baas, T. J., Goodwin, R. N., Parrish, F. C., Wiegand, B. R. (2004): Breed difference and genetic parameters of myoglobin concentration in porcine longissimus muscle. Journal of Animal Science, 82, 2264-2268.

Newton, K.G., Gill, C.O. (1978): Storage quality of dark, firm, dry meat. Applied Environmental Microbiology, 36, 375-376.

Nezer, C., Moreau, I., Karim, L., Brouwers, B., Coppieters, W., Detilleux, J., Hanset, R., Kvasz, A., Leroy, P., George, M. (1999): An imprinted QTL with major effects on muscle mass and fat deposition maps to the IGF2 locus in pigs. Nature Genetics, 21, 155-156.

Nielsen, N.J. (1982): Recent results from investigations of transportation of pigs for slaughter. In: Moss, R. (szerk.): Current topics in veterinary medicine and animal science: Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Martinus Nijhoff Publishers, London, 115-124.

Nieuwhof, G.J., Kanis, E., Van der Hel, W., Vestergen, M.W.A., Huisman, J., Van der Wal, P. (1991): Effect of recombinant porcine somatotropin on body composition and meat quality in growing pigs; interactions with genotype, sex and slaughter weight. Meat Science, 30, 265-278.

Nockels, C.F. (1996): Antioxidants improve cattle immunity following stress. Animal Feed Science and Technology, 62, 59-68.

Offer, G., Knight, P. (1988): The structural basis of water-holding in meat. Part 2: drip losses. In Lawrie, R. (szerk.): Development in meat science Vol 4. Elsevier Applied Science, London 172-243

Oksjberg, N., Petersen, J.S., Sørensen, P., Henckel, P., Vestergaard, M., Ertbjerg, P., Møller, A. J., Bejerholm, C., Støier, S. (2000): Long-term changes in performance and meat quality of Danish Landrace pigs: a study on a current compared with an unimproved genotype. Animal Science, 71, 81-92.

Oksjberg, N., Henckel, P., Andersen, S., Pedersen, B. (2001): Genetic variations in muscle glycerol, glycogen and pigment in Danish pure breed pigs. In proceedings of 47th International Congress on Meat Science and Technology. Krakow, 30-31.

Omaye, S.T., Turnbull, J.D., Sauberlich, H.E. (1979): Selected methods for the determination of ascorbic acid in animal cells, tissues and fluids. Methods in Enzymology, 62, 3-7.

O'Neill, D.J., Lynch, P.B., troy, D.J., Buckley, D.J., Kerry, J.P. (2003): Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. Meat Science, 64, 105-111.

Ovilo, C., Pérez-Enciso, M., Barragan, C., Clop, A., Rodriguez, C., Oliver, M.A., Toro, M.A., Noguera, J.L. (2000): A QTL for intramuscular fat and fat thickness is located on porcine chromosome 6. Mammalian Genome, 11, 344-346.

Palme, R., Fisher P., Schildorfer H., Ismail M.N. (1996): Excretion of infused ^{14}C-steroid hormones via faeces and urine in domestic livestock. Animal Reproduction Science, 43, 43-63.

Parr, T., Sensky, P.L., Scothern, G.P., Bardsley, R.G., Buttery, P.J., Wood, J.D., Warkup, C. (1999): Relationship between skeletal muscle-specific calpain and tenderness of conditioned porcine Longissimus muscle. Journal of Animal Science, 77, 661-668.

Pethick, D., Warner, R.D., D'Souza, D.N., Dunshea, F.R. (1997): Nutritional manipulation of meat quality in Cranwell, P.D. (szerk.): Manipulating pig production. S.R. Frankland, Melbourne, 91-99.

Placer, Z.A., Cushman, L.L., Johnson, B.C. (1966): Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. Analytical Biochemistry, 16, 359-364.

Radnóczi, L. (2006): Személyes közlés

Renard, C., Mourot, J. (2000): Exemple d'approche fonctionelle: Le gras intramusculaire chez le porc. INRA Productions Animales, nuéro hors-serie. In Génétique Moléculaire: Principes et Application aux Productions Animales, 161-163.

Romvári, R. (2006): Személyes közlés

Rosenvold, K., Lærke, H.N., Jensen, S.K., Karlsson, A.H., Lundström, K. Andersen, H.J. (2001a): Strategic finishing as a tool in the control of pork quality. Meat Science, 59, 397-406.

Rosenvold, K., Petersen, J.S., Lærke, H.N., Jensen, S.K., Therkildsen, M., Karlsson, A.H., Møller, H.S., Andersen, H.J. (2001b): Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs. Journal of Animal Science, 79, 382-391

Rosenvold, K., Andersen, H.J. (2003b): The significance of preslaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. Meat Science, 63, 199-209.

