EESTI PÕLLUMAJANDUSÜLIKOOL
ESTONIAN AGRICULTURAL UNIVERSITY

EESTI PÕLLUMAJANDUSÜLIKOOL
ESTONIAN AGRICULTURAL UNIVERSITY

SEALIHA KVALITEEDI HINDAMINE JA EMISTE VILJAKUST MÕJUTAVAID TEGUREID

PORK QUALITY ESTIMATION AND ON FACTORS AFFECTING FERTILITY OF SOWS

ALO TÄNAVOTS

VÄITEKIRI
põllumajandusteaduse doktori teaduskraadi taotlemiseks
loomakasvatuse erialal

THE THESIS
for applying the doctors degree in agricultural sciences in animal science

Tartu 2005

Väitekiri valmis Eesti Põllumajandusülikooli Loomakasvatusinstituudi aretusosakonnas 2000.…2004. aastal.

Juhendaja: põllumajandusteaduse doktor emeriitprofessor Olev Saveli

Oponendid: põllumajandusteaduse doktor Aleksander Lember ja filosoofiadoktor Matti Piirsalu

Väitekirja avalik kaitsmine toimub 1. aprillil 2005. aastal algusega kell 13.^{00} Eesti Põllumajandusülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi Kreutzwaldi 1 õppehoone saalis.

Kaitsmisnõukogu sekretär: põllumajandusteaduse doktor Aleksander Lember

©Alo Tänavots, 2005
ISBN: 9985-816-84-6

SISUKORD

VÄITEKIRJA ORIGINAALARTIKLITE NIMEKIRI 9
KASUTATUD LÜHENDID 10
SISSEJUHATUS 12
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE 13
1.1. Ülevaade ultraheli kasutamisest 13
1.1.1. Ultraheli omadused 15
1.1.2. Helilainete ja kudede koostoime 18
1.1.3. Kuvaformaadid 21
1.2. Ultraheli kasutamine loomakasvatuses 22
1.2.1. Elusloomade hindamine 22
1.2.2. Elusloomade andmete kasutamine 23
1.2.3. Ultraheliaparaadid ja nende mõõtmistäpsus .. 26
1.2.4. Prognoosi täpsuse parandamine 38
1.2.5. Lihakeha asend ja ultraheli mõõtmistäpsus ... 40
1.2.6. Ultraheli kasutamine sigade aretuses 41
1.2.7. Keha koostise perioodiline mõõtmine ja tailiha kasvu modelleerimine 46
1.2.8. Ultraheli kasutamine lihatööstustes 47
1.2.9. Spetsialistide haridus ja atesteerimine 47
1.3. Sealiha kvaliteedi uurimine Eestis 48
2. EESMÄRGID 56
3. MATERJAL JA METOODIKA 57
3.1. Katseandmed 57
3.1.1. Kehtna Seakasvatuse Kontrollkatsejaam 57
3.1.2. Jõudluskontrolli Keskus 57
3.1.3. Pig Improvement Company 58
3.2. Geneetilised uuringud 59
3.2.1. Stressigeen 59
3.2.2. MC4R 59
3.3. Aparaadid 60
3.3.1. A-Scan Plus 60
3.3.2. Piglog 105 61
3.3.3. Fat-O-Meter 62
3.3.4. UltraFOM 63
3.3.5. AutoFOM 64
3.4. Mõõtmete registreerimine 66
3.4.1. Elusloomade liha kvaliteedinäitajad 66
3.4.2. Lihakeha kvaliteedinäitajad 67

3.4.3. Liha füüsikalis-keemilised näitajad 70
3.5. Statistiline analüüs 72
4. TULEMUSED JA ARUTELU 73
4.1. Sigade liha kvaliteeti mõjutavad tegurid 73
4.1.1. Ultraheliaparaatide täpsusklass 74
4.1.2. Tõug 76
4.1.3. Aasta ja aastaaeg 81
4.1.4. Sugu 92
4.1.5. Farm 95
4.1.6. Geneetilised tegurid 96
4.1.7. Konsulent 98
3.1.8. Füüsikalis-keemilised näitajad 99
4.2. Viljakust mõjutavaid tegureid 101
4.2.1. Kunstlik seemendus 101
4.2.2. Tõug 103
4.2.3. Tiinuse kestus 105
4.2.4. Poegimiskord 107
4.3. Päritavus ja tunnustevahelised seosed 108
4.3.1. Lihaomaduste päritavus 108
4.3.2. Viljakuse päritavus 111
4.3.3. Tunnustevahelised seosed 112
5. KOKKUVÕTE 118
5.1. Järeldused 123
5.2. Ettepanekud 125
SUMMARY 127
Conclusions 132
Suggestions 134
TÄNUAVALDUSED 136
KASUTATUD KIRJANDUS 137
CURRICULUM VITAE 157
TEADUSPUBLIKATSIOONIDE NIMEKIRI 158
Eelretsenseeritud teaduspublikatsioonid 158
Teised teaduspublikatsioonid 158
Konverentside teesid 159
Populaarteaduslikud artiklid 160
Muud publikatsioonid 161
I. PORK QUALITY AND PORCINE STRESS SYNDROME IN ESTONIA 163
II. MEAT QUALITY RESEARCH OF PURE- AND CROSSBRED PIGS IN ESTONIA 171

III. FACTORS AFFECTING MEAT TRAITS AND FERTILITY OF PIGS IN ESTONIA..... 179
IV. HERITABILITY AND CORRELATION OF MEAT AND FERTILITY TRAITS IN PIGS IN ESTONIA 187
V. ARTIFICIAL INSEMINATION IN PIG BREEDING IN ESTONIA 193
VI. FACTORS AFFECTING MEATINESS TRAITS IN GERMANY..... 199
VII. OPTIMUM SLAUGHTER WEIGHT OF ESTONIAN PIG BREEDS..... 229
VIII. FACTORS AFFECTING PERFORMANCE OF GILTS 237

VÄITEKIRJA ORIGINAALARTIKLITE NIMEKIRI

I. Tänavots, A., Somelar, E., Viinalass, H., Värv, S, Kaart, T., Saveli, O., Eilart, K., Põldvere, A. 2001. Pork quality and porcine stress syndrome in Estonia. – Proceedings of the Latvian Academy of Science. Section B, Vol 55, No. 5/6 (616/617), 242…246.

II. Somelar, E., Tänavots, A., Saveli, O. 2001. Meat quality research of pure- and crossbred pigs in Estonia. – Proceedings of the 7th Baltic Animal Breeding Conference. Tartu, Estonia, 17…18. April 2001, 138…143.

III. Tänavots, A., Kaart, T., Saveli, O. 2001. Factors Affecting Meat Traits and Fertility of Pigs in Estonia. – Proceedings of the 7th Baltic Animal Breeding Conference. Tartu, Estonia, 17…18. April 2001, 144..148.

IV. Tänavots, A., Kaart, T., Saveli, O. 2002. Heritability and correlation of meat and fertility traits in pigs in Estonia. – Veterinaria ir Zootechnika. Kaunas, Leedu, T. 19 (41), 106…108.

V. Tänavots, A., Kaart, T., Saveli, O. 2002. Artificial insemination in pig breeding in Estonia. – Veterinaria ir Zootechnika. Kaunas, Leedu. T. 19 (41), 109…111.

VI. Tänavots, A. 2002. Factors affecting meatiness traits in Germany. – Alfred Toepfer Stiftung F.V.S., Justus-von-Liebig-Forschungsstipendien Report, 28 pp.

VII. Tänavots, A., Saveli, O. 2003. Optimum slaughter weight of Estonian pig breeds. – Proceedings of the 9th Baltic Animal Breeding Conference. Sigulda, Latvia, 29…30. May 2003, 87…91.

VIII. Tänavots, A. 2004. Factors affecting performance of gilts. – Animal Breeding in the Baltics. Tartu, Estonia, 150…155.

KASUTATUD LÜHENDID

DFD	–	tume, tihe, kuiv liha (pH ≥ 6,30)
EL	–	eesti maatõug
EL♂xEY♀	–	eesti maatõugu kuldi ja eesti suure valge emise ristand
ELVI	–	Eesti Loomakasvatuse ja Veterinaaria Instituut
ETSAÜ	–	Eesti Tõusigade Aretusühistu
EY	–	eesti suur valge tõug
EY♂xEL♀	–	eesti suure valge kuldi ja eesti maatõugu emise ristand
FY	–	soome jorkšir
H♂xEY♀	–	hämpširi kuldi ja EY emise ristand
H♂xEY/EL♀	–	hämpširi kuldi ja EY♂xEL♀ ristandemise ristand
JKK	–	Jõudluskontrolli Keskus
Kehtna SKJ	–	Kehtna Seakasvatuse Kontrollkatsejaam
KS	–	kunstlik seemendus
LS	–	loomulik seemendus
MC4R	–	melanokortiin-4 retseptor
P	–	pjeträän
P♂xH♀	–	pjeträäni kuldi ja hämpširi emise ristand
pH_{24}	–	24 tundi pärast sigade tapmist mõõdetud liha pH
pH_{48}	–	48 tundi pärast sigade tapmist mõõdetud liha pH
PIC	–	***Pig Improvement Company***
PIC-408	–	Saksamaal kasutatav sigade liin, kelle saamiseks kasutati ainult puhtatõulisi stressiresistentseid pjeträäni sigu
PIC-416	–	Saksamaal kasutatav sigade liin, P♂xH♀
PP	–	pekipaksus
PSE	–	hele, pehme, vesine liha (pH ≤ 5,59)
RKP	–	rasvakihi paksus
SE	–	saksa väärissiga
SEP	–	prognoosi standardviga
SKPP	–	selja keskosa pekipaksus ***gluteus medicus***'e eesosast
SL	–	saksa landrass
SLP	–	selja pikima lihase ristlõikepindala
SLS	–	selja pikima lihase läbimõõt
x1	–	esimene seljapeki paksus
x2	–	viimase roide joonel 7 cm selja keskjoonest külje suunas mõõdetud seljalihase läbimõõt

x3	–	11….12. roide vahel 7 cm selja keskjoonest külje suunas mõõdetakse teine seljapeki paksus
y	–	valemi alusel arvutatud tailiha osakaal

SISSEJUHATUS

Tarbijate suurenenud huvi veiseliha vastu on sundinud sealihatootjaid ja -töötlejaid otsima võimalusi sealihasaaduste kvaliteedi tõstmiseks. Üheks peamiseks liha omaduste parandamise meetodiks on aretusvalik.

Sigade lihaomaduste geneetilise parandamise rakendamiseks tootmises on kaks tingimust:

1) aretuskarja omanikul peab olema majanduslik stiimul,
2) elusloomade ja lihakehade kvaliteedi hindamiseks peavad olema täpsed ja rentaablid vahendid.

Ultrahelitehnika kasutamine elusloomade kehaehituse hindamiseks täidab need kaks tingimust (Wilson, 1992).

Viljakusnäitajate ja massi-iibe kõrval on lihakeha kvaliteet üks tähtsamaid faktoreid, mis mõjutab sealihatööstuse kasumlikkust. Lihakehade erinevused toodangu kvaliteedis on rahaliselt tuntavad, arvestades lihakeha massi ja klassi erinevusi. Sealihatööstus peab arvestama, et rasva tarbimine väheneb, sest teadlik tarbija nõuab väherasvast toodet.

Tööstus vajab sea lihakehade hindamiseks efektiivset metoodikat, mis aitaks parandada toodangu kvaliteeti. Lihakeha hindamine tööstustes on üks geneetiliste muutuste hindamise aluseid.

Et loomakasvatussaaduste tootmine liigub üha rohkem kvaliteedil baseeruva turumajanduse suunas, on tootjad huvitatud lihakeha kvaliteedi määramisest. Kahjuks on puudus lihakeha kvaliteedi tapaeelse täpse prognoosimise meetoditest. Lahendamaks seda probleemi, hakati uurima ultrahelimeetodil elusloomade pekipaksuse ja lihaste kasvu määramise võimalusi.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Ülevaade ultraheli kasutamisest

1822. a kasutas šveitsi füüsik Daniel Colladen edukalt sukeldumiskella helilainete kiiruse täpseks määramiseks Genfi järve vetes (Woo, 2002). Inglismaal avaldas lord Rayleigh 1877. a kuulsa kirjatöö „***The Theory of Sound***“ (Strutt, 1877), milles ta kirjeldas täpselt helivibratsiooni (laineid) ja heli levimise ning murdumise füüsikalisi põhialuseid. Ta oli esimene, kes kirjeldas helilainet kui matemaatilist võrrandit, kujundades akustika teoreetilisi aluseid. Kajalokatsiooni tegelik läbimurre toimus 1880. a Pariisis, kui Pierre Curie (joonis 1) ja tema vend Jacques Curie avastasid teatavate kristallide piesoelektrilised omadused (Curie, Curie, 1880; ref Woo, 2002).

Joonis 1. Pierre Curie, 1859…1906 (Woo, 2002)

Veealused sonarsüsteemid projekteeriti allveelaevade veealuse navigeerimise eesmärgiga I maailmasõja ajal 1912. Alexander Belm Viinist kirjeldas samal aastal veealust kajalokatsiooni seadet. Esimene patent veealusele sonarile anti välja inglise meteoroloogile Lewis Richardsonile Briti Patendibüroos kuu aega pärast Titanicu uppumist. Esimese töötava sonari projekteeris ja ehitas Ühendriikides kanadalane Reginald Fessenden 1914. a.

Esimene edukas raadiolainete eksperiment leidis aset 1924. a, kui briti füüsik Edward Appleton kasutas raadiolainete kaja, et määrata ionosfääri kõrgust. Esimese praktilise radarisüsteemi (***Radio Detection and Ranging)***, mis kasutas enam elektromagnetilisi laineid kui ultraheli, valmistas 1935. a teine briti füüsik Robert Watson-Watt ning 1939. a

rajas Inglismaa radarijaamade keti piki oma lõuna- ja idarannikut, et avastada õhu või mere kaudu sissetungijaid.

Sellised radarisüsteemid on olnud hilisemate 2-dimensiooniliste sonarite ja meditsiiniliste ultrahelisüsteemide, mis ilmusid 1940. aastate lõpus, otsesteks eelkäijateks (Woo, 2002)

Teine paralleelne ja sama tähtis suund ultraheli arengus algas 1930ndatel, kui konstrueeriti impulss-kaja ultraheli metallidefekti detektor, mis oli tol ajal eriti tähtis suurte laevade metallkerede ja lahingutankide soomusplaatide terviklikkuse kontrollimisel. Ultraheli metallidefektide avastamise kontseptsiooni pakkus esimesena välja nõukogude teadlane Sergei J. Sokolov 1928. a Leningradi Elektrotehnika Instituudist (Sokolov, 1929; ref Woo, 2002).

Ultraheli kasutamine meditsiinis algas hoopis teraapias, mitte diagnostikas; selle soojendavat ja lõhustavat mõju kasutati loomade kudede ravimiseks (Woo, 2002).

1940. a sai ultrahelist aegapidi neurokirurgiline tööriist ning umbes samal ajal kasutati meditsiinis ultraheli eksperimentaalselt ka diagnostika eesmärgil. Karl Theodore Dussik (1942), Viini Ülikooli neuroloog-psühhiaater, oli arvatavalt esimene meedik, kes kasutas ultraheli meditsiinilise diagnoosi panemisel.

Ameerika Ühendriikide Mereväe Uurimise Instituudi arst Georg Ludwig alustas 1940date lõpus eksperimente loomakudede uurimisega, kasutades selleks ultraheli. Enamik Ludwigi tulemustest sisaldas sõjalist informatsiooni ja seda ei avaldatud meditsiiniajakirjades. Tema tööd bioakustika laboratooriumis Massachusettsi Tehnoloogia Instituudis koos füüsik-insener Richard Bolti, arst Holly T. Ballantine ja füüsik Theodor Hueteriga Siemensist võimaldasid mõõta heli ülekandekiirust looma pehmetes kudedes, mis oli 1500…1600 m/s (Ludwig jt, 1950; Ludwig, Ballantine, 1950; Ludwig, 1950; Ludwig, Struthers, 1950).

Ultrahelitehnoloogia võeti põllumajanduses kasutusele 1950ndate alguses kui meetod kariloomade kehaehituse erinevuste hindamiseks (Wild, 1950; Claus, 1957; Panier, 1957; Price jt, 1958; Hazel ja Kline, 1959). Esimene uurimus ultraheli kasutamise kohta pärineb J. J. Wildilt (1950), kes väitis, et ultrahelitehnoloogial pole kahjulikku mõju ja see

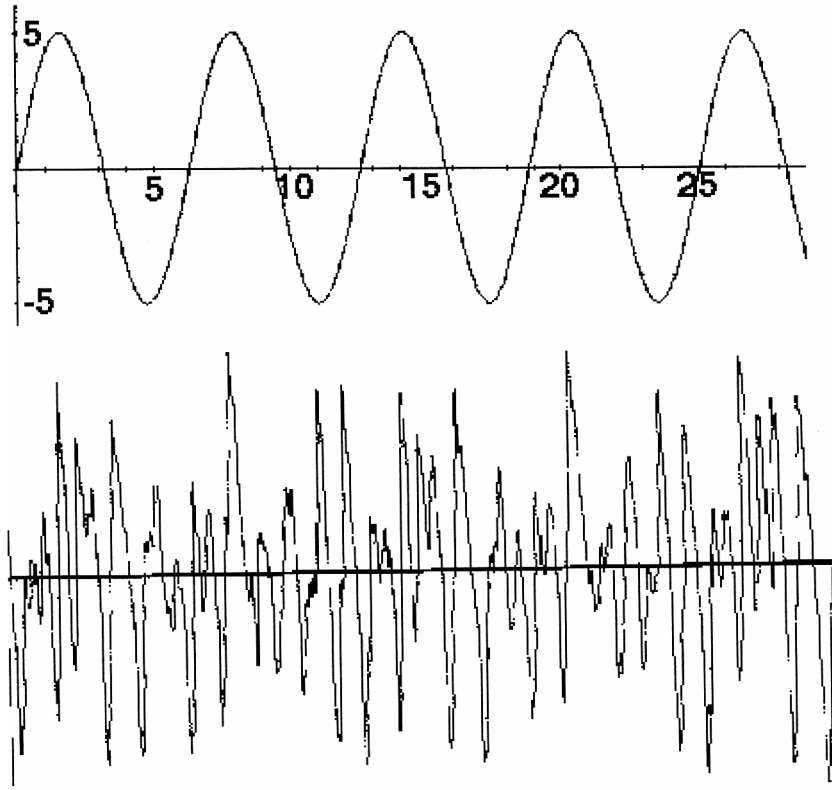
on humaanne (joonis 2). Ta määras esmakordselt elusloomadel keskmised lihas- ja rasvkoe kogused. Tehnoloogia kiire areng 1970ndate teisel poolel ja 1980ndate algul muutis ultraheliaparaati palju.

Joonis 2. John Julian Wild (Woo, 2002)

Ultraheli kasutamisel valatakse mineraalõli mõõdetavale kehapinnale, kuhu asetatakse sensor või andur, ning ultraheliaparaat muundab seejärel elektrilised impulsid kõrgsagedusega helilaineteks, millest ka nimetus ***ultraheli***. Ultraheli tööpõhimõtteks ongi mõõta kaja liikumist pehmetes kudedes. Need helilained liiguvad kehasse ja peegelduvad tagasi eri tihedusega kudede piirilt. Kujutis, mida ultrahelilained läbi anduri tagasi saadavad, projitseeritakse ultraheliaparaadi ekraanile ning sellega on mõõde määratud.

1.1.1. Ultraheli omadused

Heli on gaasilises, vedelas ja tahkes keskkonnas leviv kokkusurutud ja murtud mehaaniline laine (joonis 3). Heli võib võrrelda pikilainega, mida iseloomustavad pikkus, sagedus ja kiirus. Lainepikkus on vahemik antud laine kahe sarnase punkti vahel. Sagedus on tsüklite arv või lainepikkuste esinemissagedus teatud ajaperioodil (tavaliselt ühes sekundis). Kiirus on tuletatud matemaatiliselt heli sagedusest ja lainepikkusest. Sagedust kirjeldatakse kui tsüklit sekundis ehk hertsi (Hz). Kuuldav heli varieerub 20…20 000 Hz-ni.

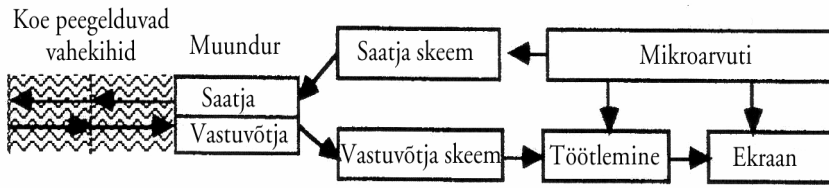


Joonis 3. Heli tekitatud rõhu muutus kõrvas mingi ajavahemiku jooksul ja reaalne heli (Voog, 2000)

Diagnostikas kasutatakse ultraheli sagedust 2 kuni 10 MHz, mis on tunduvalt madalam kuuldava heli sagedusvahemikust. Lihakeha hindamiseks kasutatakse tavaliselt sagedust 3,5 MHz ning tiinuse määramiseks 7,5 MHz. Kui on teada kiirus ja sagedus, saab arvutada lainepikkuse. Et helikiirus on igas koes konstantne, siis muudab sageduse muutmine ka lainepikkust. See omakorda aga mõjutab ultraheli kujutise resolutsiooni ja kvaliteeti (Amin, 1995; Rantanen, Ewing, 1981; Herring, Bjornton, 1985; Wilson, 1994).

Muundur on väga tähtis ultraheliaparaadi komponent. Ta mõõdab õhukest lõiku proovist ja kuvab selle ekraanile (Ginther, 1994). Diagnostilist ultraheli toodavad andurisse (muundurisse) paigaldatud kristallid, millel on piesoelektrilised (surveelektrilised) omadused. ***Pezein*** on kreeka sõna, mis tähendab survet. Kui piesoelektrilisi kristalle rõhu abil deformeerida, toodavad nad elektrit ning, vastupidi, kui mõjutada neid elektrivooluga, siis kristallid deformeeruvad (moonduvad). Selline on

protsess, mille abil ultraheli tekitatakse ja võetakse vastu anduri poolt. Piesoelektrilisi materjale või kristalle valmistatakse enamasti kvartsist, turmaliinist või tehiskeraamikast (Widmer, 1993). Need kristallid lõigatakse kettakujuliseks, mille paksuse määrab tööpinna paksus ning diameeter määrab ultraheli kiire omaduse. Kristallide paksus ja koostis on unikaalse resoneeriva sagedusega. Seega on muundureid saadaval erineva sagedusega (3,5; 5,0; 7,5 MHz). Helilaineid saadetakse sagedusel 1:1000 ja võetakse vastu 999:1000 pildi kestel (Widmer, 1993). Peegeldumisel pöördub heli tagasi andurisse ja seal leiab aset kristallide kerge deformatsioon, mis omakorda tekitab elektrivoolu (joonis 4). Vool kuvatakse ostsilloskoobil koe liidete kujutisena (Rantanen, Ewing, 1981).



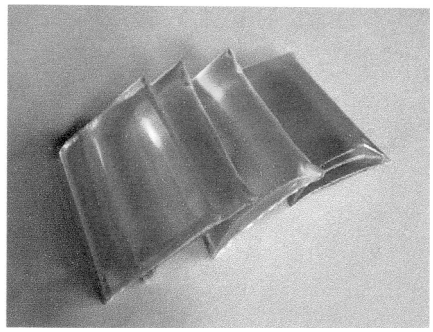
Joonis 4. Ultraheli kiire liikumine (Sonic Industries, 1996)

Esimesed muundurid olid 12,5 cm pikad. See tähendab, et suure pindala, näiteks selja pikima lihase (***musculus longissimus dorsi)*** mõõtmiseks oli vaja kasutada jaosekraani. Jaosekraanil sai esitada täieliku pildi lihasest, kui kaks ultrahelipilti kattusid. See saavutati muunduri asetamisega loomale ning lihase ülemise poole kujutis „külmutati“. Seejärel võeti lihase alumise poole kujutis ning sobitati kaks kujutist ekraanil kokku. Pärast uue, 17,2 cm muunduri väljatöötamist polnud jaosekraani enam vaja. Kogu lihase pindala tekib ekraanile ühel ajal. Jaosekraani kuva täpsus (r = 0,60) on väiksem kui mittejaosekraani (r = 0,80) kuval (Perkins, 1997).

Et ultraheli rakendatakse erinevatel eesmärkidel, on kasutatavaid sagedusi palju. Samuti on iga muundur eri suurusega, et paremini sobida rakendusega, mille jaoks seda kasutatakse. 7,5 MHz muunduril on lühike lainepikkus, madal läbitungimisvõime ja kõrge lahutusvõime. Peamiselt kasutatakse seda tiinuse kontrollimiseks. Selline muundur on väga väike (5,6 cm pikk), kuna see asetatakse veiste ja lammaste pärasoolde ning sigade kubemele. 3,5 MHz muunduril on pikk lainepikkus, sügav läbitungimisvõime ja kehv lahutusvõime. Seda on soovitav kasutada ultrahelipiltide kogumiseks, mille järgi hinnata lihakeha koostist.

Sellisel sagedusel töötavad muundurid, mida kasutatakse elusloomade lihakeha mõõtmiseks, on tavaliselt 17,2 cm pikad (Perkins, 1997).

Muundurid on haprad ja võivad kergesti puruneda, seega peab neid käsitsema väga hoolikalt. Nad pole mitte ainult õrnad, vaid ka väga kallid. Muundurid on jäigad ja lamedad ning seepärast ei sobi nad alati looma kujuga. Selle kompenseerimiseks on loodud pehmed vahepadjakesed (joonis 5).

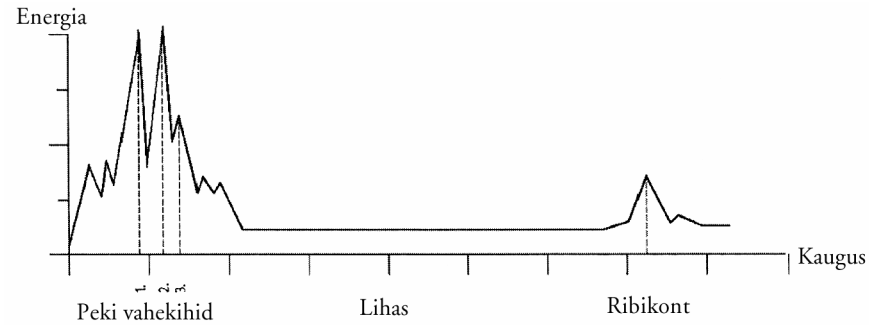


Joonis 5. Akustilised vahepadjakesed (ATS ...)

Padjakesed toimivad samuti akustilise sidestajana. Neid valmistatakse PVC plastikust, millel on head akustilised omadused (Critical Visions, 1995), ning nad kohanduvad loomade seljakumerusega. Eri loomaliikidele on erineva suurusega vahepadjakesed.

1.1.2. Helilainete ja kudede koostoime

Kui heli läbib kude, peegeldatakse teatud osa kiiri andurisse tagasi. Peegeldumine leiab aset siis, kui kudede liitekohad on erineva helitakistusega (joonis 6). Tagasi saabuva kaja amplituud määrab ühe koe helitakistuse absoluutse erinevusena teisest koest. Mida sarnasem on ühe koe helitakistus teisega, seda nõrgem on tagasi saabuv kaja (Herring, Bjornton, 1985).



Joonis 6. Ultraheli liikumine kudedes (SFK…, 2004[d])

Iga kaja, mis peegeldub tagasi andurisse, muudetakse seal elektriliseks impulsiks ja kuvatakse läbi katoodkiirelambi ekraanil. Ultraheliskanner arvutab aja, mis kulub pulsi väljakiirgamisest kuni selle kaja tagasipeegeldumiseni, see võimaldab omakorda arvutada akustilise faasi täpse kauguse andurist. Helikiir liigub pehmes koes umbes 1540 m/s. Seega ainus tunnus, mis põhjustab heli üldtakistuse erinevusi pehmete kudede vahel, on nende tihedus. Kui kaks erineva tihedusega kude on teineteisega kokkupuutes, siis see tekitab akustilise liidese või peegelduva pinna (Herring, Bjornton, 1985).

Heli liigub läbi luude kiirusega umbes 3100 m/s. Luude tihedus on tunduvalt erinev pehmete kudede tihedusest. Seepärast on pehme koe ja luu piiril väga suur üldtakistuse erinevus (Herring, Bjornton, 1985). Eri kudede akustilise üldtakistuse absoluutväärtus on suhteliselt tähtsusetu, kuid akustilise üldtakistuse erinevus on oluline kudede piiril, sest see määrab tagasipeegelduva kiire tugevuse (Rantanen, Ewing, 1981). Kiirust mõõdetakse järgmise valemiga:

$$\text{vahemaa} = \frac{\text{aeg x kiirus}}{2}.$$

Koe tiheduse või helikiiruse muutus põhjustab kudedes ultraheli peegeldumise või hajumise (Amin, 1995). Erinevate pehmete kudede omadused ja liitepinnad määravad lõplikult ära, kui palju helilaineid tagasi peegeldub ja muunduri poolt vastu võetakse. Kiirus kasvab, kui tihedus suureneb (tabel 1). Tihedamad koed (näiteks luud) peegeldavad helilaineid paremini. Peegelduse erinevused võrreldes pehmete kudedega tekivad selle tõttu, et helilaine läbib selle punkti teistsuguse kiirusega. Pehmete bioloogiliste kudede läbimise keskmine kiirus on umbes 1540 meetrit sekundis.

Helikiirus varieerub vastavalt koe tüübile ja temperatuurile. Enamik reaalaja skannereid on kalibreeritud ultraheli vee läbimise kiirusele kehatemperatuuril.

Tabel 1. Helilaine kiirus erinevates keskkondades

Keskkond	V. Amin, 1995, J. R. Stouffer, 1988	H. Morneburg, 1995	
	Helikiirus m/s	Helikiirus m/s	Tihedus g/cm^3
Õhk	330	331	0,0013
Vesi (20 °C)	1500	1492	0,9982
Nahk	1700	–	–
Rasvkude	1430	1470	0,97
Lihas	1620	1568	1,04
Pehme kude (keskm)	1540	–	–
Luu (kompaktne)	3500	3600	1,7
Luuüdi	–	1700	0,97
Maks	–	1540	1,055
Aju	–	1530	1,02

Pehmeid kudesid läbides kaotab helilaine energiat. Sellist energiakadu käsitletakse kui sumbumist. Sumbumine on põhjustatud valdavalt kahest protsessist: neeldumisest ja helilaine hajumisest. Neeldumine on ultraheli korrapärase liikumise muutumine soojuse korrapäratuks liikumiseks. Neeldumine suureneb koos helilaine sagedusega. Kui heli läbib õhukesi koekihte, põhjustab see helilaine energiakao – helilaine hajumine. Heli hajumise intensiivsus suureneb sageduse tõustes. Et faktorid, mis põhjustavad laine neeldumist ja hajumist, sõltuvad heli sagedusest, kasutatakse pehmete kudede läbimiseks tunduvalt madalama sagedusega heli (Rantanen, Ewing, 1981). Sel põhjusel on palju sobivam kasutada 3 MHz andurit keha sügavamate kohtade (s.o lihaste piirkond) uurimiseks, kuna 5 MHz andur on edukalt kasutatav, analüüsimaks kudesid, mis on keha välispinnale lähemal (pekipaksus).

Üldine võimsuse suurendamine korrigeerib kogu kujutise heledust. Lisaks sellele on veel kaks võimsuse reguleerimise võimalust – lähedal ja kaugel. Heli lähedal võimendamine määrab kujutise lähedase ala heleduse. Heli kaugel võimendamine määrab kujutise kaugema ala heleduse. Võimsuse kontroll võimaldab määrata halli tooni optimaalse vahekorra ekraanil. Koe eri sügavustes on kujutise intensiivsus ekraanil erinev. Võimsuse kontroll kohandab skannerit nii, et intensiivsus oleks ühtlane kogu kujutise lõikes (Ginther, 1994). Võimsuse seaded peavad

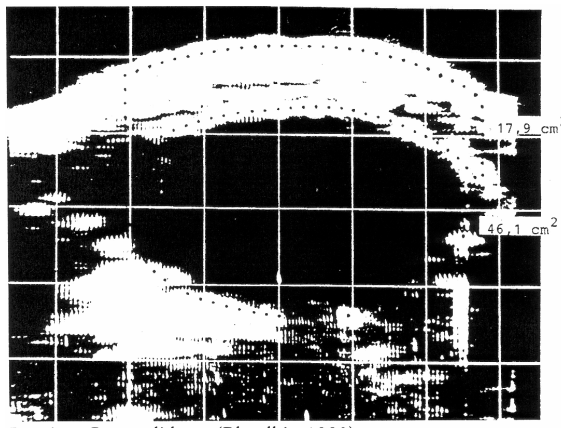
olema ühesugused kujutisest kujutiseni, kui mõõdetakse lihasesisese rasva hulka. Kui võimsus on liiga suur, siis kuvatakse ekraanil ka müra ja tehismüra (Corometrics, 1989; Ginther, 1994).

Kvaliteetse kujutise saamiseks on vaja kasutada sidusainet nii lihakeha kui ka tiinuse hindamisel. Ilma sidusaineta peavad ultrahelilained liikuma läbi õhu, mis on halb ultraheli edastaja. Sidusaine loob lainete liikumiseks parema keskkonna kui õhk. Taimeõli (lihakeha hindamisel) ja ultraheli geel (tiinuse hindamisel) on parimad sidusained. Mineraalõli võib samuti kasutada, kuid see on muunduri pinna suhtes palju abrassiivsem (Perkins, 1997).

1.1.3. Kuvaformaadid

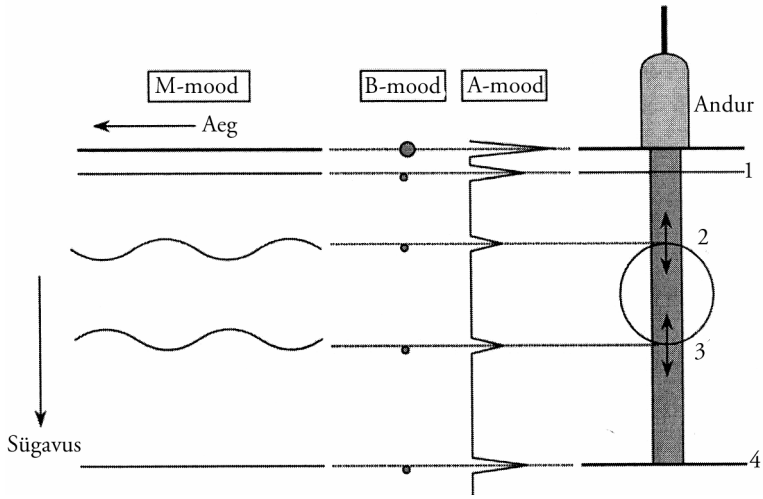
Kasutusel on peamiselt kolm kuvaformaadi moodi. Esimest kutsutakse amplituudi moodiks (A-mood), kus ultraheli kujutis on peegeldunud kaja amplituudi ja vahemaa ühedimensiooniline kuva (joonis 8). See mood koosneb vertikaalsetest teravikest piki horisontaaltelge. Teraviku kõrgus vastab kaja ulatusele (Rantanen, Ewing, 1981; Herring, Bjornton, 1985).

Heleduse mood (B-mood) (joonis 7) on ultraheli kujutise teiseks kuvaformaadiks, mis koosneb punktide kahedimensioonilisest kuvast. Andurit üle kehapinna liigutades saadakse anatoomilise osa ristlõikeline kujutis. Täpi asukoht ekraanil on määratud ajaga, mille jooksul kaja peegeldub tagasi andurisse. Punkti heledus on võrdeline peegeldunud kajade amplituudiga.



Joonis 7. B-moodi kuva (Blendl jt, 1980)

B-moodi kasutatakse reaalajas ultraheli kuvamiseks, et jäädvustada struktuurimuutusi. Reaalajas kuvamisel registreeritakse kajad pidevalt ja esitatakse see liikuva pildina katoodkiire ekraanil. Kodeerijad edastavad peegeldunud kaja ekraanile, kus kujutatakse koe pindu (joonis 8). Reaalaja seadete kodeerijatel on liikuv pea, mis võimaldab anduril kiirelt liikuda ühest piirkonnast teise (Rantanen, Ewing, 1981; Herring, Bjornton, 1985).



Joonis 8. Anduri vastuvõetud kajade skemaatiline esitus A-, B- ja M-moodi puhul. 1 ja 4 – liikumatud koepinnad; 2 ja 3 – pulseeriva elundi ees- ja tagasein (A-moodil teravikud, B-moodil punktid ja TM-moodil lained) (The Encyclopaedia..., 2003)

Kolmas kuvaformaat on ajas liikuv mood (M- või TM-mood). Sellel on ühedimensiooniline formaat, mis kuvab punkte. TM-moodi puhul hoitakse andur liikuvate organite asukohal (joonis 8).

Kuva trükitakse ostsilloskoobile või pideva joonena valgele ülitundlikule paberile. TM-moodi kasutatakse peamiselt ehhokardiograafias (Rantanen, Ewing, 1981; Herring, Bjornton, 1985).

1.2. Ultraheli kasutamine loomakasvatuses

1.2.1. Elusloomade hindamine

Ultraheli kasutatakse lihaloomade mõõtmiseks. Elusloomade anatoomilised mõõtmed võimaldavad koos teiste näitajatega täpselt kirjeldada

loomade kehaehitust, mis omakorda lubab prognoosida geneetilisi erinevusi üksikute lihakeha tunnuste vahel. Peale selle saab leida järglaste lihakeha väärtuse eeldatava erinevuse sarnaselt kasvu ja ema-omadustega. Lihakeha kvaliteedi parandamise programm peab olema üleriigiline, et koguda suur andmebaas paljudest populatsioonidest. See nõuab igas tootmisüksuses aretajatelt väga paljude andmete registreerimist ning kõiki karju hõlmavat geneetilist analüüsi, et esitada andmed kujul, mis võimaldab seakasvatajal teha efektiivset valikut.

Ultraheliaparaati käsitletakse lihakeha väärtuse geneetilise parandamise programmi lahutamatu osana. Elusloomade näitajate asemel on võimalik mõõta ka lihakeha. Ehkki selline alternatiiv on vastuvõetav ja hõlmab suure osa andmetest, mida aretusprogrammides kasutatakse, on lihakeha näitajatel kaks peamist probleemi. Esiteks tuleb järglaste järgi testimisel loomad andmete saamiseks tappa. Kuigi järglaste järgi testimine on täpne geneetilise väärtuse hindamise meetod, on see väga kulukas nii ajaliselt kui ka rahaliselt. Teine probleem on selles, et andmed saadakse lihatööstustest ja see nõuab nendelt head koostööd andmeid vajavate asutustega. Niisuguse andmete kogumise puhul on alati võimalus ebatäpsuste tekkeks, sest viga ühe märgendi edastamisel võib segi paisata kogu andmebaasi. Selliseid vigu on raske avastada ja sageli võimatu korrigeerida.

Kui looma hindamiskulud on madalad, võivad elusloomadelt saadud näitajad elimineerida paljusid eespool nimetatud probleeme. Üheks meetodiks elusloomadelt andmete kogumiseks on ultraheli kasutamine, millel on potentsiaali ka tulevikus, võrreldes teiste elektrooniliste hindamismeetoditega, näiteks mehaanilite ja optiliste sondidega, elektromagnetilise skaneerimise, elektrilise üldtakistuse, röntgeni, kompuutertomograafia ja aatommagnetilise resonantsiga. Meetodite valik, mida soovitakse laialdasemalt kasutusele võtta, sõltub eelkõige maksumusest, täpsusest ja kasutamislihtsusest (Wilson, 1992).

1.2.2. Elusloomade andmete kasutamine

Elusloomade mõõtmete ja geneetilise parandamise programmide kasutamine hõlmab mitmeid põhimõtteid, mida tuleb arvestada. Programmide edukas rakendamine, milles on kasutatud ultraheli abil elusloomadelt saadud näitajaid, sõltub nendest põhimõtetest.

Anatoomilised seosed. Keha koostist võib lihtsustatult defineerida kui tailiha, peki ja luude proportsionaalset suhet lihakehas. Paksuse ja pindala mõõtmete anatoomiline asend peab olema selline, et neid oleks võimalik elusloomadel määrata kiiresti ja täpselt ning et nad võimaldaksid oluliselt parandada keha koostise prognoosimise täpsust.

Kas ultraheli näitajatest on kasu või mitte, sõltub kahest asjaolust:
1) kui täpselt saab lihakeha näitajate järgi prognoosida peki ja tailiha osakaalu,
2) kas elusloomadel ja lihakehadel saab mõõtmiseks kasutada samu anatoomilisi kohti.

Näiteks eluslooma pekipaksuse ja selja pikima lihase ristlõikepindala mõõtmete alusel ei saa eriti täpselt prognoosida keha koostist, seega pole tähtis, kui täpsed on nende kahe tunnuse ultrahelimõõtmed (Wilson ,1992).

Geneetiline varieeruvus. Elusloomadel ultraheliga mõõdetavad anatoomilised punktid peavad olema geneetiliselt kontrollitavad ja omama piisavat variatsiooni, et selektsiooniprogramm oleks efektiivne. Tunnuste kõrge päritavus ei tähenda tingimata, et aretajad saaksid valikut efektiivselt teha. Geneetiline variatsioon peab olema suur ka selleks, et oleks võimalik majandamises kiireid ja olulisi muutusi teha.

Fenotüüp peab võimaldama leida erinevusi loomade vahel. Näiteks noorte lihaveiste rasvakihi geneetiliste erinevuste prognoosimine on muutunud äärmiselt keeruliseks nende rasva väikese koguse ja vähese varieeruvuse tõttu (Wilson jt, 1989).

Andmete kogumise standardid. Loomakasvatusettevõtted, kus alustatakse aretusprogrammiga, kasutades elusloomade ultrahelinäitajaid, peavad ühtlustama andmete registreerimise protseduuri ja tõlgendama standardeid ühetähenduslikult. Ultraheliga andmete kogumise standardid on iga loomaliigi jaoks erinevad, need peavad olema spetsiifilised, kirjeldades täpselt kohti, kuhu asetada ultraheliandur ja mitu mõõtmist igal loomal on vaja teha. Standardid peavad sisaldama keskkonna või pidamisega seotud informatsiooni, mis registreeritakse lisaks ultrahelinäitajatele. Täpselt peab määratlema, millal mõõtmisi läbi viiakse, näiteks kindla vanuse või kehamassi juures. Samuti peab detailselt kehtestama ultrahelinäitajate ja kujutiste tõlgendamise standardid iga

loomaliigi jaoks ning välja töötama suunised, kuidas tõlgendada lihase ja peki paksust ning ristlõikepindalasid kõige täpsemalt (Wilson, 1992).

Väljaõppe standardid. Vajalik väljaõppeaeg, mis tagaks ultraheliaparaadi asjatundliku kasutamise, sõltub aparaadi tüübist. Mõne ainult pekipaksuse mõõtmiseks kasutatava A-moodi skanneri täpne käsitsemine on suhteliselt lihtsalt omandatav. Enamik B-moodi (reaalaja) skannereid nõuab aparaadi kasutamiseks tunduvalt rohkem praktikat, et leida anduri õige asukoht ja tõlgendada kujutist korrektselt. Spetsialist peab väga hästi tundma aparaati ja selle seadeid ning omama põhjalikke teadmisi testitavate loomade anatoomiast, ta peab olema samuti võimeline hindama ja eristama anatoomilisi punkte, mille varieeruvus loomade vahel võib olla suur (Wilson, 1992).

Tailiha ja peki kasvu mudelid. Loomade keha koostise hindamiseks peab defineerima hindamiskriteeriumid. Lisaks tuleb mõõdetud ultrahelinäitajate alusel välja töötada erinevate anatoomiliste punktide kasvu mudelid igale loomaliigile ja võimalik, et ka igale tõule (Simm jt, 1983).