Rosenvold, K., Andersen, H.J. (2003a): Factors of significance for pork quality – a review. Meat Science, 64, 219-237

Ruis, M.A.W., Brake, J.H.A.T., Engel, B., Ekkel E.D., Buist H.J., Koolhaas J.M. (1997): The circadiation rythm of salivary cortisol in growing pigs: Effects of age, gender and stress. Physiology & Behavior, 62, 623-630.

Rundgren, M., Lundström, K., Edfors-Lilja, I. (1990): A within-litter comparison of the three halothane genotypes. 2. Performance, carcass quality, organ development and long-term effects of tranposrtation and amperozide. Livestock Production Science, 26, 231-243.

Satterlee, D.G. (1990): Ascorbic acid and physiological stress in poultry. In: Wenk, C., Fenster, R., Völker, L. eds.: Ascorbic acid in domestic animals. Hoffmann-LaRoche, Basle, 43-59.

Savage, A. W. J., Warriss, P. D., & Jolley, P. D. (1990). The amount and composition of the proteins in drip from stored pig meat. Meat Science, 27, 289–303.

Schäfer, A., Rosenvold, K., Purslow, P.P., Andersen, H.J., Henckel, P. (2001): Critical post mortem pH and temperature values in relation to drip loss in pork. In Proceedings of 47th International Congress on Meat Science and Technology. Krakow, 206-207.

Scopes, R.K. (1974): Studies with reconstituted muscle glycolytic system. The rate and extent of glycolysis in simulated post-mortem conditions, Biochemical Journal, 142, 74-86.

Seckin, S., Alptekin, N., Dogru-Abbasoglu, S., Kocak-Toker, N., Toker, G., Uysal, M. (1997): The effect of chronic stress on hepatic and gastric lipid peroxidation in long-term depletion of glutathione in rats. Pharmacological Research, 36, 55-57.

Sedlak, I., Lindsay, R.H. (1968): Estimation of total, protein-bound and non-protein sulfhydryl groups in tissues with Ellmann's reagent. Analytical Biochemistry, 25, 192-205.

Sellier, P., Monin, G. (1994): Genetics of pig meat quality: a review. Journal of Muscle Foods, 5, 187-219.

Sellier, P. (1998): Genetics of meat and carcass traits. In Rotschild, M., Ruvinsky, A. (szerk.): The genetics of the pig. Wallingford, UK: CAB International, 463-510.

Selye J. (1965): Életünk és a stress. Akadémiai Kiadó, Budapest

Shaw, F.D., Trout G.R. (1995): Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat quality and stress in pigs. Meat Science, 39. 237-246.

Sheridan, M.A., Kato, H.I. (1998): Regulation of metamorphosis associated changes in the lipid metabolism in selected vertebrates. American Zoologist, 38, 350-368.

Soumillion, A., Erkens, J.H., Lenstra, J.A., Rettenberger, G., Te Pas, M.F.W. (1997): Genetic variations in the porcine myogenin gene locus. Mammalian Genome, 8, 564-568.

Springer, M.P., Carr, M.A., Ramsey, C.B., Miller, M.F. (2003): Accelerated chilling of carcasses to improve pork quality. Journal of Animal Science, 81, 1464-1472.

Stetzer, A. J., McKeith, F. K. (2003). Benchmarking value in the pork supply chain: Quantitative strategies and opportunities to improve quality Phase 1. Savoy (IL): American Meat Science Association.

Stoier, S., Aaslyng M.D., Olsen E.V., Henckel P. (2001): The effect of stress during lairage and stunning on muscle metabolism and drip loss in Danish pork. Meat Science, 59, 127-131.

Suzuki K. , Irie, M., Kadowaki, H., Shibata, T., Kumagai, M., és Nishida, A. (2005): Genetic parameter estimates of meat quality traits in Duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness, and intramuscular fat content. Journal of Animal Science, 83, 2058–2065.

Szép I. (1973): Adaptáció, stressz és a termelés, Állattenyésztés és Takarmányozás, 1, 29-36.

Tam, L.G., Berg, E.P., Gerrard, D.E., Sheiss, E.B., Tan, F J., Okos, M.R., Forrest, J.C. (1998). Effect of halothane genotype on porcine meat quality and myoglobin autoxidation. Meat Science, 49, 41-53.

Tangl H. (1962): A stressz és szerepe az állattenyésztésben, Állattenyésztés és Takarmányozás, 4, 379-381

Taylor, A. A., Tantikov, M. Z. (1992): Effect of different electrical stimulation and chilling treatments on pork quality. Meat Science, 31, 381-395.

Taylor, A. A., Martoccia, L. (1995): The effect of low voltage and high voltage electrical stimulation on pork quality. Meat Science, 39, 319-326.

Tholen, E. (1994): Erfahrungen mit dem BLUP-Tiermodell in der Nordheim-Westfälischen Schweineherdbuchzucht. Schweine Workshop BLT-Brub. 39-48.