Geneetilised prognoosimise mudelid. Lihakeha aretusväärtuse mudelite väljatöötamine, kasutades ultrahelinäitajaid, vajab nende teaduslikku uurimist ja arendamist. Üks peamisi uurimisvaldkondi on erinevate tunnuste vahelise genotüübi ja keskkonna kovariatsiooni täiustamine, et kasutada seda prognoosimudelites (Wilson, 1992).

Praktiline juurutamine. Ultraheliaparaatide kasutamisel jõudluskontrolli programmides on tähtsad mitmed tegurid: aparaadi portatiivsus, vastupidavus andmete kogumisel välitingimustes ja hooldus. Ultraheliaparaadi näitajad peavad sobima teiste rutiinsete, näiteks pidamistingimuste näitajatega. Lisaks peab aparaadi ja spetsialisti teenustasu olema taskukohane.

Tähelepanu peab pöörama ka sanitaarnõuetele, et haigused ei leviks hooletuse tõttu ühest farmist teise. Mõnel juhul võib olla vajalik aparaadi desinfitseerimine loomade testimise vahel samas farmis. Näiteks kui testimispiirkonnas levib pügaraig (Wilson, 1992).

1.2.3. Ultraheliaparaadid ja nende mõõtmistäpsus

Tarbijate suurenenud nõudluse tõttu taise sealiha järele tekkis 1950ndatel aastatel seakasvatajatel huvi suurema tailiha osakaaluga sigade tootmiseks, mis viis omakorda geneetiliste valikuprogrammide väljatöötamisele. Parandamaks geneetilist edu ja valiku täpsust, oli vaja elussigade keha koostise hindamise meetodeid. L. N. Hazel ja E. A. Kline (1952) töötasid välja keha sisse torgatava metallist sondi pekipaksuse mõõtmiseks ning leidsid väga tiheda korrelatsiooni (r>0,80) eluslooma ja lihakeha pekipaksuse mõõdete vahel. Ehkki metallsondi täpsus oli igati sobiv, tegid lõikekoha võimalik infektsioon ja probleemid looma fikseerimisel selle tehnika raskesti rakendatavaks.

1957. ilmus esimene artikkel ultraheli kasutamisest pekipaksuse mõõtmiseks (Claus, 1957), millele järgnes kiiresti uurimus, hindamaks seda uut tehnoloogiat. Seejärel pakkusid paljud ettevõtted aastate jooksul ultraheliseadmeid seakasvatajatele ja mitmed uurimisprojektid olid keskendunud nii mõõtmise täpsuse hindamisele kui ka aparaatide võrdlemisele. Tabelis 2 on toodud osa avaldatud artiklite andmed alates 1950ndatest aastatest.

Esimesed ultraheliaparaadid kasutasid amplituudi-sügavuse (A-mood) ultraheli tehnoloogiat, kus heli tekitajaks on üks kvartskristall, mis asub ultrahelianduri sees. Helilained, mida andur kiirgab, sisenevad looma ja liiguvad läbi bioloogiliste kudede (nahk, rasvkude ja lihased) ning peegeldatakse läbi anduri tagasi vastuvõtjasse. Kasutades aja ja vahemaa seoseid, konverteeritakse peegeldunud lained signaalideks, mis kuvatakse kas ostsilloskoopi, lampe või hiljem kasutusele võetud LED- (valgusdiood) lugemit kasutades.

A-moodiga kindlast kohast mõõdetud pekipaksuse ja pikima seljalihase sügavuse näitajaid võrreldakse tavaliselt lihakeha erinevatest lihassilma punktidest mõõdetud näitajatega, et määrata täpsus lihakeha suhtes. Seeria A-moodi mõõtmeid võeti erineva nurga alt ja salvestati polaroidfilmile ning kasutati lihassilma esimese kahedimensioonilise ristlõike vaate saamiseks (Price jt, 1960b; Stouffer jt, 1961). Paljud uurimused näitasid, et esimesed ultraheliaparaadid polnud mõõtmiseks sobivad, kui pekk oli paks (Claus, 1957; Price jt, 1960[b]) või mõõdeti pihavöötme kohalt läbi trapetslihase. J. R. Stouffer jt (1961), esimesed ultraheli pioneerid, märkisid vajadust täiustada aparaate, sest leiti suur

varieeruvus spetsialistide oskuses kujutist tõlgendada. Seda probleemi rõhutasid hiljem A. P. Sather jt (1982), kes viitasid, et spetsialistide vilumus keha koostise hindamisel on palju kriitilisem faktor kui aparaat. W. E. Meyer jt (1966) avaldasid artikli, kus võtsid kokku uurimistulemused, kirjeldades ultrahelitehnika kasutamist elusloomade hindamisel ja lihakehade mõõtmisel.

Tabel 2. Ultraheliaparaatide täpsuse uuringute osaline loetelu

Allikas	Ultraheliaparaat	Tüüp
L. N. Hazel, E. A. Kline, 1959	Kelvin and Hughes Mark V	A-mood
J. F. Price jt, 1960[a]	Sperry Reflectoscope	A-mood
J. F. Price jt, 1960[b]	Sperry Reflectoscope	A-mood
J. R. Stouffer jt, 1961	Sperry Reflectoscope	A-mood
L. M. Anderson, R. C. Wahlstrom, 1969	Branson Model 212	A-mood
J. P. Adams jt, 1972	Lean Meater	A-mood
J. C. Alliston jt, 1982	Sonatest	A-mood
	Scanogram	Lineaar
	Danscanner	B-mood
A. P. Sather jt, 1982	Krautkramer USM2	A-mood
	Scanoprobe 731A	A-mood
H. J. Mersmann, 1982	Scanogram Model 722	A-mood
H. Busk, 1986[b]	Renco Lean Meater LM7	A-mood
	Krautkramer USK-6	A-mood
	Aloka SSD 210DX	B-mood
	Scanmatic SM-1	A-mood
	Danscanner	B-mood
J. C. Forrest jt, 1986	Technicare 210DX	B-mood
E. Kanis jt, 1986	Krautkramer USK6	A-mood
	Renco Lean Meater	A-mood
A. P. Sather jt, 1986	Krautkramer USM2	A-mood
	Scanoprodbe 731A	A-mood
D. M. Lopes jt, 1987	Technicare 210DX	B-mood
D. G. McLaren jt, 1989	Johnson and Johnson 210DX	B-mood
L. M. Turlington, 1990	Technicare 210DX	B-mood
L. L. Christian, S. J. Moeller, 1990	Aloka 500	B-mood
S. J. Moeller jt, 1998	Aloka 500	B-mood
I. A. K. Youssao jt, 2002	Piglog 105	A-mood
	Pie Medical 200	B-mood
D. Mörlein jt, 2005	Kontron Sigma 44 HVCD	B-mood

A-moodi ultraheliaparaatide täpsus oli küllaltki erinev nii uuringusiseselt kui ka uurimistulemuste vahel. L. N. Hazel ja E. A. Kline

(1959) leidsid suhteliselt tiheda korrelatsiooni (r = –0,76...–0,90) elusloomal ultraheliga mõõdetud pekipaksuse ja taitükkide osakaalu vahel. J. F. Price jt (1960[a]) leidsid väga tiheda seose elusloomal ultraheli ja joonlauaga ning lihakehal ultraheliga mõõdetud pekipaksuse vahel (r = 0,89; r = 0,91; r = 0,89), kusjuures sigade pekipaksus mõõdeti selja keskelt. Korrelatsioonid olid aga oluliselt nõrgemad pihavöötme piirkonnas (Anderson, Wahlstrom, 1969; Adams jt, 1972; Mersmann, 1982). A. P. Sather jt (1986) uurisid spetsialisti, aparaadi ja sondi mõju ning leidsid, et pekipaksuse näitajad olid palju täpsemad, kui mõõdeti ainult kahest kohast, ning märkisid, et aparaadi ja spetsialisti koostoime näitas erinevusi nii spetsialistide kui ka aparaatide tõlgendusoskuses. Katsete kokkuvõttes selgub, et A-moodi ultraheli oli sigadel enamasti ebatäpne kohtades, kus pekipaksus oli suur. A-mood hindas vastavaid lihakeha mõõtmeid sageli väiksemaks. A. P. Sather jt (1986) oletasid, et mõne A-moodi ultraheliaparaadi mõõtmete alahindamine võib olla põhjustatud funktsiooni oskamatusest määrata kolmandat pekikihti, mis katab sigadel lihassilma.

Esimesed katsed mõõta A-moodiga elussigade lihassilma pindala näitasid ainult mõõdukat seost lihakeha lihassilma pindalaga (Price jt, 1960[b], r = 0,74; Stouffer jt, 1961, r = 0,70). Peamisteks probleemideks olid:

1) väljaõppinud spetsialistide nappus,
2) loomade liikumine mõõtmise ajal ja fikseerimise raskus,
3) kujutise saamiseks kuluv pikk aeg.

Püüe prognoosida lihassilma pindala lihase sügavuse järgi polnud usaldatav lihase erineva kuju või ultraheli suutmatuse tõttu eristada lihast katvat kolmandat pekikihti. H. Busk (1986[a]) leidis lihase sügavuse ja pindala vaheliseks seoseks kümnenda roide kohal r = 0,51 ja viimase roide kohal r = 0,60.

Ehkki A-moodi aparaatide täpsus polnud ideaalne, hakati neid suhteliselt madala hinna ja lihtsa käsitsemise tõttu laialdaselt kasutama suguloomade valikul kontroll-katsejaamades ja sigalates. Veel praegugi kasutavad paljud seakasvatajad ja teadlased madala soetamishinnaga A-moodi tehnoloogiat pekipaksuse mõõtmiseks (Moeller, 2002).

B-moodi (heleduse mood) kasutusele võtmine elusloomade ja rippuvate lihakehade koostise võrdleval mõõtmisel oli suur samm edasi. B-moodi ultraheli kasutab paljusid helikiirgavaid kvartskristalle, mis on paigu-

tatud andurisse lineaarselt ja tekitavad koest kahedimensioonilise kujutise, mida on võimalik uurida videoekraanilt. Reaalajas ilmuv kujutis on helilainete pideva edastamise ja vastuvõtu tulemus, mis muudetakse kujutiseks kaadrivahetussagedusega 8...16 kaadrit sekundis. Kujutisi, mida kasutatakse koostise hindamiseks, saadakse ultraheli sagedusega 3,0...5,0 MHz, mida tekitavad anduris 12...17 cm pikkuselt paiknevad 64...120 kvartskristalli. See võimaldab jälgida kogu lihassilma ja üksikuid pekikihte, mis katavad lihast, ning spetsialistidel täpselt määrata sondi anatoomiline asukoht vastavalt lihassilma kujule ja teiste lihaste olemasolule või puudumisele. Uus katsete laine algas 197l ning kestis 1990. aastani, kui ülikoolide teadlased püüdsid hinnata reaalaja ultraheli efektiivsust (Moeller, 2002).

Esimeste reaalaja masinate lahutusvõime, enamasti 256 x 256 joont, esitas teadlastele tõsise väljakutse. Esimene uurimistöö, mis võrdles reaalaja ultraheli (Danscanner) A-moodi aparaatidega (Alliston jt, 1982), leidis, et A-moodi aparaadid olid B-moodi aparaatidest paremad ning B-moodiga saadud lihassilma andmete lisamine valemisse ei parandanud tailiha prognoosimise täpsust.

J. C. Forrest jt (1986) kasutasid Technicare 210X, mis oli varustatud 3,5 MHz lineaarsondiga, võrreldes lihakeha ja eluslooma B-moodi näitajaid poolitatud lihakeha mõõtmetega ning leidsid, et lihakeha reaalaja mõõtmete vaheline seos oli veidi tihedam kui vastavate eluslooma näitajate oma; lihakeha pekipaksuse r = 0,75 ***vs*** r = 0,71 ja lihassilma pindala r = 0,70 ***vs.*** r = 0,68, mõõdetuna 10. roide kohalt. H. Busk (1986[a]) võrdles pekipaksust kolmes punktis (10. ja viimane roie ning viimane nimmelüli), kasutades reaalaja (Aloka SSD-210DX varustatud 3,5 MHz, 12,5 cm lineaaranduriga) ja A-moodi aparaate. Tulemused näitasid erinevusi aparaatide vahel, kuid mõlema seadmega mõõdetud pekipaksus oli 10. roide kohal tihedamas seoses (r = 0,87...0,91) kui viimase roide (r = 0,78...0,90) või viimase nimmelüli kohal (r = 0,67...0,73). D. M. Lopes jt (1987) leidsid, et seos reaalajas 10. roide kohalt mõõdetud pekipaksuse ja poolitatud lihakeha vastava näitaja vahel on r = 0,80...0,89, kusjuures keskmine absoluuthälve reaalaja ja lihakeha pekipaksuse vahel oli 2,2...6,2 mm. Nad märkisid samuti, et lihassilma pindala seos 10. roide kohalt mõõdetuna olid r = 0,27...0,71, keskväärtuste absoluuthälve 2,5...6,5 cm^2. Antud reaalaja näitajate korrelatsioonikoefitsientide suure varieeruvuse erinevate katsete korral põhjustasid aparaatide ebapiisav lahutusvõime,

spetsialistide kogenematus (McLaren jt, 1991) ning pekipaksuse ja lihassilma võimalik muutus, kui võrreldi rippuva lihakeha ja eluslooma mõõtmeid (Turlington, 1990).

P. L. Houghton ja L. M. Turlington (1992) uurisid ultrahelinäitajate täpsust kui võimalust lihakeha näitajate prognoosimiseks eri loomaliikidel ja leidsid, et lahknevusi mõõtmistulemustes põhjustavad loomaliik, spetsialist ja aparaat. Nad märkisid, et korrelatsioon oli kõige lihtsam täpsuse hindamise meetod, kuid korrelatsioonikoefitsient pole siiski piisavalt hea mõõde täpsuse hindamiseks, sest

1) seoseid mõjutab uuritavate populatsioonide sisene variatsioon,
2) korrelatsioonid ei peegelda nihke pidevat ala- või ülehindamist,
3) korrelatsioonid pole tööstuste jaoks kergesti mõistetavad.

Nad soovitasid kasutada ultraheli ja lihakeha näitajate vahelist absoluuthälbe sagedusjaotust kui parimat täpsuse hindamise meetodit.

B. S. Smith jt (1992) leidsid, et 10. roide kohalt B-moodiga mõõdetud pekipaksus oli keskmiselt 4,4 mm väiksem kui vastavad lihakehade mõõtmed, ja absoluuterinevus oli 4,78 mm. S. J. Moeller (1990), kasutades Aloka 500 aparaati, mis oli varustatud 3,5 MHz 12,5 cm lineaaranduriga, leidis keskmiseks alahindamise nihkeks pekipaksusel 10. roide kohalt mõõdetuna 2,0 mm ja lihassilma pindalal 2,3 cm^2. L. M. Turlington (1990) leidis 1,0 mm alahinnatud nihke, kui võrdles reaalajaga pekipaksust rippuva lihakeha näitajatega, ja 1,0 mm ülehindamise, kui võrdles B-moodiga pekipaksust püsti seisvate külmutatud lihakehade mõõdetega. See toetas teooriat, et peki- ja lihaskiht võivad muutuda, kui lihakeha riputatakse tagajalgu pidi üles. R. O. Bates jt (1994) leidsid lihase kvaliteedi mõju B-moodiga saadud mõõtmete täpsusele, mõõdetud Aloka 500 aparaadiga, mis oli varustatud 3,5 MHz ja 12,5 cm lineaarse anduriga ning näitas, et normaalse kvaliteediga lihassilma pindala reaalaja mõõtmed olid väiksema alahinnatud nihkega (–0,19 cm^2 ***vs.*** –2,9 cm^2) ja absoluuthälbega (–1,9 cm^2 ***vs.*** –4,83 cm^2) kui heledal, pehmel ja vesisel (PSE) lihassilmal.

D. L. Robinson jt (1992) kirjeldasid variatsioonstatistilist näitajat, nimetades selle prognoosi standardveaks (SEP) kui ultraheli mõõtme täpsuse parimat iseloomustajat võrreldes lihakehaga.

SEPi statistiline näitaja leitakse järgmise valemi abil:

$$\text{Prognoosi standardviga} = \sqrt{\frac{\sum(\text{lihakeha}_i - \text{ultraheli}_i - \text{nihe})^2}{N_i - 1}},$$

kus i = 1...n;
nihe = lihakeha ja ultraheli mõõtmete vaheline keskmine erinevus analüüsitava alamhulga siseselt ja
N_i = loomade arv analüüsitavas alamhulgas.

Seda valemit kasutades hinnatakse täpsust pärast keskmise nihkega korrigeerimist ja üksikuid suuremaid vigu (lihakeha ja ultraheliga saadud mõõtmete vahelisi hälbeid) käsitletakse hoopis tõsisemalt kui paljusid väikesi selle tõttu, et hälbest võetakse ruutjuur. S. J. Moeller ja L. L. Christian (1998) leidsid pekipaksuse 1,15 mm keskmise alahinnatud nihke, 2,77 mm keskmise absoluuthälbe ja 3,21 mm keskmise SEPi. Uurimuses kasutati 1095 puhtatõulist siga kaheksast tõust ning võrreldi B-moodi ja lihakeha mõõtmeid. Selles uurimuses kasutati Aloka 500 aparaati, mille eraldusvõime oli 512 x 512. Samas katses näitas B-mood alahinnatud nihet 0,16 cm^2, keskmist absoluuthälvet 3,29 cm^2 ja SEPi 3,99 cm^2.

Kui lihakeha pekipaksuse ja lihassilma andmeid analüüsiti standardiseeritud mõõtmete tasemete siseselt, leiti, et reaalajas saadud lahjade sigade pekipaksus (<24,1 mm) on veidi ülehinnatud (0,5 mm) ja paksu pekiga sigade pekipaksus (>24,0 mm) oli alahinnatud (1,0...3,1 mm), kusjuures SEPi väärtus oli märgatavalt parem sigadel lihakeha pekipaksusega alla 30,3 mm (SEP = 3,1 mm ***vs.*** 3,8 mm). Reaalaja ultraheliaparaat ülehindas lihassilma pindala 2,32 cm^2, kui lihassilma pindala oli <32,3 cm^2, ja alahindas 2,26 cm^2 võrra, kui lihassilma pindala oli <39,1 cm^2. See uurimus kinnitas varasemaid tulemusi, et lihakeha mõõtmed mõjutavad ultraheliga hindamise täpsust.

F. Cisneros jt (1996) võrdlesid põiki- ja pikisuunalist reaalaja tehnikat elussigadel kui lihakeha taitükkide saagikuse ja rasvavaba tailiha sisalduse prognoosijat. Nende tulemused näitasid väikest erinevust prognoosivõimes (R^2), kui võrreldi põikisuunalist ja pikisuunalist skaneerimist. Sondi pikisuunaline paiknemine oli palju täpsem, kui mõõdeti viimasest roidest eespool. Paranenud kujutise lahutus, suurenenud lahutusvõime (512 x 512 joont) ja paranenud kujutise kontrastsus (64...256 halltooni) on parandanud ultraheli kasutatavust lihassilma pindala mõõtmiseks. Parem kvaliteet lubas ultraheli kujutise külg- ja

alumisi piire palju hõlpsamini määrata ja kergemini tõlgendada ning seetõttu paranes meetodi täpsus.

Ehkki ultraheliseadmeid, mis tekitavad kujutise reaalajas, kasutatakse praegu loomakasvatuses kõige laialdasemalt, on erinevad ultraheliaparaadid lisatud ultraheli täpsuse ülevaatesse, mis on kokku võetud loomaliikide kaupa (sead, lambad ja lihaveised) tabelis 3.