Troeger, K., Woltersdorf, W. (1990): Electrical stunning and meat quality in the pig. Fleischwirtschaft, 70, 901-904.

Troeger, K., Woltersdorf, W. (1991): Gas anaesthesia of slaughter pigs. I. Stunning experiments under laboratory conditions with pigs of known halothane reaction type: meat quality, animal protection. Fleischwirtschaft, 71, 1063-1068.

Troncoso, P., Smok, G., Videla, L.A. (1997): Potentiation of ischemia-reperfusion liver injury by hyperthyroidism in the rat. Free Radicals in Biology and Medicine, 23, 19-25.

Vadáné, Kovács M. (1996a): Az állatvágás és hűtés fiziológiája, a hús fizikai tulajdonságai. Húsminőség és előrejelzésének lehetőségei. In Húsipari Továbbképző Napok 7. A nyers hús. OHKI-Budapest, 103-124.

Vadáné, Kovács M. (1996b): Porhanyósság és az azt befolyásoló tényezők. In Húsipari Továbbképző Napok 7. A nyers hús. OHKI-Budapest, 125-134.

Vadáné, Kovács M. (2002): A hús minőségét befolyásoló tényezők. in Szűcs, E.: Vágóállat- és –húsminőség. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 147-169.

Vale, W., Spiess, J., Rivier, C., Rivier, J. (1981): Characterization of a 41-residue ovine hypothalamic peptide that stimulates secretion of corticotropin and β-endorphin. Science, 213. 1394-1397.

van der Wal, P.G., Engel, B., Hulsegge, B. (1997): Causes for variation in pork quality. Meat Science, 46, 319-327.

van Laack, R.L. J. M., Kauffman, R.G., Sybesma, W., Smulders, F.J.M., Eikelenboom, G., Pinheiro, J.C. (1994): Is colour brightness (L-value) a reliable indicator of water holding capacity in porcine muscle? Meat Science, 38, 193-201.

van Putten, G., Elshof, W.J. (1978): Observations of the effect of transport on the well-being and lean-quality of slaughter pigs. Animal Regulation Studies, 1, 247-271.

Verkerk G.A., Phipps A.M., Carragher J.F., Matthews L.R., Stelwagen K. (1998): Characterisation of milk cortisol concentrations as a measure of short-term stress responses in lactating dairy cows. Animal welfare, 7, 77-86.

Vígh, L. (1999): Néhány környezeti tényező hatása a sertéshús minőségére. Állattenyésztés és Takarmányozás, 5, 569.

von Borell, E., Biensen, N.J., Gatnau, E. (1992): Effects of stress hormones on pig performance and health. Swine Research Reports. Iowa State University, Ames, 77-78.

von Borell, E. (1995): Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. Applied Animal Behaviour Science, 44, 219-227.

Wang, S-T., Chen, H-W., Sheen, L-Y. & Lii, C-K. (1997): Methionine and cysteine affect glutathione level, glutathione-related enzyme activities and the expression of glutathione S-transferase isozymes in rat hepatocytes. Journal of Nutrition, 127, 2135-2141.

Warris, P.D. (1982): The relationship between pH_{45} and drip in pig muscle. Journal of Food Technology, 17, 573-578

Warris, P.D., Brown, S.N. (1985): The physiological responses to fighting in pigs and the consequences for meat quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 36, 87-92.

Warris, P.D. (1994): Ante-mortem handling of pigs. In Cole, D.J.A., Wiseman, J., Varley, M.A. (szerk.): Principles of pig science. Nottingham University Press, Loughborough, 425-432.

Warris P.D., Brown S.N., Nute G.R., Knowles T.G., Edwards J.E., Perry A.M., Johnson S.P.(1994): Potential interactions between the effects of preslaughter stress post mortem and electrical stimulation of the carcass on meat quality in pig. Meat Science, 41, 55-68.

Warris, P.D., Brwon, S.N., Barton Gade, P., Santos, C., Nanni Costa, L., Lambooij E., Geers, R. (1998): An analysis of data relating to pig carcass quality and indicies of stress collected in the European Union. Meat Science, 49, 137-144.

Warris, P.D., Brown, S.N., Edwards, J.E., Knowles, T.G. (1998): Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. Animal Science, 66, 255-261.

Weichselbaum, T.E. (1948): An accurate and rapid method for the determination of protein in small amounts of serum and plasma. American Journal of Clinical Pathology, 16, 40-43.

Wittmann, M., Baltay, M., Faragó, I., Guba, F. (1985).: Meat quality characteristics of some pig breeds in Hungary. Acta Veterinaria Hungarica, 33, 13-17.

Wittmann, M., Laky, Gy., Radnai, L., Kozma, O., Guba, F. (1991): A sertések beszállításának és pihentetésének szervezése nagy vágóhídon a húsminőség szempontjából. Állattenyésztés és Takarmányozás, 4, 329-340.

Wood, J.D. (1990): Consequences for Meat quality of reducing carcass fatness in Wood, J.D., Fischer, A.V.(szerk.): Reducing fat in meat animals. Elsevier Applied Science, London. 344-395.

M2. Mellékletek

56. táblázat: *:* **A 45. percben mért pH hónapok közötti különbségének értékelése a legkisebb szignifikáns differenciák alapján**

	Jan,	Feb,	Már,	Ápr,	Máj	Jún	Júl	Aug	Szep	Okt	Nov	Dec
Jan		0,977	0,065	0,581	0,740	0,053	0,119	0,001	0,010	0,734	0,386	0,000
Feb			0,078	0,608	0,766	0,057	0,125	0,001	0,014	0,721	0,415	0,000
Már				0,272	0,176	0,000	0,000	0,197	0,546	0,036	0,374	0,005
Ápr					0,833	0,025	0,056	0,020	0,092	0,405	0,802	0,000
Máj						0,038	0,083	0,008	0,049	0,530	0,633	0,000
Jún							0,647	0,000	0,000	0,127	0,008	0,000
Júl								0,000	0,000	0,253	0,020	0,000
Aug									0,480	0,000	0,029	0,099
Szep										0,005	0,132	0,022
Okt											0,250	0,000
Nov												0,000
Dec												

57. táblázat: *:* **A 24. órában mért pH hónapok közötti különbségének értékelése a legkisebb szignifikáns differenciák alapján**

	Jan,	Feb,	Már,	Ápr,	Máj	Jún	Júl	Aug	Szep	Okt	Nov	Dec
Jan		0,670	0,394	0,107	0,125	0,009	0,845	0,201	0,009	0,857	0,108	0,010
Feb			0,674	0,233	0,269	0,035	0,808	0,097	0,003	0,561	0,050	0,004
Már				0,427	0,486	0,098	0,497	0,039	0,000	0,322	0,019	0,001
Ápr					0,911	0,470	0,145	0,006	0,000	0,086	0,003	0,000
Máj						0,388	0,169	0,007	0,000	0,101	0,003	0,000
Jún							0,014	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000
Júl								0,135	0,004	0,712	0,070	0,005
Aug									0,181	0,296	0,677	0,164
Szep										0,020	0,406	0,870
Okt											0,168	0,021
Nov												0,354
Dec												

58. táblázat: *:* **A hússzín hónapok közötti különbségének értékelése a legkisebb szignifikáns differenciák alapján**

	Jan,	Feb,	Már,	Ápr,	Máj	Jún	Júl	Aug	Szep	Okt	Nov	Dec
Jan		0,171	0,219	0,000	0,686	0,728	0,000	0,001	0,949	0,930	0,815	0,139
Feb			0,910	0,000	0,398	0,323	0,000	0,082	0,198	0,220	0,296	0,845
Már				0,000	0,467	0,390	0,000	0,067	0,249	0,273	0,357	0,765
Ápr					0,000	0,000	0,836	0,036	0,000	0,000	0,000	0,001
Máj						0,937	0,000	0,013	0,733	0,757	0,868	0,326
Jún							0,000	0,005	0,779	0,804	0,923	0,262
Júl								0,028	0,000	0,000	0,000	0,000
Aug									0,001	0,002	0,006	0,153
Szep										0,979	0,864	0,160
Okt											0,886	0,178
Nov												0,241
Dec												

59. táblázat: *:* **A hűlési veszteség hónapok közötti különbségének értékelése a legkisebb szignifikáns differenciák alapján**

	Jan,	Feb,	Már,	Ápr,	Máj	Jún	Júl	Aug	Szep	Okt	Nov	Dec
Jan		0,037	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Feb			0,582	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,182	0,000
Már				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,436	0,000
Ápr					0,721	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,000	0,013
Máj						0,000	0,000	0,000	0,000	0,085	0,000	0,000
Jún							0,000	0,000	0,297	0,017	0,000	0,000
Júl								0,637	0,000	0,000	0,000	0,000
Aug									0,000	0,000	0,000	0,000
Szep										0,162	0,000	0,000
Okt											0,000	0,000
Nov												0,219
Dec												

M3. Saját közlemények jegyzéke

Témában megjelent tudományos közlemények:

1. **Ábrahám Cs.,** Lakos Zs., Mika J., Vadáné Kovács M., Szűcs E. (2002): A sertésszállítás veszteségei és csökkentésük, A Hús 12 (2), 87-90. p
2. **Ábrahám Cs**., Seenger J., Szűcs E. (2003): Stresszállapot és annak mérhetősége. Állattenyésztés és Takarmányozás 52 (6), 527-537. p.
3. **Ábrahám Cs.** (2004): A sertéshús minőségét befolyásoló genetikai, takarmányozási és perimortális tényezők. Állattenyésztés és Takarmányozás. 53 (6) 555-570. p.
4. **Ábrahám Cs**., Weber M., Balogh K., Mézes M., Huszenicza Gy., Fébel H., Vadáné Kovács M., Szűcs E. (2005): A szállítás és pihentetés körülményeinek hatása a hízósertések egyes élettani és húsminőségi jellemzőire. Magyar Állatorvosok Lapja. 127. (3) 139-145. p.
5. **Ábrahám Cs.**, Balogh K., Weber M., Seenger J., Mézes M., Fébel H., Szűcs E., Ender K. (2005): Lairage time is a compromise. Effect of preslaughter handling on stress response and meat quality of pigs. Fleischwirtschaft International. 2, 10-12.
6. **Ábrahám, Cs.** Ender, K., Balogh, K., Weber, M., Seenger, J., Mézes, M., Fébel, H., Szűcs, E. (2006): Behandlung vor der Slachtung – Einfluss auf die Stressreaktionen und die Fleishqualität von Schweinen. Fleischwirtschaft, 4, 103-106.

Konferenciakiadványban, teljes terjedelemben megjelent közlemények:

7. **Ábrahám, Cs.**, Lakos, Zs., Holló, G., Miskucza, M., Vada, M. and Szűcs, E. (2001): Effect of way of transport and lairage time upon pork quality; 47th International Congress of Meat Science and Technology, Cracow-Poland 26-31 August, 200-201.o.
8. **Ábrahám Cs.** Lakos Zs., Miskucza M., Szűcs E. (2002): Húsminőségi anomáliák értékelése PSE érzékeny vágósertéseken a szállítási mód és a pihentetési idő függvényében; VIII. Nemzetközi Agrártudományos Napok, Gyöngyös, 2002. március 26-27.
9. **Ábrahám Cs.**, Lakos Zs., Mika J., Miskucza M., Szűcs E. (2002): Meteorológiai tényezők következményeként előforduló veszteségek elemzése vágósertések szállítása során; VIII. Nemzetközi Agrártudományos Napok, Gyöngyös, 2002. március 26-27.
10. **Ábrahám Cs.**, Lakos Zs. (2002): Meteorológiai paraméterek hatása a vágósertések szállítás közbeni veszteségeire; VIII. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely,2002.március 28.
11. **Ábrahám Cs.**, Lakos Zs. (2002): Perimortális tényezők hatása a sertéshús minőségére, valamint a húsminőségi paraméterek összefüggése; VIII. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely, 2002. március 28.
12. **Ábrahám Cs.,** Lakos Zs., Holló G., Mika J., Miskucza M. and Szűcs E. (2002): Effect of meteorological conditions on mortality rates during transportation of pigs; 48th International Congress of Meat Science and Technology; Rome-Italy 25-30 August, 2002.
13. **Ábrahám Cs.**, Lakos Zs., Mika J., Miskucza M. and Szűcs E. (2002): Effects of extreme temperature conditions on mortality rates in slaughter pigs during transport; ASAP 24th Biennial Conference, Adelaide-Australia 7-11 July, 2002.

14. **Ábrahám Cs**., Seenger J., Szűcs E. (2003): A gazdasági állatok stresszállapotának mérési lehetősége. EU-konform Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság. Szent István Egyetem Gödöllő, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Agrártudományi Centrum

15. **Ábrahám Cs.,** Seenger J., Szűcs E. (2003): Testing stress status and performance in beef cattle. Nordic Association of Agricultural Scientists 22nd Congress "Nordic Agriculture in Global Perspective". July 1–4 Turku, Finland. Proc. 266. p.

16. **Ábrahám Cs.,** Szűcs E. (2004): Új adatok a sertések vágás előtti pihentetéséhez. X. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely. 2004. április 29.

17. **Ábrahám Cs**., Holló G., Weber M., Balogh K., Mézes M., Fébel H., Vada-Kovács M., Szűcs E. (2004): Investigation on physiological parameters indicating stress status in slaughter pigs during transport and lairage. 50th International Congress of Meat Science and Technology, Helsinki, Finland, 2004. augusztus 8 – 13.

18. **Ábrahám Cs.**, Szűcs E. (2005): Az elektromos ösztöke használatának hatása sertések stresszállapotára és húsminőségére. XI. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely. 2005. március 24.

19. **Ábrahám Cs.**, Weber M., Balogh K., Seenger J., Mézes M., Fébel H., Szűcs E. (2005): Új adatok az elektromos ösztöke kábítás előtti alkalmazásáról. „Verseny élesben" Európa Napi Konferencia. Mosonmagyaróvár. 2005. május 5-6.