Tabel 3. Ultraheli täpsus sigade, lammaste ja lihaveiste mõõtmisel (Houghton, Turlington, 1992)

Allikas	Instrument	Mõõtmiskoht[a]	Täpsus (r)
		Sead	
J. R. Stouffer jt, 1961	Sperry reflektoskoop	PP 12. roidelt	0,92
		SLP	0,72
		SL läbimõõt	0,47
W. A. Gillis jt, 1972	A-mood ultraheli	SLP	0,68
L. R. Giles jt, 1981	Sonatest	PP	0,90
	Scanprobe	PP	0,75 kuni 0,80
	Scanogram	PP	0,94
H. J. Mersmann, 1982	Scanogram mudel 722	PP kehapikkuse 1/5, 1/2 ja 3/4 punktis	0,20 kuni 0,91
		SLP	0,49
J. C. Forrest jt, 1989	Technicare 210 DX	PP 1. roidelt	0,54
		PP viimaselt roidelt	0,85
		PP viimaselt nimmelülilt	0,85
		PP 10. roidelt	0,71
		SLP	0,65 kuni 0,68
D. M. Lopes jt, 1987	Technicare 210 DX	PP 10. roidelt	0,80 kuni 0,89
		PP viimaselt roidelt	0,75 kuni 0,89
		SLP	0,27 kuni 0,70
D. G McLaren jt, 1989	Technicare 210 DX	PP 10. roidelt	0,55
		PP viimaselt roidelt	0,55
		Keskmine PP	0,62
		SLP	0,61
L. M. Turlington, 1990	Technicare 210 DX	PP 1. roidelt	0,74 kuni 0,90
		PP viimaselt roidelt	0,83
		PP viimaselt nimmelülilt	0,90
		PP 10. roidelt	0,88 kuni 0,93
		SLP	0,91 kuni 0,93

(Tabel 3 järg)

Allikas	Instrument	Mõõtmiskoht[a]	Täpsus (r)
		Lambad	
D. H. Campbell jt, 1959	Somascope	SLP	0,44 kuni 0,79
W. G. Moody jt, 1965	Mudel 5	LMA	0,52 kuni 0,66
J. M. Thompson jt, 1977	Scanogram	PP 12. roidelt	0,74
		PP puusanuki kohalt	0,64
J. M. Gooden jt, 1980	AIDD prototüüp	PP viimaselt roidelt	0,80 kuni 0,91
A. J. Kempster jt, 1982	Scanogram	SLP	0,50
	Danscanner	SLP	0,48
J. W Edwards jt, 1989	Technicare 210 DX	PP 12. roidelt	0,62
L. M. Turlington, 1990	Technicare 210 DX	PP keskelt viimaselt roidelt	0,48
		PP viimase roide 3/4 kohalt	0,63
		Saba PP	0,42
		SLP	0,58
		Lihaveised	
H. Harada, K. Kumazaki, 1980	Scanogram	RKP 5...8. roidelt	0,85 kuni 0,97
		SLP	0,83 kuni 0,92
		Marmorsus	0,77 kuni 0,91
H. Harada jt, 1985	Kaijo B-mood	RKP 12. roidelt	0,63
	Scanningsprobe	SLP	0,86
		Marmorsus	0,78
J. R. Stouffer, H. R. Cross, 1985	Technicare 210 DX	Laudja PP	0,53
		RKP 12. roidelt	0,78
		SLP	0,87
		Marmorsus	0,21
G. Rouse, F. C. Parrish, 1987	G. E. Datason	Sumbumine	0,54(M[b])
			0,53(L[c])
M. T. Smith jt, 1988	Technicare 210 DX	RKP 12. roidelt	0,81
		SLP	0,20 kuni 0,43
J. W. Turner, 1988	Technicare 210 DX	RKP 12. roidelt	0,81 kuni 0,94
		SPL	0,71 kuni 0,94
D. B. Faulkner jt, 1989	Technicare 210 DX	RKP 12. roidelt	0,89
D. Hale, 1989	Technicare 210 DX	RKP 12. roidelt	0,80 kuni 0,83
		SLP	0,74 kuni 0,82
J. R. Stouffer jt, 1989	Technicare 210 DX	RKP 12. roidelt	0,86
		SLP	0,76

(Tabel 3 järg)

Allikas	Instrument	Mõõtmiskoht[a]	Täpsus (r)
T. C. Perry jt, 1989	G. E. Datason	Aba PP	0,45
		Esikülje PP	0,60
		Laudja PP	0,62
		RKP 12. roidelt	0,86
		SLP	0,76
		Sumbumine	0,56 (M[b] & L[c])
		Kui RKP < 2 cm	
		SLP	0,80
		Sumbumine	0,62 (M[b] & L[c])
C. A. Strasia jt, 1989	Technicare 210 DX	RKP 12. roidelt	0,55
D. A. Duello jt, 1990	Aloka 633	RKP 12. roidelt	0,87
		SLP	0,75
		L-väärtus	0,20 kuni 0,40 (M[b] & L[c])
S. Henderson-Perry, 1990	Equisonics	RKP 12. roidelt	0,85
		SLP	0,71
P. L. Houghton jt, 1989	Technicare 210 DX	RKP 12. roidelt	0,87
		SLP	0,78
T. C. Perry jt, 1990	G. E. Datason	RKP 12. roidelt	0,96
		SLP	0,90
M. T. Smith jt, 1990	Technicare 210 DX	RKP 12. roidelt	0,82
		SLP	0,63

[a] SLP – selja pikima lihase ristlõikepindala; PP – pekipaksus; RKP – rasvakihi paksus;
[b] marmorsuse väärtus, mis on saadud lihakeha visuaalsel hindamisel;
[c] lipiidide sisaldus, mis on saadud keemilise analüüsi teel.

Enamik ultraheli täpsuse uuringute tulemusi on esitatud korrelatsioonikoefitsiendina (r). Ehkki korrelatsioonikoefitsienti saab kasutada paljudel juhtudel, on tähtis mõista, millised piirangud on ultraheli mõõtmistäpsusel. Need piirangud on Houghtoni ja Turlingtoni (1992) andmetel järgmised:

1) populatsiooni variatsioon mõjutab korrelatsioonikoefitsiente, s.o normaalsest suurem variatsioon põhjustab tihedamat, ühtlane populatsioon palju nõrgemat korrelatsiooni;
2) korrelatsioonikoefitsient on nihketa, aga ultraheli metoodika hindab mõõtmistulemusi pidevalt üle või alla;
3) korrelatsioonikoefitsient pole paljudele arusaadav.

Neid piiranguid arvesse võttes tuleks käsitleda alternatiivseid meetodeid mõõtmistäpsuse andmete esitamiseks. Üks andmete esitamise võimalus

on sagedusjaotus. Tabelid 4…6 annavad sellest meetodist ülevaate ja esitavad ultraheli mõõtmistäpsuse tulemusi sigadel, lammastel ja lihaveistel.

Tabel 4. Ultraheliga mõõdetud pekipaksuse ja selja pikima lihase ristlõikepindala (SLP) sageduse võrdlus elussigadel vastavalt lihakeha andmetele[a]

Pekipaksus 10. roide kohalt		SLP	
± cm	kumulatiivne %[b]	± cm^2	kumulatiivne %[b]
0,25	75	0,63	43
0,50	90	1,25	59
0,75	95	1,88	76
1,00	98	2,50	85

[a] 75 siga tapeti 1 päev pärast ultraheliga skaneerimist; kasutati ultraheliaparaati Technicare 210 DX (Turlington, 1990);
[b] sigade koguarv protsentides, kelle ultraheliga mõõtmise tulemused vastasid etteantud piirides lihakeha andmetele.

Tabel 5. Ultraheliga mõõdetud pekipaksuse ja selja pikima lihase ristlõikepindala (SLP) sageduse võrdlus eluslammastel vastavalt lihakeha andmetele[a]

Pekipaksus 12. roide kohalt		SLP	
± cm	kumulatiivne %[b]	± cm^2	kumulatiivne %[b]
0,10	69	0,20	61
0,20	93	0,40	68
0,30	99	0,60	71
0,40	100	0,80	100

[a] 160 lammast tapeti 2 päeva pärast ultraheliga skaneerimist; kasutati ultraheliaparaati Technicare 210 DX (Turlington, 1990);
[b] lammaste koguarv protsentides, kelle ultraheliga mõõtmise tulemused vastasid etteantud piirides lihakeha andmetele.

Tabel 6. Ultraheliga mõõdetud rasvakihi ja selja pikima lihase ristlõikepindala (SLP) sageduse võrdlus elusmullikatel vastavalt lihakeha andmetele[a]

Rasvakiht 12. roide kohalt		SLP	
± cm	kumulatiivne %[b]	± cm^2	kumulatiivne %[b]
0,10	58	3,12	32
0,20	84	6,25	79
0,30	90	9,38	88
0,40	98	12,50	97
0,50	100	15,62	100

[a] 127 mullikat tapeti 7 päeva pärast ultraheliga skaneerimist; kasutati ultraheliaparaati Technicare 210 DX II (Houghton, 1988);
[b] mullikate koguarv protsentides, kelle ultraheliga mõõtmise tulemused vastasid etteantud piirides lihakeha andmetele.

Hoolimata kasutatud mõõtmistäpsuse uurimuste metoodikast on selge,

et lihakehade tunnuste prognoosimisel ultraheli abil on märgatavad erinevused loomaliikide, tehnikute ja ultraheliaparaatide vahel. Näiteks esineb suur variatsioon oskuses täpselt hinnata lihaveiste selja pikima lihase ristlõikepindala, mõõtes 12. ja 13. roide vahelt.

Mõõtmistulemuste suurenenud variatsiooni võimalikke põhjusi on selgitanud J. R. Stouffer (1988), kes tõi välja ebatäpsete mõõtmistulemuste põhjused:

1) mustus, naha paksus ja karvad;
2) erinev pekipaksus 12. roide kohal;
3) oskamatus sobitada selja pikima lihase mediaal- ja lateraalpoolt, kui kasutatakse jagatud ekraani tehnikat;
4) ultrahelilainetega paralleelsed pinnad (s.o pikima seljalihase pindala mediaal- ja lateraalpiirjooned).

Võrreldes A-moodi aparaati AutoFOM ja optilist sondi FOM, leidsid E. Tholen jt (1999) ning H. Henne (2000) erinevat tõugu sigu mõõtes keskmise kuni tiheda seose aparaatide vahel (tabel 7).

Tabel 7. AutoFOMi ja FOMi vaheline tailihaprotsendi seos

Tõug	n	Korrelatsioon (r)
Pjeträän	1109	0,54
Saksa väärissiga, saksa landrass	747	0,76
Pjeträäni ja F1 järglased [1]	675	0,67
65 x db-emis [2]	11 972	0,75

65 x db-emis – 65 kuldi ja db emise ristand,
[1] – E. Tholen jt (1999),
[2] – H. Henne (2000).

AutoFOMiga mõõdetud lihakehade näitajate päritavus kõikus h^2 = 0,18...0,38 (tabel 8), olles kõrgeim kõhu tailiha osakaalul ja madalaim abaosa massil (Henne, 2000). FOMiga saadud tailiha protsendi päritavus oli seevastu veidi kõrgem (h^2 = 0,41). Geneetiline korrelatsioon leiti olevat tugev kõigi tunnuste vahel (r = 0,72...0,99). Seevastu tunnustevaheline fenotüübiline korrelatsioon varieerub suures ulatuses (r = 0,18...0,86).

E. Tholen jt (1999) võrdlesid aparaatidega FOM ja AutoFOM ning Bonneri ZP-valemiga leitud tailihaprotsendi erinevust eri tõugudel (tabel 9). Leiti, et suurim tailiha osakaal uuritud tõugudel saadakse ZP-meetodit kasutades. Aparaatidega leitud tailihasisaldus oli küllalt sarna-

ne, erinedes 0,3...1,3% võrra. Kõige suurem erinevus aparaatide ja ZP-meetodi vahel leiti kultidel (7%).

Tabel 8. Lihakeha näitajate päritavus (diagonaalil), fenotüübiline (all vasakul) ja geneetiline (ülal paremal) korrelatsioon (Henne, 2000)

Tunnus	Sink, kg	Selja pikim lihas, kg	Kõhu tailiha-sisaldus, %	Abaosa mass, kg	FOM tai-lihasisaldus, %
Sink, kg	***0,28***	0,92	0,99	0,93	0,86
Selja pikim lihas, kg	0,66	***0,25***	0,87	0,73	0,72
Kõhuosa tailihasisaldus, %	0,86	0,68	***0,38***	0,97	0,87
Abaosa mass, kg	0,66	0,37	0,71	***0,18***	0,88
FOMiga tailihasisaldus, %	0,66	0,49	0,75	0,57	***0,41***

Tabel 9. FOMi, AutoFOMi ja ZP-meetodiga (Bonneri valem) leitud tailihasisaldus (%)

Tõug	FOM		AutoFOM		ZP-meetod	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Pjeträän (emis)	61,0	2,1	62,3	2,4	64,0	2,0
Landrass, väärissiga (kult)	51,5	3,4	51,8	3,8	58,8	2,1
Pjeträän x F1 (emis)	57,9	2,4	58,9	2,7	60,9	1,9
Kokku	57,4	4,7	58,3	5,3	61,6	3,0

AutoFOMiga mõõdetud puhtatõuliste pjeträäni sigade tailihasisaldus oli madala päritavusega ($h^2 = 0,20$), FOMiga ja ZP-meetodil leitud tailihasisalduse päritavus aga kõrge, vastavalt $h^2 = 0,80$ ja $h^2 = 0,84$ (Tholen jt, 1999). Väike erinevus leiti ka pjeträäni ja F1 ristanditel (tabel 10), kuid saksa landrassi ja saksa väärissea puhul oli aparaatidega mõõdetud tailiha osakaalu päritavus võrdne ($h^2 = 0,70$).

Tabel 10. Tailihasialduse päritavus erinevate mõõtmismeetodite andmetel

Mõõtmismeetod	Pjeträän		Pjeträän x F1		SL, SE	
	h^2	s_h^2	h^2	s_h^2	h^2	s_h^2
FOM	0,80	0,09	0,65	0,07	0,70	0,09
ZP-meetod	0,84	0,09	0,70	0,07	0,79	0,11
AutoFOM	0,20	0,05	0,49	0,11	0,70	0,07

SL – saksa landrass, SE – saksa väärissiga

Et ultraheliga mõõdetud selja pikima lihase ristlõikepindala on enamasti ainult mõõdukalt seotud lihakeha näitajaga, pole mõtet omistada üksikule mõõtmele liialt suurt tähtsust. Kasutades näitena lihaveiste andmeid, on võimalik ennustada selja pikima lihase ristlõikepindala veapiirides 6,25 cm^2 79%-l juhtudest. Siiski 21%-l juhtudest üle- või alahinnatakse selja pikima lihase ristlõikepindala üle 6,25 cm^2 ja umbes

12%-l juhtudest hinnatakse selja pikima lihase ristlõikepindala veaga üle 9,38 cm^2.

Kui sellised andmed on valdavad, pole ultraheliga mõõdetud individuaalsed selja pikima lihase näitajad piisavalt täpsed, et kasutada neid kommerts- või teaduslikel eesmärkidel. Vastupidiselt, kui selliseid andmeid kasutatakse grupi või protseduuri hindamiseks, on need ilmselt kasulikud. Näiteks kui on teada, et sellises tehnoloogias eksisteerib viga, ning kui eeldatakse, et viga on uuritud gruppides juhuslik ja piisav arv loomi on testitud, võib ilmselt julgelt öelda, et keskmiselt võttes on ultraheliga saadud andmed suhteliselt täpsed.

Ultraheli mõõtmistäpsuse üle diskuteerides on veel teinegi aspekt, mida peab käsitlema. See on seotud pekipaksuse ja selja pikima lihase ristlõikepindala ultrahelinäitajate vahelise korrelatsiooniga ja nende seosega lihakeha teiste näitajatega ning selle seose tähtsusega.

Põhjus, miks me vaatleme alati teatud kindlaid lihakeha näitajaid, on see, et nad on kogu lihakeha lihasuse indikaatorid. Seda arvestades oleks otstarbekam pekipaksuse ja selja pikima lihase ristlõikepindala ultrahelinäitajate sidumine kogu lihakeha lihaskoe massiga kui lihakeha üksikute näitajatega. Lisaks on võimalik identifitseerida teisi lihasgruppe, mis annaksid kogu lihakeha lihaskoest parema ülevaate kui selja pikima lihase ristlõikepindala. Sel juhul oleks vale soovitada ultraheli laialdast kasutamist selja pikima lihase ristlõikepindala mõõtmiseks. Selle käsitlusega ühtivad ka H. G. Dolezali jt (1989) katsete tulemused. Nad märkisid, et pekipaksuse ja selja pikima lihase ristlõikepindala järgi saab prognoosida kogu lihakeha koostist, kuid mitte üksikute lihakeha osade koostist.

1.2.4. Prognoosi täpsuse parandamine

Elusloomade mõõtmiseks kasutatavad ultraheli- või muud tehnoloogiad peavad tagama tailiha- ja pekimassi või keha koostise (s.o tailiha- ja pekisisaldus) mõõtmise täpsuse vastavalt sellele, millise elusmassi või hindamissüsteemi juures on see kasutamiseks ette nähtud. Tunnuse parandamise olulisuse määramine põhineb jääkstandardhälbe analüüsil või prognoosimise vea dispersioonil. Mis tahes prognoosimise väärtuse üle saab kõige paremini otsustada, kontrollides saadud jääkdispersiooni erinevust tunnuse prognoositud ja tegeliku väärtuse vahel

(Wilson, 1992). Prognoosimisest on suurepärase ülevaate teinud M. D. MacNeil (1983). G. L. Bennett jt (1982) näitasid, et tailiha- ja pekinäitajate prognoosi saab kasutada valiku tegemisel, kusjuures peab täpselt kindlaks tegema näitajate erinevused sama tõugu loomade vahel, keda peetakse sarnastes tingimustes ning korrigeerima veel mõõdetavatele erinevustele, nagu näiteks elusmass.

Mitmed uurijad on näidanud, et tapaeelne elusmass on kõige tähtsam tunnus lihakeha massi prognoosimisel. Elusmass aga pakub vähe võimalusi keha koostise prognoosimiseks, sest paljud faktorid mõjutavat lihaloomade nuuma taset. S. D. M. Jones jt (1982) märkisid, et elusmass oli kõige tähtsam muutuja lihaveiste lihakeha rasva ja tailiha massi prognoosimisel. T. Henningsson jt (1986) leidsid, et elusmass kirjeldas kõige täpsemalt lihaveiste lihakeha, lihaste, rasva ja väärtuslike osade massi. Need teadlased arvasid, et suurem elusmass vähendas lihakeha massi, lihaste, peki, väärtuslike osade ja lihakeha väärtuse prognoosivea dispersiooni vastavalt 91, 84, 35, 71 ja 84%. T. Henningsson jt (1986) märkisid, et suurem elusmass ei vähenda tailiha protsendi prognoosivea dispersiooni, kuid suurem elusmass alandab vea dispersiooni 5% võrra peki osakaalu prognoosimisel.

J. Jansen jt (1985) leidsid, et hollandi pullidel saab nii lihakeha väärtust kui ka tailihamassi määrata enamasti elusmassi järgi ($R^2 = 0,81$ ja $R^2 = 0,79$). Uurijad väitsid, et tailihasisaldust mõjutas ainult elusmass, kuid väga nõrgalt ($R^2 = 0,16$), mingit mõju polnud ultrahelitestil saadud rasvakihil ja lihassilma pindalal. C. M. Bailey jt (1986) leidsid holsteini x friisi ristandpullide uurimisel, et tailihasisalduse variatsioonist 39% kirjeldas elusmass ja teised keha lineaarsed näitajad, aga koos ultrahelinäitajatega tõusis see veel 17% võrra.

M. A. Wallace jt (1977) uurisid herefordi ja anguse pullmullikaid ning leidsid, et tapaeelne elusmass kirjeldas väärtuslikemate osade massi ja väljatuleku variatsioonist 50 ja 53%. 12. roide ja nimme kohalt ultraheliga mõõdetud rasvakiht parandas väärtuslikemate osade variatsiooni kirjeldamist 17% ja suurendas mõõtmise täpsust jääkstandardhälbe vähenemise näol (4,78 kg ***vs.*** 6,23 kg, kui kasutati ainult elusmassi). Väärtuslikemate osade osakaalu ja väljatulekut kirjeldas kõige paremini ultraheliga mõõdetud rasvakiht. Lihassilma pindala ei mõjutanud oluliselt ei massi ega protsentuaalse sisalduse prognoosi.

Erinevaid seoseid on saadud keha koostise prognoosimisel elusmassi järgi. A. J. Kempster jt (1982) leidsid, et elusmass oli enamasti kõige efektiivsem näitaja lihakeha koostise prognoosimisel, kui seda kasutati üksi. Prognoositase oli veelgi kõrgem, kui mitme tunnuse regressioonil kasutati lisaks elusmassile ka ultrahelinäitajaid. Kuigi elusmassil oli tihe seos peki ja lihaskoe kogumassiga, oli see nõrgalt seotud nende protsentuaalse sisaldusega (Thompson jt, 1977; Sents jt, 1982). J. M. Thompson jt (1977) leidsid lisaks, et pekipaksus 12. roide ja puusanuki (***tuber coxae***) kohal olid kõige paremad pekisisalduse prognoosijad. J. W. Edwards jt (1989) leidsid, et elusmass oli kõige halvem lihakeha väljatuleku prognoosija. Nad märkisid, et kuni leitakse parem eluslammaste keha koostise hindamismetoodika, on parim kogenud hindaja poolt antud konstitutsiooni subjektiivne hinnang.

Eespool mainitud tulemused soovitavad, et ultraheli väärtust ei peaks hindama lahus tapaeelsest elusmassist, eriti kui prognoositakse tailiha ja peki masse. Mitme tunnuse regressioonimeetod, mis sisaldab valemis elusmassi kui esimest sõltumatut tunnust, tagab, et variatsiooni, mida ei seletata elusmassi poolt, kirjeldab teine prognoosija (Fortin, Shresta, 1986).

1.2.5. Lihakeha asend ja ultraheli mõõtmistäpsus

Ultraheli on aastaid kasutatud lihaloomade konstitutsiooni hindamiseks, ehkki osa uurijaid on leidnud elusloomadel lahknevusi lihakeha näitajate prognoosimisel (Giles jt, 1981; Sather jt, 1982). H. J. Mersmanni (1982) arvates on mõne sellise erinevuse põhjuseks koemuutused, mis leiavad aset lihakeha jahtumisel. E. Lauprecht jt (1957) uurisid lihakeha jahutamise mõju nahaalusele pekipaksusele, kuid leidsid vaid mõne väikese erinevuse. L. M. Turlington (1990) aga järeldas, et lihakeha asend mõjutab lihakeha näitajaid, järelikult on sel märgatav mõju ultraheli mõõtmistäpsusele. Selles uurimuses testiti 25 orikat (kolmes grupis) üks päev enne tapmist. Pärast tapmist riputati igast lihakehast üks pool rööbaspuule traditsioonilisel viisil või asetati püstiasendisse, kasutades selleks spetsiaalselt ehitatud raamistikku. Tabel 11 annab ülevaate seisvate ja rippuvate lihakehade tegelikest pekipaksuse ja selja pikima lihase ristlõikepindala näitajatest, mida on võrreldud elusloomadelt saadud ultrahelinäitajatega (Turlington, 1990).

Need andmed näitavad, et elusloomade ja seisva lihakeha pekipaksuse näitajad statistiliselt oluliselt ei erine, kuid statistiliselt oluline erinevus on eluslooma ja rippuva lihakeha näitajate vahel. Kõigil juhtudel ületasid rippuvalt lihakehalt võetud mõõdud elusloomade või seisva lihakeha omi. Selja pikima lihase ristlõikepindala oli elusloomadel seisva ja rippuva lihakeha näitajate vahepealne, kusjuures erinevus oli statistiliselt oluline.

Tabel 11. Elusloomade ultrahelitesti (Technicare 210DX) ja lihakehade näitajad

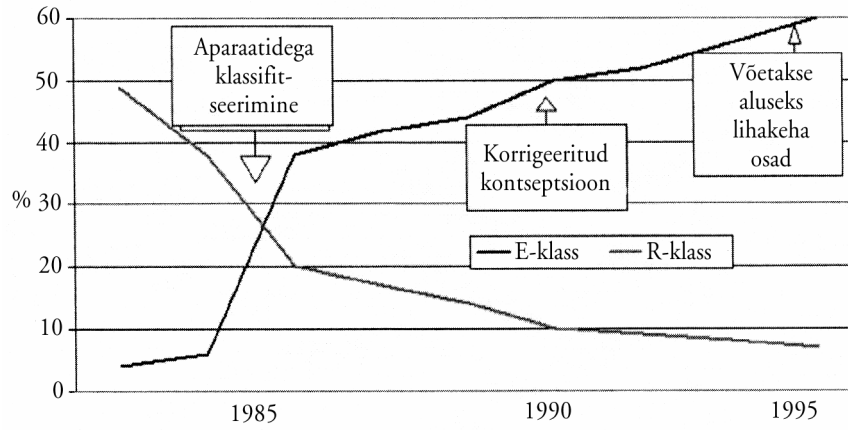
Tunnus	Elussiga	Lihakeha	
		seisev	rippuv
Pekipaksus, cm			
1. roide kohalt	3,9[b]	3,9[b]	4,3[c]
viimase roide kohalt	2,6[b]	2,6[b]	2,8[c]
viimase nimmelüli kohalt	2,8[b]	2,7[b]	3,0[c]
10. roide kohalt	3,0[b]	2,9[b]	3,1[c]
Selja pikima lihase ristlõikepindala, cm^2	34,6[b]	34,0[c]	35,8[a]

[a, b, c] – sama rea erinev ülaindeks kinnitab statistiliselt usutavat erinevust.

Ehkki sarnaseid andmeid pole lammaste ja lihaveiste kohta, võib eeldada, et lihakeha asend mõjutab selle näitajaid sarnaselt ka teistel liikidel.

1.2.6. Ultraheli kasutamine sigade aretuses

Ultrahelitehnoloogia kasutamist seakasvatuses dateeritakse 1950ndate aastate lõpuga, kui A. Claus (1957) esitas uurimisandmed ultraheli kasutamise võimalikkuse kohta elussigade lihakehade hindamisel. Sellele artiklile järgnesid kiiresti täiendavad uurimused (Hazel, Kline, 1959; Price jt, 1960[a,b]; Stouffer jt, 1961), mis kirjeldasid elussigadelt ultraheliga ja metallsondiga saadud näitajate täpsust. Need esmased uurimistulemused olid tihedalt seotud lihatööstustes planeeritavate muutustega, mis nägi ette pekipaksuse vähendamist ja tailiha osakaalu suurendamist sigade populatsioonides ja sigade kontrollkatsejaamade rajamist nii Põhja-Ameerikas kui ka Euroopas. Ultraheli varajasest kasutamisest alates on geneetikud, söötjad, lihauurijad ja insenerid aktiivselt taotlenud metodoloogia arendamist ja täiustanud ultraheli kasutamist sealiha kvaliteedi parandamisel (joonis 9).



Joonis 9. Sigade tailiha osakaalu muutus ultraheliaparaadiga klassifitseerimise tulemusena Saksamaal (Branscheid jt, 1997)

Sigade reproduktsiooni parandamine oli ultraheli kasutamise teiseks keskseks eesmärgiks. A. F. Fraser ja J. G. Robertson (1968) said lootustandvaid tulemusi, uurides ultraheliaparaadi Doppler kasutamise võimalusi suguemiste tiinuse avastamiseks. Nagu lihakeha koostise hindamisel viisid need esmased tulemused laiaulatuslike uurimistöödeni, parandamaks ultraheli täpsust varajasel tiinuse avastamisel. Ultrahelitehnoloogia kiire areng laiendab loodetavasti veelgi ultraheli kasutamist viljakuse suurendamiseks.

Ultraheli saab edukalt kasutada sigade aretuses, et prognoosida lihakeha turuväärtust ja taitükkide osakaalu sea tapamassist. Sigade anatoomia võimaldab väga hästi ära kasutada elusloomade hindamise andmeid rümba koostise prognoosimiseks. Et esineb piisav geneetiline varieeruvus, saavad aretajad seda tehnoloogiat edukalt kasutada. T. S. Stewart ja A. P. Schinckel (1990) koostasid kokkuvõtte sigade kasvu ja keha (104,3 kg) näitajate geneetilistest parameetritest (tabel 12).

Tabel 12. Sigade lihakeha näitajate päritavus (diagonaalil), geneetilised (diagonaalist üleval) ja fenotüübilised (diagonaali all) korrelatsioonid

Tunnus	1.	2.	3.	4.	5.
1. Pekipaksus 10. roide kohalt	***0,52***	–0,38	0,19	–0,21	–0,87
2. Selja pikima lihase ristlõikepindala	–0,35	***0,47***	0,50	–0,18	0,65
3. Tapasaagis	0,20	0,32	***0,30***	–0,32	0,65
4. Lihakeha pikkus	–0,17	–0,12	–0,21	***0,56***	0,18
5. Tailiha osakaal	–0,81	0,62	0	0,10	***0,48***

Tailiha osakaal on tihedalt ja positiivselt seotud lihassilma pindalaga ja negatiivselt pekipaksusega. Pekipaksuse ja lihassilma pindala näitajate päritavus ja tunnustevahelised seosed on paljulubavad elusloomade näitajate abil populatsioonide geneetiliseks parandamiseks.

D. G. Siers ja G. M. Thomson (1972) leidsid samuti, et selja pikima lihase läbimõõdu seos singi ja selja pikima lihase osakaaluga (r = 0,63...0,77) on sarnane lihassilma pindala seosega singi ja selja pikima lihase osakaaluga (r = 0,69...0,77). Teadlased soovitasid, et eesmärgi saavutamiseks elussigadel pole põhjendatud lihassilma pindala mõõtmine ultraheliga, sest kergemini mõõdetavat lihassilma läbimõõtu kasutades saadakse sama täpsed andmed.

T. F. Robinsoni jt (1987) uurimuses testiti 50 ristandnuumsea pekipaksust, pikima seljalihase pindala ja läbimõõtu (Philips Medical Systems Model SDR 1200) 14, 17 ja 20 nädala vanuselt. Selle töö eesmärk oli määrata seosed mõõdetud tunnuste vahel sigade erinevates vanuse- ja massigruppides. Tabelis 13 esitatud mõõdukas kuni tihe seos viib järeldusele, et nuumsigade varajane hindamine lihakeha näitajate järgi on võimalik.

Tabel 13. Erinevas vanuses nuumsigade lihaomaduste näitajate vahelised korrelatsioonikoefitsiendid (r)[a]

Tunnus[b]	17 nädalat			20 nädalat		
	PP	SLP	SLS	PP	SLP	SLS
14 nädalat						
PP	0,53	–	–	0,40	–	–
SLP	–	0,56	–	–	0,55	–
SLS	–	–	0,66	–	–	0,55
17 nädalat						
PP	–	–	–	0,65	–	–
SLP	–	–	–	–	0,62	–
SLS	–	–	–	–	–	0,80

[a] kui r>0,35, on tõenäosus P<0,01;
[b] PP – pekipaksus; SLP – selja pikima lihase ristlõikepindala; SLS – selja pikima lihase läbimõõt.

Teine uurimus, prognoosimaks sigade lihakeha näitajaid eri vanuses, viidi läbi D. G. McLareni jt (1989) poolt. Selles katses testiti 110 orikat ja emist iga 2 nädala järel alates 42. elupäevast kuni tapmiseni. Sigadel määrati pekipaksus esimese roide, viimase roide, viimase nimmelüli ja

10. roide kohalt ning selja pikima lihase ristlõikepindala 10. roide juurest. Arvutati tailiha iive ööpäevas ja kasutati mitmest regressiooni, et hinnata kehamassi ja ultraheli andmete prognoosimise taset. Teadlased leidsid, et noores eas kuni 53 kg kehamassi juures mõõdetud ultrahelinäitajate alusel prognoositud tase oli sarnane tapaeelsete näitajatega. Näiteks lihakeha ultraheliandmete suuremat keskmist korrigeeriti R^2 väärtusega kasvufaasis 22%, kasvu ja nuuma lõppfaasis 43% ja tapa eel 33%. Sellest järeldati, et ultraheliandmed võivad osutuda kasulikuks varajase valiku tegemisel ja elussigade väärtuse tapaeelsel hindamisel.

C. A. Terry jt (1989) olid huvitatud võimalusest prognoosida tailihatükkide osakaalu nuumsigadel. Nad testisid 20 nuumsiga enne ja pärast tapmist. Testimisprotsessi käigus võeti üheksa pekipaksuse ja selja pikima lihase mõõdet. Pärast tapmist üks pool igast lihakehast töödeldi neljaks tailihatükiks ja seejärel, kasutades ultraheliga saadud pekipaksuse andmeid, testiti tailiha protsendi arvutamise valemit. Testitud valemitest näitas parimat tulemust taitükkide prognoosimisel kahe muutujaga valem (R^2 = 0,83; RSD = 1,67).

See valem on esitatud järgmisel kujul: 66,55 – 4,97SKPP + 1,98SLP; kus SKPP on selja keskosa pekipaksus ***gluteus medicus***'e eesosast, SLP – pikima seljalihase ristlõikepindala 10. roide kohalt.

Kontrollimaks valemi paikapidavust testiti seda eraldi 20 nuumseaga (R^2 = 0,63; RSD = 2,04). Ehkki esines mõningane täpsuse kadu, järeldasid teadlased, et valemit saab kasutada sigade lihatükkide osakaalu prognoosimiseks. Peale selle saab seda kasutada turunduse või aretuse ja valiku eesmärkidel.

Kokkuvõte, mis on toodud tabelis 14, on piirdunud nende töödega, mis esmalt võtsid statistilisel analüüsil arvesse elusmassi ja siis leidsid jääkstandardhälbe vähenemise, kui lisati testiandmed (Kempster jt, 1979; Alliston jt, 1982; Mersmann, 1982; Sather jt, 1982; Busk, 1986[a]; Kanis jt, 1986; Terry jt, 1989). Katsete tulemused, kus kasutati ultraheli, on üldistatud, baseerudes selle tehnoloogia kasulikkusel keha koostise prognoosimise parandamiseks.

Pekitest hõlmas pindala ja/või sügavuse mõõtmist ning lihasetest ristlõike pindala mõõtmist. „Jah” või „ei” viitas või näitas, kas lisatest aitas kaasa prognoosimise täpsuse paranemisele või mitte.

Tabel 14. Kokkuvõte uurimistöödest, kus ultrahelitest (pekk ja lihas) parandas sigade lihakeha koostise prognoosimise täpsust pärast elusmassile korrigeerimist (Wilson, 1992)

Tunnus	Pekipaksusetest[a]		Lihasetest[b]	
	Jah	Ei	Jah	Ei
Tailiha osakaal	7[c]	–	3	2
Peki osakaal	2	–	–	–

[a] Pekitest hõlmas pindala ja (või) sügavuse mõõtmist.
[b] Lihasetest hõlmas ristlõike pindala mõõtmist.
[c] Iga arv näitab kirjandusallikaid, mis viitasid prognoosimise täpsuse paranemisele või mitte paranemisele.

Nende tööde protseduur sisaldas ka lihakeha dissektsiooni, eraldades peki, tailiha ja luud, et kontrollida prognoosimise valemit. Neid töid refereerides oli küsimuseks, kas ultraheliga testimine vähendab oluliselt peki (pindala ja/või paksuse) ja lihassilma pindala prognoosimise viga või parandab determinatsiooni koefitsienti (R^2) pärast elusmassi suhtes korrigeerimist. See ülevaade näitab, et pekipaksuse ultraheliga testimine parandas tailiha prognoosimist kõigil juhtudel. Mõnes töös leiti, et lihase testimine parandas samuti tailiha prognoosimise täpsust. Mõnd nendest töödest on siin kirjeldatud.

A. J. Kempster jt (1979) märkisid, et elussigade tailihasisalduse ja pekipaksuse prognoosi jääkstandardhälve oli 2,72 (Sonatest) ja 2,56 (Scanogram), kuid ainult elusmassi kasutades 3,29...3,73. H. Busk (1986[a]) leidis jääkstandardhälbe väärtuseks 1,22, kui tailihasisalduse prognoosimisel kasutati elusmassi ning ultrahelitestil saadud peki ja lihase pindala näitajaid, võrreldes 2,16ga, kui arvestati ainult elusmassi, tõugu ja sugu. Hinnates elusloomade ultrahelinäitajate võimalusi prognoosida nelja tailihatüki osakaalu, leidsid C. A. Terry jt (1989), et parimateks prognoosijateks osutusid pekipaksus viimase roide kohalt ja selja pikima lihase ristlõikepindala, kus R^2 oli 0,83 ja jääkstandardhälve 1,67.

Lisaks analüüsiti, kui kasulikuks hindasid teadlased ultraheli kasutamist aretusprogrammides. J. Naveau (1977) ning J. E. Hudson ja A. Payne-Crostin (1984) märkisid piiratud kasulikkust. Siiski rõhutasid paljud artiklid, et ultraheli mängib edaspidi väga olulist rolli sigade keha koostise prognoosimisel (Mersmann, 1982; Busk, 1986[a]; Kanis jt, 1986; Joyal jt, 1987; McLaren jt, 1989; Terry jt, 1989).

Ultraheli on võimalik kasutada hariduslikel ja uurimiseesmärkidel sigade, lammaste ja veiste juures. Tööstuse seisukohalt on ultraheli kasutamisel mitmeid puudusi. Sigadega läbiviidud uurimused näitasid, et ultraheli on edukalt kasutatav farmi tingimustes.

1.2.7. Keha koostise perioodiline mõõtmine ja tailiha kasvu modelleerimine

Tähtis ultraheli uurimisvaldkond on sigade korduv mõõtmine, prognoosimaks keha koostist erinevatel eluetappidel. Keha koostist mõjutavad söödaratsioon, kasvu ja arengu seaduspärasused. T. L. Noffsinger jt (1959), D. F. Cox (1963) ning B. Quijandria ja O. W Robinson (1971) viisid läbi korduvaid ultrahelimõõtmisi, hindamaks rasva ladestumise tõulisi ja soolisi erinevusi ning leidsid, et rasva ladestumine oli uuritud kehamassi suhtes lineaarne. M. Cooksley ja P. J. Cunningham (1977) märkisid, et 98% pekipaksuse variatsioonist kirjeldab selle lineaarne seos kehamassiga. W. T. Ahlschwede jt (1978) leidsid (54 085 siga), et pekipaksuse ja kehamassi vaheline seos oli lineaarne, mittelineaarsetel mõjudel oli ainult väike osa. H. J. Mersmanni (1984) tulemused näitasid, et mittelineaarne pekipaksuse ladestumine leidis aset selgroo kõrval 1/5 ja 3/4 kehapikkuse kohal ja lineaarne ladestumine keha keskkohas.

H. J. Mersmann (1984) leidis mittelineaarse lihassilma ladestumise suurenemise keha keskosas 56 päeva vanuselt kuni 90 kg kehamassini. D. G. McLaren jt (1989) leidsid olulise lineaarse ja teist järku regressioonikoefitsiendi korduvatele mõõtmistele 8,9...98,5 kg kehamassi vahemikus. M. W. Tess jt (1986) leidsid vastupidiselt, et rasva, tai ja valgu juurdekasv oli lineaarne 10...24 nädala vanuseni, ning S. J. Moeller (1990) leidis rasva ja lihassilma lineaarse suurenemise 70...105 kg elusmassi vahel. S. J. Moeller jt (1998) leidsid pekipaksuse ja lihassilma pindala lineaarse suurenemise 10. roide kohal ning sobivaima regressioonivalemi, mis kirjeldas variatsioonist alla 1% kehamassi vahemikus 70...105 kg.

Paranenud aretusmaterjal võimaldab saavutada suurema tailiha osakaalu ka suurema elusmassi juures. Paremad teadmised sigade söödavajadusest on laiendanud huvi ultraheli kasutamise vastu, et prognoosida keha koostist erinevate elusmasside juures. See aitab koostada ratsioone,

mis arvestavad täpsemalt toitainevajadusi tailiha juurdekasvuks. Täpsed tailiha juurdekasvu mudelid toetuvad suuresti võimalusele ultraheliga täpselt hinnata elussigadel nii peki kui ka selja pikima lihase mõõtmeid. Nii reaalaja aparaatide portatiivsus ja paranenud täpsus kui ka hästi väljaõpetatud tehnikud võimaldavad seakasvatajatel koguda perioodiliselt testimisinformatsiooni suhteliselt madala hinna eest ja välja töötada majandispetsiifilisi ratsioone, mis vastaksid sigala aretusmaterjalile ja keskkonnale.

1.2.8. Ultraheli kasutamine lihatööstustes

Lihatööstus otsib pidevalt täpset ja lihtsalt kasutatavat tehnoloogiat, et hinnata lihakeha väärtust ja arvestada seda maksmisel. Ultrahelitehnoloogia on paljudes lihatööstustes kasutusel lihakeha tailihasisalduse ja hinnatariifi määramisel. Need on suhteliselt lihtsad A-moodi tehnoloogiad, palju keerukamad B-moodi seadmed ja väga keerukad mitmikanduriga A-moodi süsteemid, mis kasutavad arvuti kujutisi, et eristada pekki ja lihaskude. Ultraheli kasutamise peamine ja mõnikord pidev probleem lihatööstustes on oskus pidevalt saavutada vajalik kontakt anduri ja lihakeha vahel kiirusel, mis ületab 1000 lihakeha tunnis. Ebapiisav sondi ja lihakeha kokkupuude põhjustab kas lugemi puudumise või suurte mõõtmisvigadega tulemuse. Teine probleem on seotud ultraheliaparaatide vastupidavusega keskkonnas, mis on sageli kaugel ideaalsest. Anduri nurga ja asendi muutus vastavalt lihakehade anatoomilistele iseärasustele on samuti kriitilisteks faktoriteks, mis mõjutavad mõõtmistäpsust (Moeller, 2002).

1.2.9. Spetsialistide haridus ja atesteerimine

Püüdes parandada seakasvatuses kogutud ultraheliandmete täpsust ja ühtlikkust, korraldab ***National Swine Improvement Federation*** Ameerika Ühendriikides ultrahelialast koolitust ja atesteerimist igal aastal alates 1993. a. Selliste töögruppide eesmärk on korraldada foorumeid ultrahelispetsialistidele, et arutada kriitilisi faktoreid üle, mis mõjutavad protseduuri täpsust. Koolitusprogramm on keskendunud

1) loomade anatoomia mõistmisele,
2) ultraheli kasutamisele vastavalt looma anatoomiale,
3) faktoritele, mis mõjutavad kujutise kvaliteeti ja ühtlikkust,
4) kujutise tõlgendamisele,
5) selgitustele, miks ja kuidas täpsust hinnatakse.

Spetsialisti atesteerimine koosneb praktilisest testimisest, mille kestel tuleb testida ja tõlgendada ultraheliga mõõdetud 50 nuumsea pekipaksust ja lihassilma pindala. Nuumsead nummerdatakse ümber ja testitakse teist korda, et hinnata pekipaksuse ja lihassilma pindala korduvust iga spetsialisti puhul. Ultrahelimõõtmeid võrreldakse kahe kogenud lihateadlase poolt mõõdetud poolitatud lihakeha näitajatega. Nõue on, et maksimaalne hälve kahe lihakehapoole mõõtmete vahel poleks üle 1,3 mm pekipaksusel ja 1,29 cm^2 lihassilma pindalal. Pekipaksuse atesteerimise kriteerium on järgmine: prognoosimise standardviga 3,8 mm, korduvus 3,8 mm ja nihe ±3,8 mm. Lihassilma pindala atesteerimise kriteerium on järgmine: prognoosimise standardviga 3,22 cm^2, korduvus 3,22 cm^2 ja nihe ±3,22 cm^2. Spetsialistid peavad vastama kõigile kriteeriumidele (prognoosimise standardviga, korduvus ja nihe), et saada atesteeritud pekipaksuse ja/või lihassilma pindala määramiseks. Sertifikaadi kestus on 2 aastat (Bates jt, 1994).

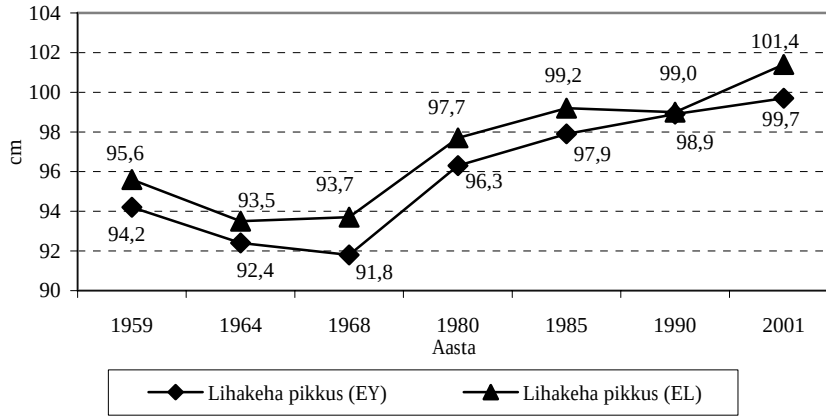
1.3. Sealiha kvaliteedi uurimine Eestis

Sugulavades aretatavate sigade väärtuse hindamiseks asutati 1927. a Vasula kodumajanduskooli ning Õisu riigimõisa kontrollkatsejaamad. Need töötasid aga lühikest aega (Laanmäe, 1994).

1928. a lõpul alanud Inglismaa majanduskriis tõi kaasa sigade ekspordi vähenemise ja sealiha ekspordihinna languse. Seoses sellega hakati enam tähelepanu pöörama sealiha kvaliteedile. Alates 1929. aastast jaotati peekonisigade ostupiirkonnad tapamajade vahel ning peekoni eest hakati maksma tapamassi ja lihakehade sordi alusel (Laanmäe, 1994). Alles 1931. a asutati Kuremaa kontrollkatsejaam, mis töötas kuni 1941. a.

ELVI Tähtvere Vorbuse osakonnas korraldati 1954...1955 katse eesti lontkõrvaliste sigade nuuma- ja lihaomaduste selgitamiseks. Leiti, et sigade lihakeha seljapekk oli ühtlane ja puhta valge värvusega ning kõhuliha hästi läbikasvanud lihaskoega ja marmorja struktuuriga. Liha ja peki keemiline koostis ning füüsikalis-keemilised näitajad iseloomustasid katsesigade liha ja peki kõrget kvaliteeti. Lihakehade keskmine pikkus oli 98,4 cm ja lihakeha pooled kaalusid 27,2...31,8 kg (Laanmäe, 1994).