Konferenciakiadványban, összefoglalóként megjelent, lektorált közlemények:

20. **Ábrahám Cs.**, Lakos Zs., Vada M., Miskucza M., and Szűcs E. (2001): Perimortal factors influencing meat quality in swine; 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Budapest-Hungary 26-29 August, 2001

21. **Ábrahám Cs**., Seenger J., Szűcs E. (2003): The effect of lorry on meat quality. 2003 Joint Annual Meeting of American Dairy Science Association, American Society of Animal Science and Mexican Association of Animal Production. June 22 – 26, Phoenix, Arizona, USA. Journal of Dairy Science Vol. 86. Suppl. 1., Journal of Animal Science, Vol. 81. Suppl. 1. 137. p.

22. **Ábrahám Cs.,** Weber M., Balogh K., Mézes M., Fébel H., Szűcs E. (2004): A szállítás és a vágás előtti pihentetés hatása a sertések stresszállapotára. XXX. Óvári Tudományos Napok. Agrártermelés – harmóniában a természettel. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 2004. október 7. 27. p.

23. **Ábrahám Cs.,** Mézes M., Weber M., Balogh K., Fébel H., Huszenicza Gy., Vada M., Szűcs E., Ender K. (2004): Effect of transport and lairage time on various physiological and pork quality traits. 55th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Bled, Slovenia, 5-9 September 2004. Book of Abstracts No. 10. 281. p. Pig Production Poster P4.20.

24. **Ábrahám Cs**., Balogh K., Weber M., Seenger J., Mézes M., Fébel H., Szűcs E. (2005): Effect of preslaughter handling on stress response and meat quality of pigs. Animal health and managament during loading, transport and unloading. Workshop. June 4th 2005. Uppsala, Sweden

25. **Ábrahám Cs**., Weber M., Balogh K., Seenger J., Mézes M., Fébel H., Szűcs E. (2005): The effect of driving pigs to stunning prior to slaughter on their stress status and meat quality. 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Uppsala, Sweden, 5-8 June 2005. Book of Abstracts No. 11. 230 p.

Könyvrészlet:

26. **Ábrahám Cs.** (2002): Minőségbiztosítás a hústermelésben in Szűcs E. (szerk.): Vágóállat és húsminőség; Szaktudás Kiadó, Budapest 201-209.

Népszerűsítő cikkek:

27. **Ábrahám Cs.**, Szűcs E.(2002): Hollandia: a sertéshústermelés szakértője; Unikum-az Agrárelit magazin szakmai lapja, 2. szám: 6-7.p.
28. **Ábrahám Cs.** (2002): Állatvédelmi előírások az Európai Unió sertéságazatában; Agrárius-agrárinformációs Magazin, 2.szám:18-20. p.
29. **Ábrahám Cs.** (2002): A zárt sertéstartásban keletkező gázok – termelési és környezetvédelmi szempontok, Agrárius agrárinformációs Magazin, 4. szám: 28. p.

Társszerzőként megjelent közlemények:

30. Szűcs, E., Fébel, H., Janbaz, J., Huszenicza, Gy., Mézes M., Tran, A. T., **Ábrahám, Cs**., Gáspárdy, A., Györkös, I., Seenger, J., Nasser, J. A. (2003): Response to ACTH Challenge in Female Dairy Calves in Relation to Their Milk Yield. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. Official Journal of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. Kyunggi-do, Korea. 16. köt. 6. sz. 806-812. p. (Impact factor: 0,445)
31. Óváry M., Holló G., **Ábrahám Cs**., Csapó J., Seenger J., Holló I., Szűcs E. (2003): Az íz szerepe a hús élvezeti értékében. Acta Agraria Kaposváriensis. Kaposvár, 2003. 7. köt. 1. sz. 63-74. p.
32. Seenger J., **Ábrahám Cs**., Ender K., Szűcs E. (2003): Porhanyósság-meghatározási módszerek összehasonlítása marhahúsnál. a Hús. Budapest, 13. köt. 3. sz. 141-144. p.
33. Szűcs E., Fébel H., Janbaz, J., Huszenyicza Gy., Mézes M., Tran A.T., **Ábrahám Cs.,** Gáspárdy, A., Györkös I., Seenger J., Nasser, J.A.(2004): A borjúkorban ACTH terhelési tesztre adott válaszreakció és a kifejlettkori tejtermelés közötti összefüggés. Állattenyésztés és Takarmányozás 53. köt. 1. sz. 5-14. p.
34. Szűcs E., **Ábrahám Cs.** (2004): Etológiai tanulmányok a szarvasmarha fajban a technológiai fejlesztés megalapozásához. Állattenyésztés és Takarmányozás, 2004. 53. (4.) 305 – 326. p.
35. Weber M., Balogh K., Erdélyi M., **Ábrahám Cs**., Mézes M. (2005): Effect of T-2 toxin load and vaccination against Newcastle disease on lipid peroxidation and glutathione redox system in broiler chicken. Bulletin of the Szent István University, Gödöllő. 89-96.
36. Seenger J., Ender K., **Ábrahám Cs**., Szűcs E., Kuhn G., Nürnberg K. (2005): Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der Zartheit beim Rindfleisch. Züctungskunde. 77. (2-3). 281-290. (Impact factor: 0,5)
37. Seenger J.-**Ábrahám Cs.** (2002): A sertés legfontosabb viselkedésformái, s azok gyakorlati jelentősége, Agrárius-agrárinformációs magazin, 5. szám: 22-23. p.
38. Seenger J., Ács T., **Ábrahám Cs**. (2003): Az EU állattartásra vonatkozó előírásai. Agrár Unió, Agárinfomrációs szaklap. 3. szám, 16-17 p.
39. Seenger J., **Ábrahám Cs.** (2003): A HACCP alkalmazásának irányelvei. Agrár Unió, Agrárinformációs szaklap. 4. szám, 4. p.
40. Holló G., **Ábrahám Cs.,** Szűcs E., Tőzsér J., and Repa I. (2002): Slaughter value estimation of cattle using X-ray tomography, ASAP 24th Biennial Conference, Adelaide-Australia 7-11 July, 2002.