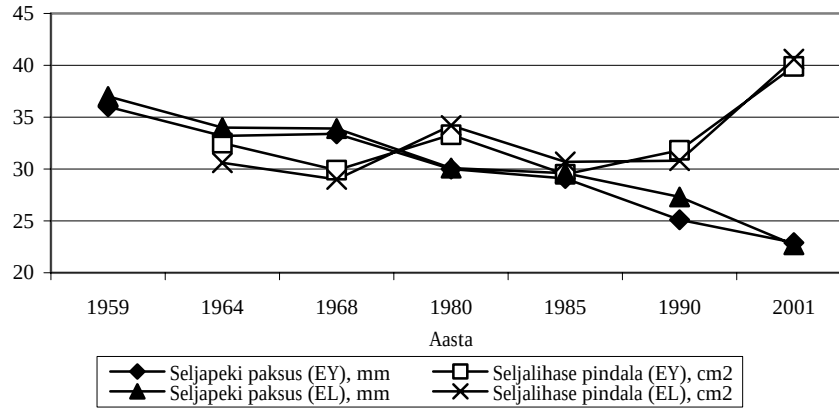
Samal ajal uuriti ka eesti lontkõrvaliste ja suurt valget tõugu sigade ristamise efektiivsust poolrasvanuumal. V. Laanmäe (1956) leidis, et ristanditel oli paksem seljapekk ja pikem lihakeha kui puhtatõulistel. Ristanditel oli viie mõõtme keskmine seljapekk 0,21 (lontkõrvaline ♂ x suur valge ♀) ja 0,33 mm (suur valge ♂ x lontkõrvaline ♀) paksem kui puhtatõulistel. Tänu sellele saadi ristandsigadelt rohkem kõrgemasse, poolrasva rammususe kategooriasse hinnatud lihakehasid (joonis 10).



Joonis 10. Eesti suurt valget (EY) ja eesti maatõugu (EL) sigade lihakeha pikkuse muutus aastate lõikes Kehtna SKJ andmetel (Laanmäe, 1962, 1965, 1969, 1981, 1986; 1991; Autori..., 2003)

1957. a alustas tööd Kehtna Seakasvatuse Katsejaam (SKJ), kus esimesed kontrollnuuma katsed viidi läbi aasta hiljem.

Esialgu vähenes lihakeha pikkus, olles kõige lühem 1968. aastal. 1980. aastaks oli eesti peekoni tõugu sigade lihakeha aga pikenenud 4 cm ja suuret valget tõugu sigadel 4,5 cm. Järgnevatel aastatel oli lihakeha pikkuse suurenemine tagasihoidlikum, ületades 2001. aastal eesti maatõugu sigadel 100 cm, kuid samas eesti suurt valget tõugu sigadel jäi meetrist puudu 3 mm (joonis 11).



Joonis 11. Eesti suurt valget (EY) ja eesti maatõugu (EL) sigade lihakeha seljapeki paksuse ja seljalihase pindala muutus aastate lõikes Kehtna SKJ andmetel (Laanmäe, 1962, 1965, 1969, 1981, 1986; 1991; Autori..., 2003)

Jooniselt 11 nähtub, et lihakeha pekipaksuse ja seljalihase pindala tõugudevahelised erinevused olid väikesed. Kui pekipaksus muutus aastate lõikes õhenemise suunas, vähenedes 43 aasta jooksul eesti suurt valget tõugu sigadel 13,1 mm ja eesti maatõugu sigadel 14,3 mm, siis seljalihase pindala kõikus 90. aastateni vahemikus 30...35 cm^2. Ultraheliaparaadi rakendamisega sigade valikul on lihakeha seljalihase pindla tõusnud 40 cm^2.

NSV Liidus alustati ultraheliaparaatide tootmist sigade pekipaksuse mõõtmiseks 1960. a alguses. Ultraheliaparaat ТУК-2 töötas võrguvoolul ja oli seetõttu raskesti käsitsetav. Ka hiljem valmistatud seadmed olid liialt keerulised tootmistingimustes kasutamiseks ning nende töökindlus jättis soovida (Eilart, 1977). Sel põhjusel soovitas E. Meisner (1973) elussigadel mõõta pekipaksust mõõtepulgaga, mille puhul tuleb nahk ja sidekirmed skalpelliga läbistada.

Esimene katse hinnata sigade pekipaksust ultraheliaparaadiga viidi läbi 1961. a Tartu Lihakombinaadis E. Meisneri, H. Tiku ja J. Redeli (1963) poolt. Kokku testiti katses Austria päritolu ultraheliaparaadiga 500S 70 peekonisiga. Pekipakust mõõdeti 3 punktist: 1) turja keskelt, 2) 6….7. roide kohalt keset selga, 3) landelt esimese landelüli kohalt. Katses püüti määrata ka selja pikima lihase läbimõõtu, mis aga tehnilistel põhjustel ei õnnestunud. Leiti, et ultraheli ja joonlauaga mõõdetud pekipaksus erineb keskmiselt 1…2 mm, kusjuures erinevus oli kõige suurem turjalt (kuni 1,7 mm), aga landelt ainult 0,9 mm.

Korrelatsioon ultraheliaparaadiga ja joonlauaga mõõdetud pekipaksuste vahel oli r = 0,79…0,92. Ehkki ultraheliaparaadi ja joonlauaga mõõdetud tulemuste seos oli tihe, leiti, et ultraheli mõõtmistäpsuse kontrollimiseks ei ole joonlauaga pekipaksuse mõõtmine piisvalt täpne, sest sellise mõõtmisviisi puhul on 1…2 mm suurune viga tavaline. Sel põhjusel sooviti välja selgitada, kumma mõõtmisviisi tulemus sõltub enam mõõtjast. Selgus, et mõõtjad said erinevaid mõõtmistulemusi nii ultraheliga kui ka joonlauaga mõõtes (tabel 15).

Kokkuvõttes nenditi, et katses kasutatud ultraheliaparaadiga on võimalik elussigade pekipaksust üsna täpselt hinnata ning kõige täpsemad tulemused saadi landelt mõõtmisel. Samuti leiti, et ultraheliga mõõtmise kontrollimine mõõtjoonlauaga pärast sigade tapmist ei ole küllalt täpne, sest eri mõõtjad võivad saada erinevaid tulemusi ja ka mõõtmistingimused on erinevad. Siiski soovitavad autorid hakata ultraheliaparaate kasutama tõuaretustöös sobivamate lihaomadustega sigade valikul sugusigadeks (Meisner jt, 1963).

Tabel 15. Pekipaksuse mõõtmistulemuste erinevused (mm) eri mõõtjate puhul (Meisner jt, 1963)

Mõõtmiskoht	Ultraheliaparaat	Joonlaud
Turi	0,8	1,9
Selg	1,7	0,5
Lanne	1,4	0,0

1976. aastal muretses Kehtna Seakasvatuse Kontrollkatsejaam Saksa FVs toodetud portatiivse ultraheliaparaadi Krautkramer USM-2. Samal aastal testiti 320 eesti peekoni ja suurt valget tõugu siga. Pekipaksus mõõdeti neljas anatoomilises punktis: 1) 6….7. roide piirkonnas mediaanjoonel; 2) 6….7. roide piirkonnas mediaanjoonest 3 cm paremal; 3) viimase roide mediaanjoonel ja 4) viimase roide mediaanjoonest 5 cm paremal. Elussea pekipaksuse mõõtmine ultraheliga ja lihakehal joonlauaga andis üksikutes kohtades erinevaid tulemusi. Täpseimad mõõdud saadi viimase roide piirkonnas, kus ligikaudu 70% mõõtmistulemustest ei erinenud teineteisest üle 3 mm. Erinevuste tekkepõhjustena toodi välja asjaolu, et sigade liikumine raskendas ultraheli näidu lugemist ning tapajärgsed protsessid rasvkoes, lihakeha töötlemine ja säilitamine võivad muuta pekipaksust. Kõige väiksem erinevus ultraheliaparaadi ja joonlauaga mõõdetud pekipaksuse vahel leiti 6….7. roide piirkonnas mediaanjoonel (0,1 mm). Samas punktis oli pekk kõige paksem, olles mõlema tõu puhul 32,4 mm. Teistest punktidest

mõõdetud väärtuste erinevused jäid 1,7…2,3 mm vahele. Kõige õhem pekk mõõdeti viimase roide mediaanjoonest 5 cm paremal (19,9 mm). Tõugudevahelised erinevused pekipaksust ultraheliga mõõtes olid väikesed, eesti suurel valgel tõul oli pekk 0,0…0,3 mm õhem. Seevastu joonlauaga mõõtes saadi eesti suurt valget tõugu sigadel 0,6 mm võrra paksem pekk, kusjuures teistes punktides oli see näitaja 0,2…0,5 mm väiksem. Kokkuvõtteks nenditi, et ultraheliaparaat USM-2 on elussigade pekipaksuse mõõtmiseks piisava täpsusega ning soovitati seda kasutada nii tõu- kui ka suurfarmides (Eilart, 1977).

Esimene ulatuslikum ultraheliaparaatide võrdluskatse viidi läbi Eesti Loomakasvatuse ja Veterinaaria Instituudi (ELVI) seakasvatuse osakonnas 1983. aastal K. Eilarti (1983) poolt, kus võrreldi ELVI Erikonstrueerimisbüroo ja Pärnu Kolhoosidevahelise Seafarmi insneride poolt väljatöötatud ultraheliaparaatide Biolokaator ja pekimõõturi KM-3A ning Saksa Krautkrameri firma aparaadi USM-2 mõõtmistäpsust. Väike erinevus mõõtmistulemustes leiti viimase roide ja nimme mõõtmispunktis, seevastu suurem erinevus oli 6…7. roide punktis. Lähtudes mõõtmistulemuste hindamise kriteeriumist (±2 mm), oli lubatud mõõtmisvea piires Biolokaatoriga mõõtmisel 6…7. roide punktis 59…60%, teistel aparaatidel üle 80% mõõtmistulemustest (Eilart, 1983).

Leiti, et pekipaksuse mõõtmistäpsus kehamassi suurenemisel tõuseb. 50 ja 70 kg kehamassiga sigade pekipaksuse järgi ei saa ennustada 90…100 kg juures kujunevat pekipaksust, kuid 90 kg raskuse sea andmed võimaldavad seda teha 100 kg sea kohta (Eilart, 1983).

Tulemused näitasid, et 6….7. roide piirkonnas tuleb pekipaksust mõõta mitmes punktis ja kasutada siis arvutatud keskmist ning lisaks ühele küljemõõtmele tuleks võtta ka keskjoone pekipaksus, mida saaks kasutada klassifitseerimisel kaubanduses ja kontrollnuumal (Eilart, 1983).

Pekipaksus, mõõdetuna 6….7. roide punktis, oli eesti maatõul (27 mm) ja eesti suurel valgel (28 mm) sarnane, erinedes ainult 1 mm võrra (Eilart, 1983).

1992. a hinnati ELVI seakasvatuse osakonnas kontrollsigade lihajõudlust ja -kvaliteeti (Eilart, Põldvere, 1993). Leiti, et eesti suurt valget

tõugu sigade rümpadel (25,6 mm) on õhem seljapekk kui eesti maatõugu sigadel (27,1 mm), mõõdetuna 6….7. roide kohal, kuid lihassilma pindala oluliselt ei erinenud. Samuti ei erinenud nende tõugude lihaskoe pH väärtus. Eesti maatõugu sigadel oli PSE-tunnustega liha (pH≤5,49) 21,9%, normaalset liha 70,3% ja DFD-tunnustga (pH≥6,4) liha 7,8%. Eesti suurt valget tõugu sigadel esines nii PSE- kui ka DFD-tunnustega liha vähem, vastavalt 13,6 ja 4,9%.

ZP-meetodiga leiti eesti suurt valget tõugu sigadel suurem tailiha osakaal (50,3%) kui eesti maatõul (49,55). Enamik lihakehasid vastas R-kaubaklassi nõuetele (45…50%), olles eesti maatõul (56,7%) suurem kui eesti suurt valget tõugu sigadel (49,3%). U-kaubaklassi nõuetele, tailiha 50…55%, vastas eesti maatõugu sigade lihakehadest 39,5% ja eesti suurt valget tõugu sigadel 41,3%. Eliitklassi (>55%) lihakehi oli eesti maatõul 1,3% ja eesti suurel valgel tõul 8% (Eilart, Põldvere, 1993).

Samal aastal alustati kahe tailiha osakaalu määramismeetodi, tailiha-mõõturi FOM ja ZP-meetodi võrdlust, mis kestis 1994. aastani (Põldvere, 1995). Leiti, et sel ajavahemikul sigade rümbamass ei muutunud, kuid seljapekk õhenes 2,6 mm ja lihassilm suurenes 2,8 cm^2. Defektse lihaskoega (PSE, DFD) rümpade hulk suurenes aga 10%. Tailihamõõturiga FOM leitud lihaskoesisaldus rümbas oli 2% suurem kui ZP-meetodiga arvutatult, vastavalt 51,9% ja 49,7%. Sama katse raames kontrolliti kahe mõõtmisviisi täpsust ka dissektsiooniga ning leiti, et FOMga mõõtes oli tailiha osakaal 1,6…8,9% ja ZP-meetodiga arvutatult 4,8…7,7% suurem.

Ultraheliaparaadiga Piglog 105 hakati Eestis sigu testima 1994. aasta mais (joonis 12). Esialgu oli testitud sigade arv väike ja testimiseks valiti vaid paremad sead. Jõudluskontrolli Keskuse andmeil oli 1. jaanuari 1996. aasta seisuga aretusfarmides testitud 5377 emist ja 345 kulti ning tootmisfarmides 626 emist ja 27 kulti (Kruus, 2001).

Joonis 12. Piglog 105 (SFK Technology A/S, 2004[b])

Esimese ülevaate Piglog 105 ning selle katsetamise ja kohandamise kohta eesti seatõugudele avaldas 1994. aastal K. Eilart. Aparaadiga mõõdeti 22 eesti maatõugu sigade tailiha osakaal. Et Piglog 105s kasutati Poolas sigade testimisel saadud valemit, võrreldi seda ZP-meetodil saadud tailihaprotsendiga. Leiti, et Piglog 105 näit oli keskmiselt 5% (0,4...12,2) väiksem kui ZP-meetodil arvutatud tailiha osakaal. Autor märgib, et neid aparaate võib tõufarmides edukalt kasutada, kui esialgu fikseerida ainult seljapeki ja seljalihase läbimõõt.

Samal aastal alustati lihakombinaatides kasutatava tailihamõõturi FOM ja ZP-meetodi täpsuse uurimist, mis kestis 1996. aastani (Eilart, Põldvere, 1997). Leiti, et eesti maatõugu sigade rümbamass ja seljapeki paksus aastate lõikes oluliselt ei muutunud, seevastu lihassilm suurenes 1,2 cm^2 võrra. PSE- ja DFD-lihaskoega rümpade arv oli aastate lõikes sama, kuid PSE-liha osatähtsus suurenes. Lihaskoe osatähtsuse suurenemisega halvenes tailiha kvaliteet. Tailihamõõturiga määratud tailiha osakaal oli 1994. aastal 2,3%, 1995. aastal 3,4% ja 1996. aastal 4,3% suurem kui ZP-meetodiga määrates. Ka M. Rei jt (1994) said eesti suurt valget tõugu sigade tailiha osakaalu määramise kahe meetodi võrdlemisel tailihamõõturiga 0,85% suurema tulemuse. 1995. a tehtud katse näitas, et UltraFOM 100 ja ZP-meetodiga leitud tailiha osakaal erines 3,7%, olles suurem UltraFOM 100ga määratult (Eilart, Põldvere, 1996). Kontrolliti ka mõõtmisviiside täpsust 15 rümba

dissektsiooniga, kusjuures ZP-meetodiga leitud tailiha osakaal oli 5,2% ja tailihamõõturiga saadu 2,2% suurem.

Lihassilma pindala oli rümba massiga positiivses (r = 0,28) ja seljapeki paksusega negatiives (r = –0,27) seoses. Talihamõõturiga ja ZP-meetodiga saadud lihaskoesisalduste vahel leiti positiivne (r = 0,49) seos (Eilart, Põldvere, 1997).

1996. aastal kontrolliti tailihasisalduse määramise meetodeid (FOM ja ZP-meetod) searümpade dissektsiooniga (Eilart, Põldvere, 1997). ZP-meetodil saadi rümba tailihasisalduseks 49,5%, FOMga mõõtes 53,6% ja dissektsiooniga 54,7%. Kokkuvõttes nenditi, et tuleb jätkata dissektsioonikatseid FOM valemi kontrollimiseks ning uurida ZP-meetodi kasutamisvõimalusi.

Et eesti maatõugu sigade lihaomaduste parandamiseks oli sisse toodud soome landrassi (FL) tõugu kulte, tekkis 1997. a vajadus võrrelda kahe tõu lihajõudlust (Eilart, Põldvere, 1998). Katseandmetest nähtus, et soome landrassi tõugu kuldid parandavad järglaste nuuma- ja lihajõudlust. Need järglased saavutasid 100 kg elusmassi 5 päeva varem ja väärindasid sööta paremini ning rümba pikkus suurenes 2,7 cm, lihassilma pindala 11,7 cm^2, seljapeki paksus vähenes 9,2 mm ja tailihasisaldus oli 3,5% suurem. PSE-liha osatähtsus oli seevastu soome landrassi järglastel suurem, 48% rümpadest, võrreldes eesti maatõugu sigade 27,5%ga. Kokkuvõttes nenditi, et soome landrassi tõugu kultide kasutamine parandab küll järglaste nuuma- ja lihajõudlust, kuid halvendab mõningal määral sealiha kvaliteeti.

Lihatööstustes kasutatava ultraheliaparaadi UltraFOM 100 ja ZP-meetodi võrdluskatse viidi läbi 1998. aastal A. Põldvere ja K. Eilarti (1999[a,b]) poolt. Lisaks võrreldi ka tõugudevahelisi (eesti maatõug ja eesti suur valge tõug) erinevusi. Ultraheliaparaadiga mõõdetud tailihasisaldus oli 2,3% suurem kui ZP-meetodiga arvutatult ning korrelatsioon kahe mõõtviisi vahel oli 0,44. Eesti maatõugu sigade rümbad olid kergemad (1,2 kg) ning õhema seljapekiga (1,5 mm) kui eesti suurt valget tõugu sigadel. 26,7% eesti maatõugu ja 17% eesti suurt valget tõugu sigade rümpadel esines PSE-lihale iseloomulikke näitajaid ning 1,3% eesti maatõugu ja 3% eesti suurt valget tõugu sigade rümpadel olid DFD-lihale omased tunnused. Leiti, et mõlemad meetodid sobivad tailiha osakaalu hindamiseks (Põldvere, Eilart 1999[a,b]).

2. EESMÄRGID

- Koostada ülevaade sigade hindamisel kasutatavate ultraheliaparaatide tehnilistest omadustest, kasutamise võimalustest ja andmete võrreldavusest kirjandusallikate alusel;
- katsetada erinevaid ultraheliaparaate sigade ja lihakehade hindamisel;
- selgitada enammõjuvad tegurid sigade lihaomadustele;
- uurida viljakust mõjutavaid tegureid;
- määrata tõugude, päritavuse ja MC4R geeni mõju sigade lihaomadustele;
- hinnata stressigeeni esinemissagedust sigadel;
- uurimistööga põhjendada vajadust aretusprogrammi täiustamisele.

3. MATERJAL JA METOODIKA

3.1. Katseandmed

Uurimistöös kasutati nii Kehtna Seakasvatuse Kontrollkatsejaamas (SKJ) nuumatud ja autori testitud sigu kui ka Jõudluskontrolli Keskuse (JKK) ja PIC Saksamaa andmestikke.

3.1.1. Kehtna Seakasvatuse Kontrollkatsejaam

Kehtna Seakasvatuse Kontrollkatsejaamas kasvatati sigu vastavalt kontrollnuuma eeskirjadele. Kontrollnuumale toodud orikate ja emiste kehamass pidi olema 20…28 kg ning nende eelnev päevane massi-iive vähemalt 310 g. Kõik sead olid märgistatud, et neid oleks võimalik hiljem identifitseerida. Et sigade areng ei sõltuks sigala mikrokliimast, oli relatiivne õhuniiskus 60…70% ja temperatuur kesikute saabumisel 22 °C ning nuuma lõppfaasis 15 °C. Sigu peeti kahe kaupa sulgudes ning söödeti täisratsiooniga (toorproteiinisisaldus vähemalt 17%) ***semi ad libitum*** põhimõttel (sööda kogus sea kohta päevas vastavalt sea elusmassile). Söötmine lõpetati 24 tundi enne sigade tapmist. Enne tapamajja viimist testiti sead portatiivsete ultraheliaparaatidega Piglog 105 ja A-Scan Plus, et hinnata tailiha osakaalu kehas, ja kaaluti. Kokku testiti 193 siga, kes olid sündinud 22 farmis. Sigade kehamass oli testi ajal 93…112 kg. Tapmisele viidi sead Valga Lihatööstusesse, mis asus farmist ligi 200 km kaugusel. Testsigade tõud ja nende kombinatsioonid olid järgmised:

- eesti maatõug (EL),
- eesti suur valge (EY),
- soome jorkšir (FY),
- hämpširi kuldi ja EY emise ristandjärglased (H♂xEY♀),
- hämpširi kuldi ja EY♂xEL♀ ristandemise ristandi järglased (H♂xEY/EL♀).

3.1.2. Jõudluskontrolli Keskus

Eestis rakendati 1998. aastal Saksa päritolu arvutiprogramm db-Planer (Rätsep, 2000), mille abil moodustati JKK sigade andmestik. Sead testiti ja andmed registreeriti farmides Eesti Tõusigade Aretusühistu (ETSAÜ) konsulentide poolt ning edastati keskusesse.

Keskuse andmestikus olid esindatud järgmised tõud ja ristamiskombinatsioonid:

- eesti maatõug (EL),
- eesti suur valge (EY),
- hämpšir (H),
- pjeträän (P),
- eesti suure valge kuldi ja eesti maatõugu emise ristandid (EY♂xEL♀),
- eesti maatõugu kuldi ja eesti suure valge emise ristandid (EL♂xEY♀),
- pjeträäni kuldi ja hämpširi emise ristandid (P♂xH♀).