41. Szűcs E., Fébel H., Janbaz J., Huszenicza Gy., Mézes M., Tran A. T., **Ábrahám Cs**., Gáspárdy A., Györkös I., Seenger J., Jamal A. N. (2003): A borjúkorban ACTH terhelési tesztre adott válaszreakció és a tejtermelés közötti összefüggés. EU-konform Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság. Szent István Egyetem Gödöllő, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Agrártudományi Centrum Debrecen, Mezőgazdaságtudományi Kar. Nemzetközi Konferencia, Gödöllő, június 5. II. köt. 82-85. p.

42. Seenger J., **Ábrahám Cs**., Szűcs E. (2003): A hús porhanyósságával kapcsolatos mérések problematikája. EU-konform Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság. Szent István Egyetem Gödöllő, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Agrártudományi Centrum Debrecen, Mezőgazdaságtudományi Kar. Nemzetközi Konferencia, Gödöllő, június 5. II. köt. 71-75. p.

43. Seenger J., **Ábrahám Cs**., Ender K., Szűcs E. (2003): Tenderness differences due to cooking and measuring process as well as anatomical location in bovine M. Longissimus dorsi. Nordic Association of Agricultural Scientists 22nd Congress "Nordic Agriculture in Global Perspective". July 1–4 Turku, Finland. Proc. 92. p.

44. Szűcs E., Kovács A., Mika J., **Ábrahám Cs**., Tran A. T. (2003): Effect of extreme meteorological factors in dairy cows. Nordic Association of Agricultural Scientists 22nd Congress "Nordic Agriculture in Global Perspective". July 1–4 Turku, Finland. Proc. 275. p.

45. Seenger J., **Ábrahám Cs.,** Szűcs E. (2003): A porhanyósság mérésére szolgáló módszerek összehasonlítása, valamint a mintavételi hely nyíróerő értékre kifejtett hatása a szarvasmarha hosszú hátizomban. IX. Ifjúsági Tudományos Fórum. I. Állattenyésztés. Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, március 20. 112. p.

46. Seenger J., **Ábrahám Cs.**, Weber M., Balogh K., Mézes M., Fébel H., Szűcs E. (2005): Zsírsavösszetétel vizsgálatok különböző genotípusú sertésekben. „Verseny élesben" Európa Napi Konferencia. Mosonmagyaróvár. 2005. május 5-6.

47. Szűcs E., Febel H., J. Janbaz, Huszenyica Gy., Mézes M., T.A. Tuan, **Ábrahám Cs.**,

48. Gáspárdy A., Györkös I., A.N. Jamal (2002): Response to ACTH challenge to juveniles and mature performance in diary cattle; 53th Annual Meeting of the EAAP, Cairo-Egypt 1-4 September, 2002.

49. Holló G., Andrássy Z., **Ábrahám Cs**., Seenger J., Zándoki R., Seregi J., Repa I., Holló I. (2003): Effect of breed and nutrition on carcass and beef quality traits. Proc. of the 54TH Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Roma, Italy, 31 August- 3 Sept. 171.p.

50. Holló I., Szűcs E., Holló G., Seregi J., Andrássy Z., **Ábrahám Cs**., Repa I. (2003): Effect of genotype and diet on daily weight gain and carcass quality traits. 2003 Joint Annual Meeting of American Dairy Science Association, American Society of Animal Science and Mexican Association of Animal Production. June 22 – 26, Phoenix, Arizona, USA. Journal of Dairy Scince Vol. 86. Suppl. 1., Journal of Animal Science, Vol. 81. Suppl. 1. 314. p.