3.1.3. Pig Improvement Company

PIG Improvement GmbH asutati 1973. aastal asukohaga Schleswigis ning nimetati 1998. a ümber ***PIC Deutschland GmbH***-ks. Et firma hakkas tegelema ka teiste loomaliikide aretamisega, sai selle nimeks 2001. aastal SYGEN (PIC, 2004). 2002. aastaks polnud uus nimi veel täielikult juurutatud, seetõttu kasutatakse töös edaspidi lühendit PIC. PIC on maailmaturu liider parandatud sigade tõumaterjali levitamises 30 riigis. On rajanud oma kontorid Lääne-Euroopas ja Ameerikas ning sondeerib Aasia ja Kesk-Euroopa arenevaid turge. Aretusfirma eesmärk on teha sealihatootmine tootjatele palju tasuvamaks ning varustada lihatöötlejaid kvaliteetsema lihaga, mis vastab tarbijate vajadustele. Firmal on ainuõigus puhtatõulistele liinidele, mida parandatakse pidevalt, kasutades teaduslikke printsiipe iga uue põlvkonna valikul. Alltöövõtjate paljundusfarmides ristatakse puhtaid liine omavahel ning PIC müüb neid edasi kommertsfarmidele üle maailma.

PIC Saksamaa andmestik koostati tapamajades FOM ja AutoFOMga mõõdetud sigade tulemuste alusel. Optilise sondiga FOM saadud lihakehaandmed pärinesid aastatest 1998…2000 ning AutoFOM esimene andmestik 2001. ja teine andmestik 1999.…2002. aastast. FOM ja AutoFOM esimese andmestiku sead olid puhtatõulised pjeträänid (P), kokku vastavalt 971 ja 426 siga. Teises andmestikus aga kasutati nuumsigade saamiseks emaliinina Camborough 23 (PIC 3-liiniline hübriid leicoma tõust) 248 emist ning 9 kulti PIC-408 (homosügootne stressivaba pjeträän) liinist ja 36 kulti PIC-416 (kahe pjeträäni liini ja ühe hämpširi liini ristand) liinist. Registreeriti kolmest farmist pärit

3257 sea, 1632 emise ja 1625 orika lihasuse andmed. FOM andmestiku sigade keskmine tapavanus oli 187 päeva ning AutoFOM esimeses andmestikus 184 päeva ja teises andmestikus 203 päeva.

3.2. Geneetilised uuringud

3.2.1. Stressigeen

Stressigeeni (PSS – ***Porcine stress syndrom***) uuring viidi läbi Eesti Põllumajandusülikooli Loomakasvatusinstituudi geneetikalaboris (Tänavots jt, 2001, Sabre jt, 2003). Kokku testiti stressigeeni esinemise suhtes 101 siga, kusjuures genoomne DNA ekstraheeriti verest. Stressigeen on oma olemuselt retsessiivne rüanodiinretseptor (RYR) geeni mutatsioon (Lee, Choi, 1998) ning stressi tunnused avalduvad sigadel ainult geeni homosügootsuse korral. Sigu võib tabada äkksurm ja nende liha on madala kvaliteediga. Heterosügootsed loomad on stressiresistentsed ja neil on parem söödaväärindus, suurem tapasaagis ning tailiha osakaal (Ellis jt, 1998[a]; Fisher jt, 2000).

PSS staatus on tähistatud järgmiselt: NN – homosügootne dominant, stressnegatiivne; Nn – heterosügootne stressigeeni kandja; nn – homosügootne retsessiiv, stresspositiivne.

3.2.2. MC4R

Mutatsioon melanokortiin-4 retseptori geenis avastati inimestel 1998. aastal C. Vaisse jt (1998) ja G. S. Yeo jt (1998) poolt. K. S. Kim jt (2000[b]) uurisid MC4R geeni homoloogilist regiooni sigadel. ja leidsid erinevail seatõugudel esineva aminohappelise muutuse MC4R valgu aminohappelises järjestuses mis vastas inimese MC4R valgu 298 aminohappe positsioonile. Nukleotiidi vahetus aspargiinhappe (Asp) koodonis põhjustab peptiidiahelasse lülituva aminohappe vahetuse aspargiini (Asn) vastu. Kasutades kandidaatgeeni meetodit leiti, et ***missense*** mutatsioon (Asp298Asn) MC4Rs on seotud sigade pekipaksusega, kasvu ja söödaväärindusega (Kim jt, 2000)Kasutades seda informatsiooni töötati välja geenitest, et teha kindlaks sigade liine, kes toodaksid taisemat sealiha (Rothschild, Meyer, 2000). Kaasaegsete kodustatud sigade areng on saavutatud intensiivse valikuga, kusjuures suurem tähelepanu on pööratud kiiremale kasvule ***ad libitum*** söötmistingimustes ja neil tõugudel (näiteks djurokil ja hämpširil) on kõrge

Asn298 MC4R alleelisagedus, mis on seotud kiirema kasvu ja parema söödaväärindusega. Seevastu aborigeensetel tõugudel (meishan ja euroopa metssiga) esineb alati MC4R alleel Asp298 (Kim jt, 2000[a]; Kim jt, 2000[b]).

Kultide genotüüpide andmed MC4R geeni kohta pärinesid PIC andmebaasist (Kim jt, 2004). MC4R staatus tähistati järgmiselt: 11 – homosügoot alleeli 1 suhtes (Asp298), 12 – heterosügoot (Asp298Asn) ja 22 – homosügoot alleeli 2 suhtes (Asn298).

3.3. Aparaadid

3.3.1. A-Scan Plus

A-Scan Plus ultraheliaparaat (joonis 13) osteti 1998. aasta alguses Tõuaretusinspektsiooni ja EPMÜ Loomakasvatusinstituudi kaasfinantseerimisel. Aparaat on toodetud Ameerika Ühendriikides ning kujutab endast portatiivset ultraheliaparaati.

Selle digitaalne arvutisüsteem ja ekraan võimaldavad aparaati kasutada pekipaksuse mõõtmiseks nii sigadel kui ka veistel ja lammastel, määrata lihassilma läbimõõtu sigadel ja veistel ning emiste tiinust. Et A-Scan Plus kuvab ekraanile koe kihid (A-mood), võimaldab see sondi kiiret positsioneerimist ning seega täpseid tulemusi. Andmed sisestatakse looma ID-koodi järgi ning hiljem on neid võimalik aparaadist laadida personaalarvutisse.

A-Scan Plus peamine seade sisaldab ultraheli töötlemise skeemi, mikrokompuutrit, voolu- ja laadimisskeemi ning patareisid. Esipaneelil asuv juhtimisseade võimaldab testijal valida mõõdetava looma ja testi tüüpi ning häälestada aparaati üksikasjalikult. LCD ekraan näitab reaalajas peegeldunud ultrahelisignaali ning mõõtetulemuse arvväärtust.

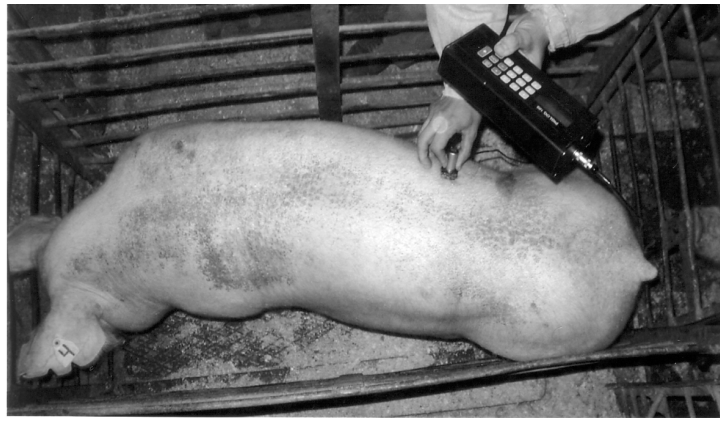
Joonis 13. Portatiivne ultraheliaparaat A-Scan Plus elussigade mõõtmiseks (autori foto)

Sond (muundur) sisaldab saatja ja vastuvõtja kristallelemente, mis tekitavad ja tajuvad ultrahelisignaale. Sondil paikneb ***Freeze*** lüliti, mis fikseerib näidu ekraanil ja valmistab andmed ette säilitamiseks. Sond töötab sagedusel 3 MHz (Sonic Industries, 1996).

3.3.2. Piglog 105

Piglog 105 on aparaat (joonis 14), mis võimaldab väikeste kuludega hinnata elusloomade tailiha osakaalu. Aparaat on kompaktne ja portatiivne pekipaksust ja lihassilma läbimõõtu skaneeriv seade, mis võimaldab registreerida järjest kuni 1000 looma andmed. Ultrahelisondi analoogsignaal muudetakse digitaalseks ning töödeldakse aparaadi tarkvara poolt. Tulemus ilmub seadme ekraanile numbrilisel kujul. Piglog 105 on varustatud tailiha osakaalu arvutamise valemiga, mis baseerub kindlatest anatoomilistest punktidest mõõdetud pekipaksuse ja lihassilma läbimõõdu andmetel.

Tehniliselt on Piglog 105 ühedimensiooniline A-moodi ultraheliskanner. Iga mõõde arvutatakse loomast tagasi kiirgunud kaheksa helilaine peegelduskõvera alusel. Kui peegelduskõverad on konstantsed, töödeldakse neid tarkvara abil, kui mitte, siis Piglog 105 kordab jada.

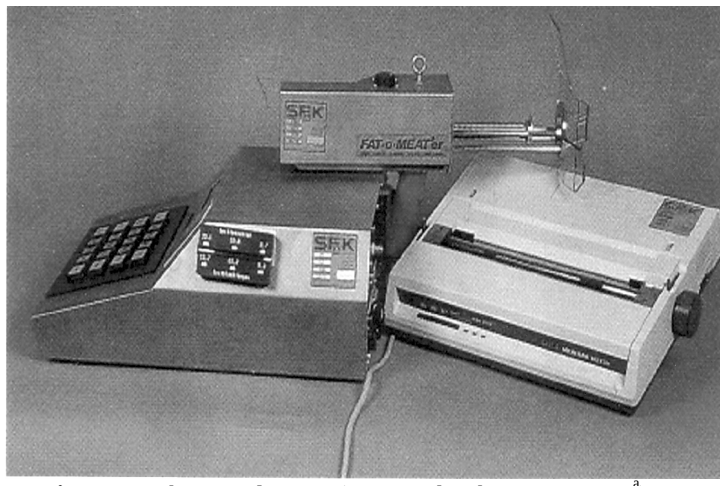


Joonis 14. Portatiivne ultraheliaparaat Piglog 105 elussigade mõõtmiseks (autori foto)

Täpsed mõõtmistulemused on tagatud pekipaksusel vahemikus 5…50 mm ja lihassilma läbimõõdul 30…70 mm (SFK Technology A/S, 2004[c]).

3.3.3. Fat-O-Meter

Fat-O-Meter (FOM) on käes hoitav optiline sond, mida kasutatakse lihakeha peki- ja lihasepaksuse mõõtmiseks. Saadud tulemuste alusel arvutatakse tailihasisaldus. FOM oli esimene poolautomaatne hinda-missüsteem (joonis 15) ning oma täpsuselt vastas tööstuses kasutata-vatele standarditele.



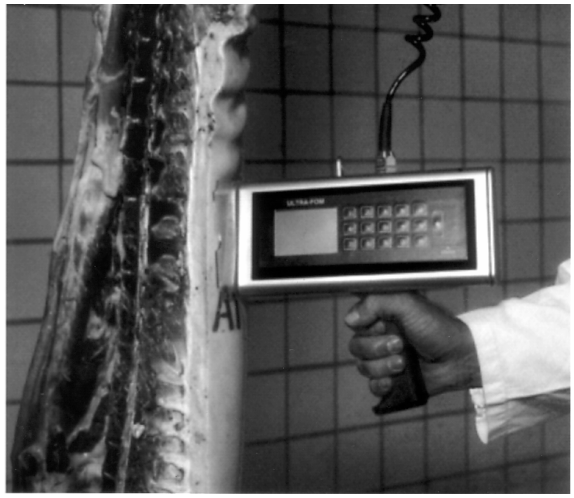
Joonis 15. Optiline sond FOM (SFK Technology A/S, 2004[a])

Aparaat mõõdab rasv- ja lihaskoe peegelduse erinevusi. Sond salvestab valguse peegeldust iga 0,5 mm järel, kui see läbib pekki ja lihassilma. Mõõtmiskoht on tagantpoolt kolmanda ja neljanda roide vahel. Mõõtmise tulemusena registreeritakse pekipaksus ja lihassilma sügavus millimeetrites ja tailiha peegelduvus ning lihakeha tailihaprotsent. Seade mõõdab 1200 lihakeha tunnis täpsusega $R^2 = 0,72$ ja RSD = 2,1...2,2 (SFK Technology A/S, 2004[a]).

3.3.4. UltraFOM

UltraFOM ultrahelisüsteem on A-moodi aparaat (joonis 16), mida kasutatakse pekipaksuse ja lihassilma läbimõõdu mõõtmiseks jahutamata lihakehadel. UltraFOMga võib ühendada mitu andurit, et mõõta lihakeha ühest või mitmest anatoomilisest kohast. Nagu kõikidel A-moodi aparaatidel, sõltub instrumendi täpsus anduri nurgast, anatoomilisest punktist ja operaatori kogemustest.

Joonis 16. Ultraheliaparaat UltraFOM 100 (Anonüümne, 1999)



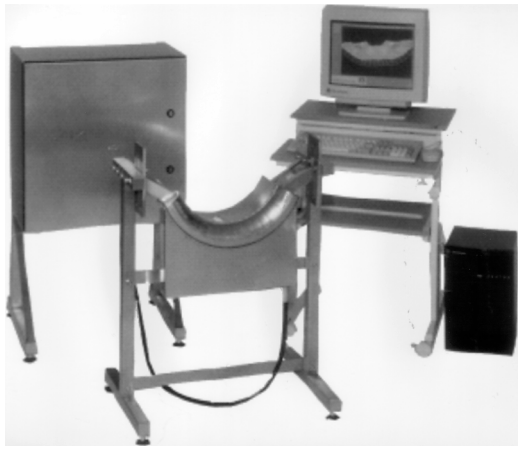
Joonis 17. Ultraheliaparaat UltraFOM 300 (SFK Technology A/S, 2004[a])

Uuem ja palju kaasaegsem UltraFOM 300 (joonis 17) kasutab peki-paksuse ja lihase sügavuse hindamiseks 64 ultraheli kiirgavat kristalli. UltraFOM 300 on võimeline mõõtma 1200 lihakeha tunnis (SFK Technology A/S, 2004[a]).

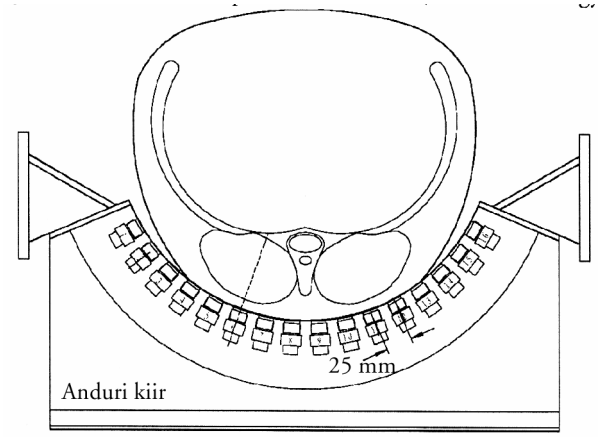
3.3.5. AutoFOM

AutoFOM on keeruline A-moodi ultraheliaparaat (joonis 18), mis kasutab 16 eraldi asetsevat andurit, mis on paigutatud U-kujuliselt. Soe ja märg sea lihakeha liigub üle andurite, saba eespool, kuni piha-vöötmeni, mille jooksul peegeldunud ultrahelisignaalid registreeritakse ja analüüsitakse, kasutades matemaatilisi algoritme, prognoosimaks lihakeha koostist kui ka tähtsamate lihakeha osade osakaalu.

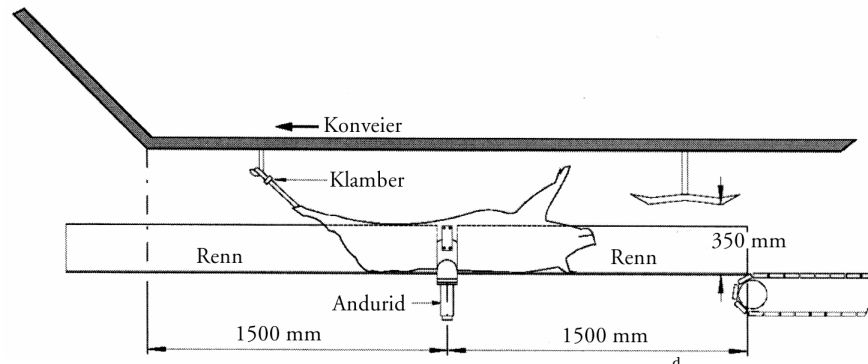
Lihakeha mõõtmed võetakse iga 5 mm tagant kogu lihakeha pikkuses ja iga 25 mm tagant lihakeha laiuselt, kokku registreeritakse umbes 3000 mõõdet lihakeha kohta (joonised 18…20).



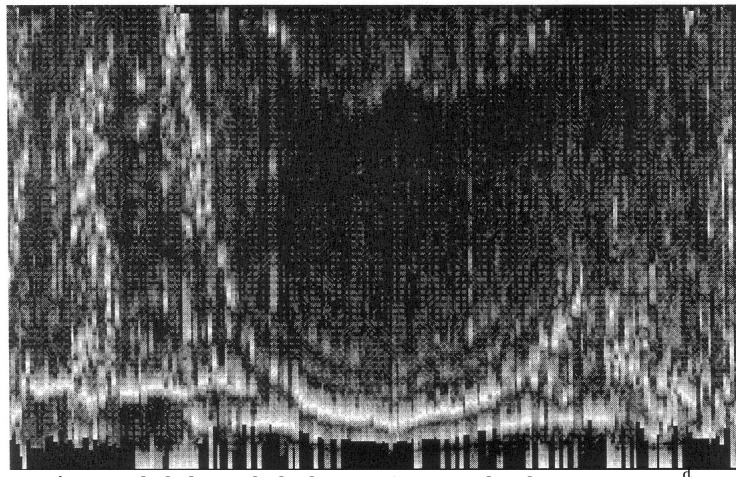
Joonis 18. Ultraheliaparaat AutoFOM (SFK Technology A/S, 2004[d])



Joonis 19. AutoFOM tööpõhimõte ristlõikes (SFK Technology A/S, 2004[d])



Joonis 20. AutoFOM tööpõhimõte (SFK Technology A/S, 2004[d])



Joonis 21. Lihakeha ristlõike kujutis (SFK Technology A/S, 2004[d])

Sellisel tehnoloogial on märkimisväärsed eelised tänu võimalusele mõõta kogu lihakeha koostist nii, et inimfaktor puudub, kuid algoritm tailihasisalduse määramiseks on alles väljatöötamisel (SFK Technology A/S, 2004[d]).

3.4. Mõõtmete registreerimine

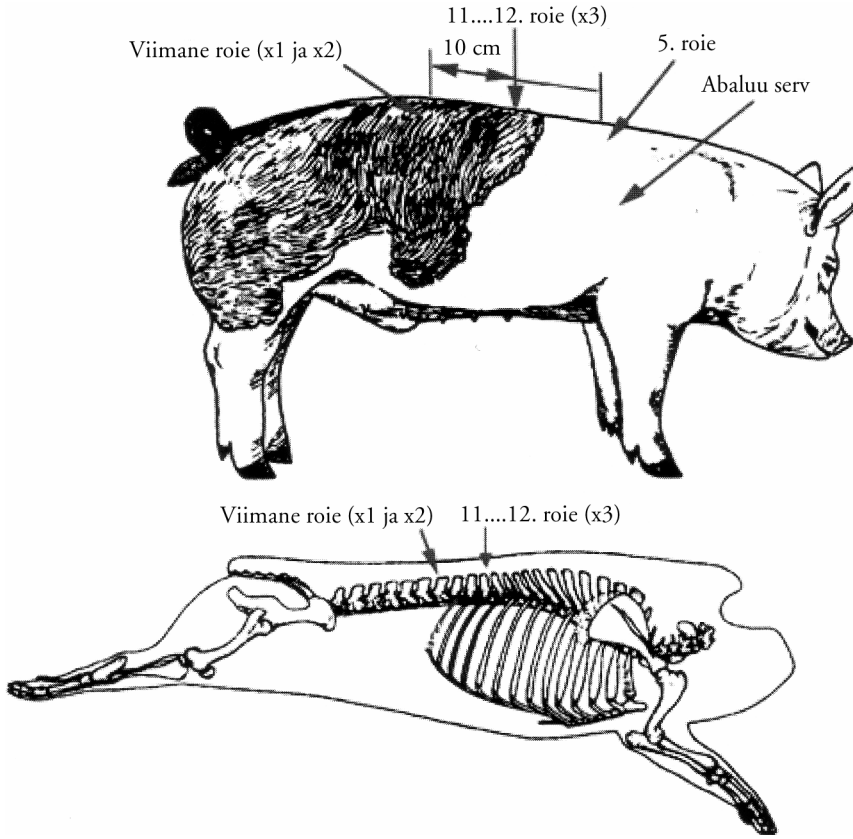
3.4.1. Elusloomade liha kvaliteedinäitajad

Ultraheliaparaatidega Piglog 105 ja A-Scan Plus mõõdeti tailiha osakaalu arvutamiseks vajalikud näitajad kahest anatoomilisest punktist (joonis 22):

1) viimase roide joonel 7 cm selja keskjoonest külje suunas mõõdetakse esimene seljapeki paksus (x1) ning samast kohast selja-lihase läbimõõt (x2);

2) 11….12. roide vahel 7 cm selja keskjoonest külje suunas mõõdetakse teine seljapeki paksus (x3). Tailiha osakaal arvutati järgmise valemi alusel (SFK Technology A/S, 2004[c]):

$$y = 64{,}39 - 0{,}28 \times (x1) + 0{,}14 \times (x2) - 0{,}55 \times (x3)$$

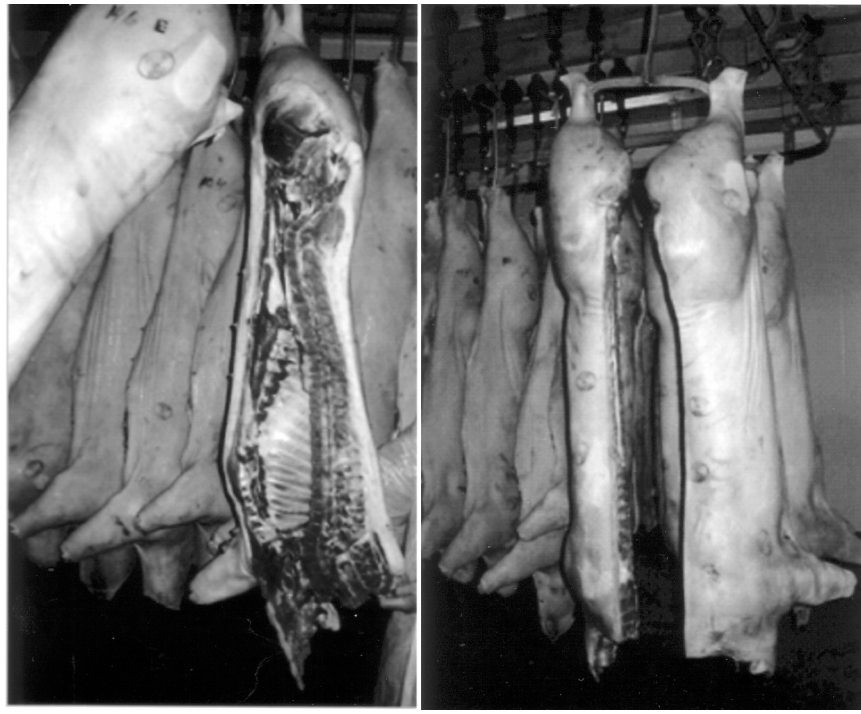


Joonis 22. Anatoomilised punktid ultraheliaparaadiga Piglog 105 mõõtmisel (Sonic Industries, 1996, autori poolt muudetud)

Pekipaksuse ja lihassilma diameetri mõõtmiseks tuli siga esmalt fikseerida ning seejärel leida õiged mõõtekohad. Selleks leiti käega kompimise teel sea küljel viimane roie, libistati käsi seda mööda üles selgroo poole ning fikseeriti mõõtekohad. Sinna kallati õli, et tekitada tihe kontakt sondi ja keha vahel. Sea rahulik olek, õige mõõtekoht ja piisav kogus õli tagab täpse ja kiire lugemi.