51. Seenger J., **Ábrahám Cs**., Holló G., Ender K., Szűcs E. (2003): Comparison of cooking and measuring methods as well as anatomical location on tenderness in M. longissimus dorsi in beef. 2003 Joint Annual Meeting of American Dairy Science Association, American Society of Animal Science and Mexican Association of Animal Production. June 22 – 26, Phoenix, Arizona, USA. Journal of Dairy Scince Vol. 86. Suppl. 1., Journal of Animal Science, Vol. 81. Suppl. 1. 138. p.

52. Szűcs E., Fébel H., Mézes M., Holló G., Huszenicza Gy., Seenger J., Tran A T, **Ábrahám Cs.,** Gáspárdy A., Györkös I. (2003): An attempt at metabolic typing of juveniles using GTT in association with dairy performance. 54th Annual Meeting of EAAP. 31 August – 3 September, Rome, Italy. Commission on Animal Physiology Ph4.10, 245. p.

53. Szűcs E., **Ábrahám Cs.,** Holló G., Holló I., Tran Anh Tuan (2004): Effect of time of day, milk yield, and lactation phase on milking time and milk flow rate in Holstein-Friesian dairy cows. 55th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Bled, Slovenia, 5-9 September 2004. Book of Abstracts No. 10. 211. p. Cattle Production Poster C4.45.

54. Póti P., Pajor F., Láczó E., **Ábrahám Cs.** (2004): Comparison of slaughter performance of Hungarian Merino, Ile de France F1 and Suffok F1. European Association for Animal Production, Bled, Slovenia, September 5-9.

55. Seenger J., **Ábrahám Cs.**, Mézes M., Fébel H., Szűcs E. (2005): Fatty acid composition in different tissues of Mangalitsa crossbreds. 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Uppsala, Sweden, 5-8 June 2005. Book of Abstracts No. 11. 229 p.

56. Szentléleki A., Tőzsér J., Domokos Z., Zándoki R., Bottura C., Massimiliano A., **Ábrahám Cs.** (2005): Preliminary data on body measurements and temperament of Aubrac heifers in Hungary. 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Uppsala, Sweden, 5-8 June 2005. Book of Abstracts No. 11. 251 p.

57. Holló G., Seregi J., Tőzsér J., Nagy L., **Ábrahám Cs**., Húth B., Holló I. (2005): The influence of linseed supplementation on carcass quality of Hungarian Simmental and Holstein-Friesian bulls. 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Uppsala, Sweden, 5-8 June 2005. Book of Abstracts No. 11. 258. p

Köszönetnyilvánítás

A disszertáció elkészítése egy hosszabb kutatói fázis lezárása, és ugyanakkor talán egy újabb fázis megkezdése is. Egyben kiváló alkalom arra, hogy köszönetet mondjak mindazoknak, akik e munka elkészítéséhez hozzájárultak.

Köszönettel tartozom:

Dr. Szűcs Endre tanár úrnak, témavezetőmnek, aki elindított a kutatói pályán, s hogy vizsgálataimat végig figyelemmel kísérte, hasznos tanácsokkal segítette.

Dr. Mézes Miklós professzor úrnak, a Takarmányozástani Tanszék vezetőjének, aki egyengette munkámat annak tervezési szakaszától, a kísérletek végrehajtásán keresztül a szakmai kiértékelésig. Segítsége nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el. Úgy gondolom, hogy az elmúlt évek alatt rengeteget tanulhattam tőle.

A Szent István Egyetem Sertés- és Kisállattenyésztési, illetve Szarvasmarha- és Juhtenyésztési Tanszékeinek és azok munkatársainak, különös tekintettel *Kótiné Seenger Juliannának*, aki szobatársként, kollégaként és jóbarátként segített.

Az analízisek jelentős részét a Takarmányozási Tanszéken végeztük el, ahol nagy segítségemre volt *Kovács-Weber Mária* és *Balogh Krisztinán*.

Nagyon nagy hálával tartozom *Dr. Miskucza Máriának*, aki a Gyulai Húskombinát minőségbiztosítási igazgatójaként elsőként hívta fel figyelmemet az élőállat szállítás „hányattatott” sorsára. A kísérletek gyakorlati lebonyolítása elképzelhetetlen lett volna nélküle.

Fébel Hedvignek, a herceghalmi Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet főigazgató-helyettesének, aki több analízis elvégzésében nyújtott segítséget.

Köszönem *Balláné dr. Erdélyi Mártának*, illetve *Dr. Romvári Róbertnek*, hogy előopponenciájukkal felhívták figyelmemet a dolgozat hiányosságaira, s így hozzájárultak színvonalának emeléséhez.

És végül, de nem utolsó sorban köszönöm Feleségemnek, Szüleimnek és egész Családomnak, hogy minden lehetséges módon segítettek, s leginkább hogy eltűrtek a „nyűgösebb” időszakokban.