3.4.2. Lihakeha kvaliteedinäitajad

Kõik uuritud sead tapeti Valga Lihatööstuses. Vahetult pärast tapmist poolitati lihakehad piki selgroogu (joonis 23) ning kaaluti ja määrati nende tailiha osakaal ultraheliaparaadiga UltraFOM 100.



Joonis 23. Katsesigade poolrümbad Valga Lihatööstuses (autori foto)

Lihakeha andmed, nagu lihakeha pikkus, pekipaksus joonlauaga mõõdetult ning pH_{24}, registreeriti 24 tundi pärast sigade tapmist (joonis 24).

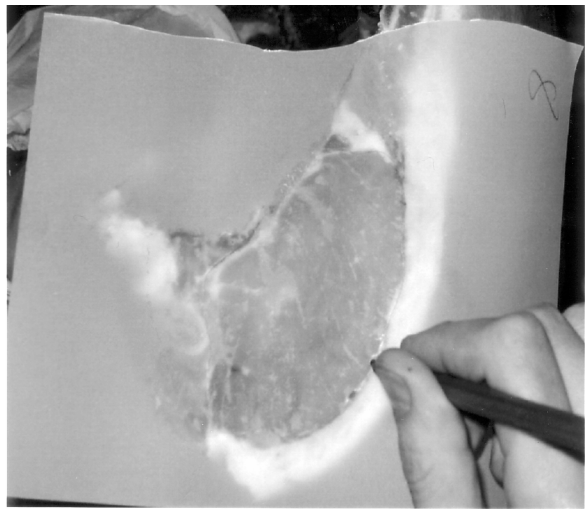
Joonis 24. Autor liha pH_{24} mõõtmas (E. Somelari foto)

pH mõõtmiseks tehti sisselõige selja poolt viimase roide kohalt ning kasutati portatiivset pH-meetrit Mettler Toledo MP120. Enne igat mõõtmiskorda kalibreeriti aparaati puhverlahustega. Peale igat mõõtmiskorda pH-meetri sond puhastati, et vältida mõõtmisvigade teket.

Liha pH tasemed olid järgmised (ETSAÜ, 2004):

- PSE-liha (hele, pehme, vesine) – pH ≤ 5,59;
- normaalne – pH 5,60…6,29;
- DFD-liha (tume, tihe, kuiv) – pH ≥ 6,30.

Lihakeha lihassilma pindala määramiseks joonistati see kalkale (joonis 25) ja mõõdeti planimeetriga HAFF No 317E (HAFF).



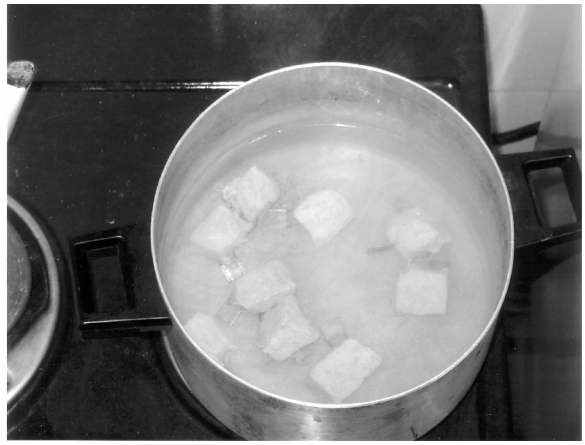
Joonis 25. Lihassilma kandmine kalkale (autori foto)

Saksamaa tapamajas registreeriti FOM aparaadiga vahetult pärast tapmist pekipaksus, lihassilma läbimõõt, peegelduvus ja lihakeha mass, tailiha osakaal arvutati kahe esimese näitaja alusel. Lihakehade mõõtmisel AutoFOMga registreeriti lihakeha, singi, pihaosa, lihassilma ja kõhuosa mass ning keskmine pekipaksus, kõhuosa tailiha osakaal, seljapeki- ja lihassilma pindala. Nende näitajate ja varavalmivuse näitajate alusel arvutati lihakeha ja selle osade keskmine päevane massi-iive.

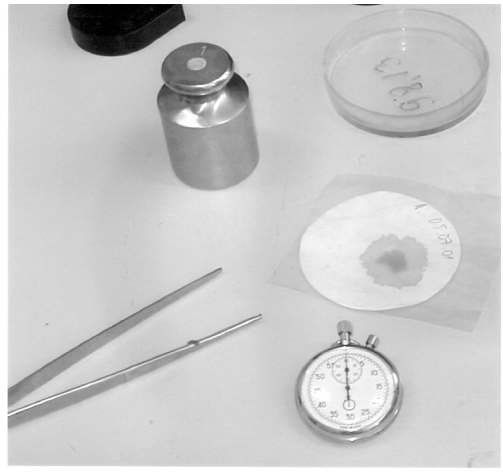
3.4.3. Liha füüsikalis-keemilised näitajad

Viimase roide kohalt risti poolitatud poolrümba lihassilmast võeti 200-grammine proovitükk füüsikalis-keemilisteks analüüsideks. Lihatükk pakiti nummerdatud kilekotti ja hoiti külmikus. 48 tundi pärast sigade tapmist mõõdeti EPMÜ Loomakasvatusinstituudi aretusosakonna laboris liha pH (pH_{48}), keedukadu ja veesidumisvõime (joonised 26…28) ning valmistati liha ette keemilisteks analüüsideks.

Joonis 26. Liha pH_{48} mõõtmine laboris (autori foto)



Joonis 27. Liha töötlemine keedukao leidmiseks (autori foto)



Joonis 28. Veesiduvuse määramine (autori foto)

Liha veesidumisvõime määrati R. Grau ja R. Hammi (1957) meetodil, mida olid muutnud V. Volovinskaja ja B. Kelman (1961). See meetod põhineb lihast eralduva vee hulga kindlakstegemise printsiibil ning selle leidmiseks kasutatakse järgmist valemi:

$$B\% = \frac{(A - XV)}{A} x100,$$

kus B% on lihast eraldunud vee osakaal, %;
A – vee koguhulk uuritavas lihatükis, mg;
X – 8,4 mg vett sisaldab 1 cm^2 suurune filterpaber (konstant);
V – filterpaberi märja ala pindala, cm^2.

Liha keedukao leidmiseks keedeti lihatükki (20 g) 45 minutit 95° juures. Pärast keetmist lihatükid kaaluti ja leiti kaalukadu, mis on väljendatud protsentides.

Liha keemilised analüüsid tehti EPMÜ Loomakasvatusinstituudi söötmisosakonna keemialaboris. Koostise analüüsimiseks peenestati testitükk elektrilises mikrokutris, kuni ta saavutas homogeense struktuuri. Seejärel lihamass pakendati katseanumatesse ning laboris leiti selle alusel liha kuivaine-, toorproteiini-, -rasva- ja -tuhasisaldus. Liha kuivaine määrati vastavalt EL direktiivile (1972) 73/46/EEC ***Annex*** 1. Toorrasva hulga kindlakstegemiseks kasutati Soxtec aparaati (Tecator Application Note AN 23/80) ja toorproteiinil Kjeltec seadet (Tecator Application Note AN 30/81).

3.5. Statistiline analüüs

Variatsioon- ja korrelatsioonanalüüs tehti ***Statistical Analysis System*** (SAS, 1999) programmi abil. Töös esitatud vähimruutude keskmised on arvutatud GLM (General Linear Model) mudelit kasutades. Tunnuste päritavust hinnati isamudeli abil ja selleks kasutati SAS programmi MIXED protseduuri. Päritavuse arvutamisel jäeti andmestikest välja isad, kellel olid registreeritud alla 10 järglase andmed. Tunnustevaheliste seoste kirjeldamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonikoefitsienti (SAS, 1999).

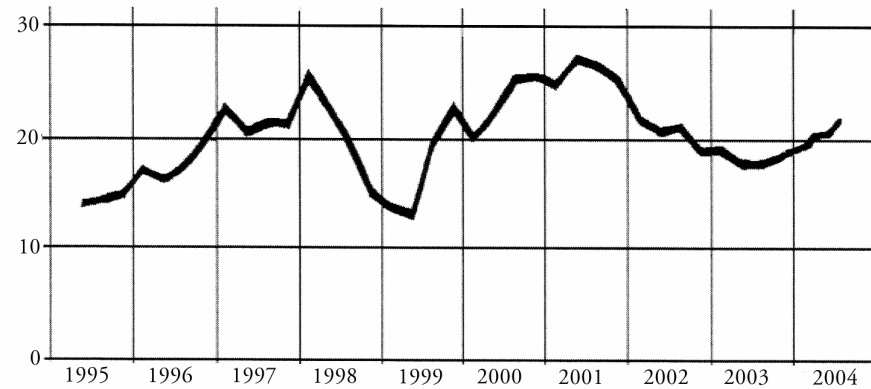
Aastaaeg jaotati neljaks sesooniks: talv – detsember, jaanuar ja veebruar; kevad – märts, aprill ja mai; suvi – juuni, juuli ja august; sügis – september, oktoober ja november.

Olulisuse tasemed on esitatud tavapäraselt: *** – P<0,001, ** – P<0,01, * – P<0,05, # – P<0,10, ns – pole oluline. Vähimruutude keskmiste oluliste erinevuste väljatoomiseks kasutati tähti (a, b, c jne), erinevate tähtedega tähistatud sama rea või veeru (tabelid 36, 37 ja 38) vähimruutude keskmised erinevad oluliselt (tõenäosus vähemalt P<0,05).

4. TULEMUSED JA ARUTELU

4.1. Sigade liha kvaliteeti mõjutavad tegurid

Tarbijate nõudluse kasv taisema sealiha järele 1990. aastate keskel sundis tootjaid ja töötlejaid otsima võimalusi seda kiiresti rahuldada. Eesti Tõusigade Aretusühistu alustas 1995. aastal sigade ristandaretuse programmi väljatöötamist. Samal aastal imporditi esimesed hämpširi emised Rootsist, et suurendada nuumsigade tailiha osakaalu (ETSAÜ, 2004), sigu hakati aretuseks valima tailiha osakaalu järgi ning suuremad lihatööstused hakkasid sigade eest maksma tailiha osatähtsuse alusel (joonis 29) (Ots, 1994).

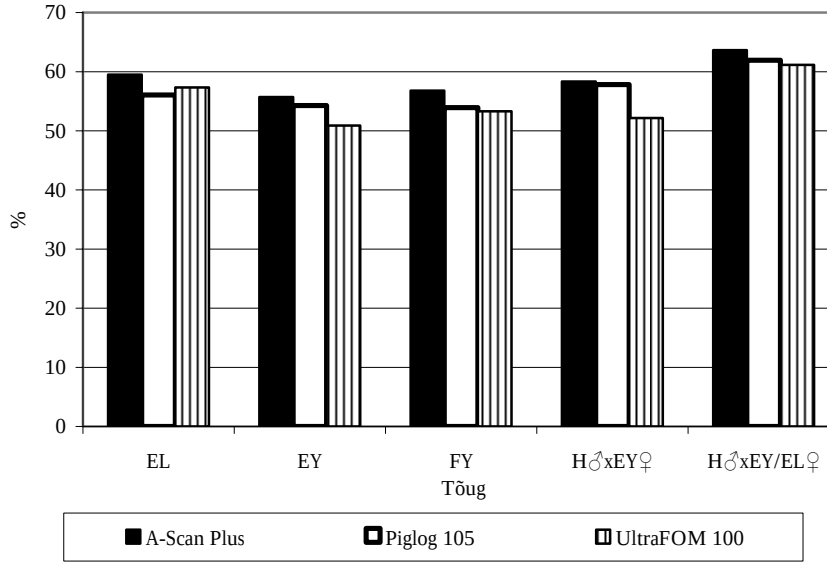


Joonis 29. Sealiha kokkuostuhinnad aastate lõikes (Toiduinfo, 2003, 2004; autori poolt muudetud)

Tekkinud vajadus hinnata sigade tailiha osakaalu elupuhuselt viis ultraheliaparaadi Piglog 105 kasutuselevõtuni. Aparaat oli kompaktne ja mugav kasutada ning võimaldas sigade tailiha protsenti kiiresti ja täpselt mõõta, leides seetõttu laialdast kasutust tõusigade valikul. Et kasutati ainult üht tüüpi aparaati, tekkis vajadus paralleelse hinnangu järele teist marki aparaadiga ning tuli leida võimalikke lahknevusi tõugude mõõtmetes. Sel eesmärgil osteti 1998. aastal USA firma ***Sonic Industries*** ultraheliaparaat A-Scan Plus. Suuremates lihakombinaatides kasutati lihatööstuste jaoks konstrueeritud ultraheliaparaati UltraFOM 100.

4.1.1. Ultraheliaparaatide täpsusklass

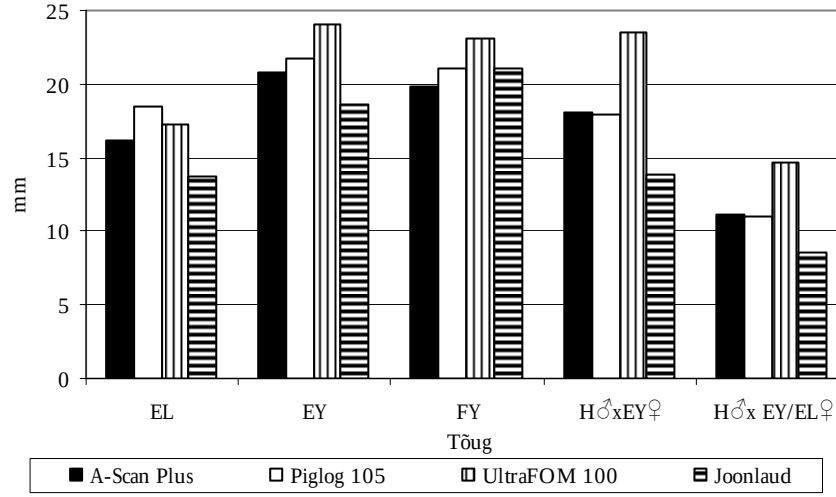
1998…1999. a testiti ultraheliaparaatidega UltraFOM 100, Piglog 105 ja A-Scan Plus 193 elussiga. Võrreldes elussigade testimiseks ette nähtud portatiivseid aparaate, leiti kõige suurem tailiha osakaalu erinevus (0,53…3,46%) (joonis 30). Nende aparaatidega mõõdetud väärtused olid ka lihakombinaadis rümpade mõõtmisel saadud tulemustest 2,20…6,18% võrra suuremad. Samas jäi enamike tõukombinatsioonide UltraFOM 100ga mõõdetud tailiha osakaal 0,62…5,68% võrra alla ka Piglog 105 vastavatele näitajatele, v.a eesti maatõu puhul. Kõige suuremad erinevused elusloomade ja rümpade tailiha osakaalu vahel leiti H♂xEY♀ ristanditel (6,18% võrra A-Scan Plus ja 5,68% võrra Piglog 105ga mõõtes) ning puhtatõulistel eesti suurt valget tõugu sigadel (vastavalt 4,81 ja 3,39%). Suurim erinevus tööstustes tekkis pekipaksuse mõõtmisel, ulatudes 13,94 mm-st kuni 25,79 mm-ni. Üllatav on seegi, et H♂xEY♀ ristandite lihassilma läbimõõt osutus ligi 10 mm väiksemaks kui H♂xEY/EL♀ ristanditel.



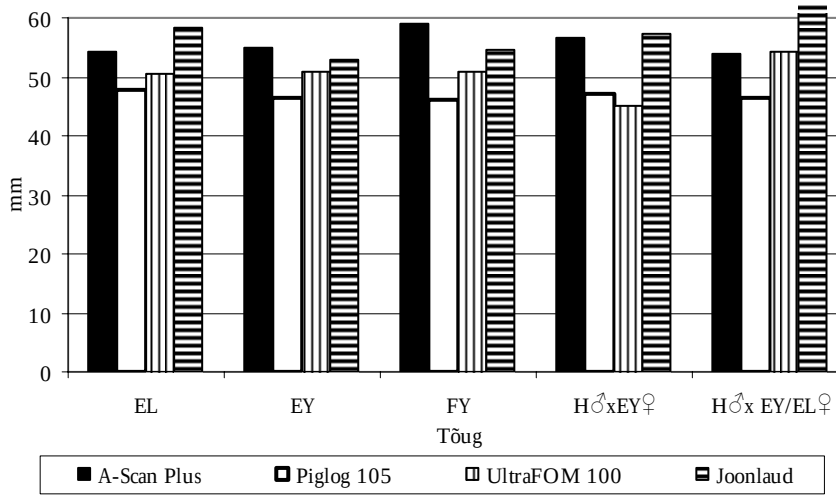
Joonis 30. Tailiha osakaal (y), mõõdetuna ultraheliaparaatidega erinevatel tõukombinatsioonidel

Ka pekipaksuse mõõtmisel erinesid tulemused aparaatide vahel (joonis 31). Kõige paksem pekk mõõdeti lihatööstustes, v.a eesti maatõul. Elussigade pekipaksuse mõõtmed siiski nii suurel määral ei eri-

nenud, vastupidiselt lihassilma läbimõõdule. Selle tunnuse puhul näitasid sarnaseid tulemusi Piglog 105 ja UltraFOM 100, kuigi lihatööstustes mõõdetud lihassilma läbimõõt oli enamasti suurem (joonis 32).



Joonis 31. Pekipaksus (x1), mõõdetuna ultraheliaparaatide ja joonlauaga erinevatel tõukombinatsioonidel



Joonis 32. Lihassilma läbimõõt (x2), mõõdetuna ultraheliaparaatide ja joonlauaga erinevatel tõukombinatsioonidel

Võrreldes neid tulemusi, ei saa erinevate ultraheliaparaatidega saadud näitajaid pidada usaldusväärseiks. Ebatäpse lugemi põhjuseks võisid olla

mõõtjate väike vilumus või suurel määral muutuvad keha proportsioonid. Kõige väiksem erinevus portatiivsete ultraheliaparaatide vahel leiti kahe tõu ristandite tailiha osakaalu (0,50% võrra) ning kõige suurem eesti maatõugu sigade ja soome jorkširi tõugu sigade tailiha osakaalu mõõtmisel (vastavalt 3,46% ja 2,88% võrra). Ehkki erinevate aparaatidega mõõdetud tulemid erinesid üksteisest, olid proportsioonid paigas, sest kõige õhem pekk ja suurem tailiha osakaal mõõdeti kolme tõu ristanditel kõikide aparaatidega ning kehvemaid tulemusi saadi eesti suure valge tõu mõõtmisel. 1999. aastal leidsid A. Tänavots jt, et seosed nende aparaatidega mõõdetud lihassilma läbimõõdu vahel olid nõrgad (–0,070…0,022). Ka I. A. K. Youssao jt (2002) leidsid suure erinevuse uuritud ultraheliaparaatide vahel. Seetõttu tuleks aeg-ajalt kontrollida tailiha osakaalu valemi õigsust dissektsiooni teel ning ultraheliaparaate kasutavatele spetsialistidele välja töötada sertifitseerimisnõuded. Et lihakombinaadis töötavatele spetsialistidele on vastav määrus välja töötatud (Vabariigi Valitsuse määrus, 2003), tuleks sarnane juhend rakendada ka elussigade testimisega tegelevatele konsulentidele. Suuremates lihakombinaatides on kavas lähiajal kasutusele võtta täpsem ultraheliaparaat UltraFOM 300, mis peaks tõstma tailiha osakaalu määramise täpsust.

4.1.2. Tõug

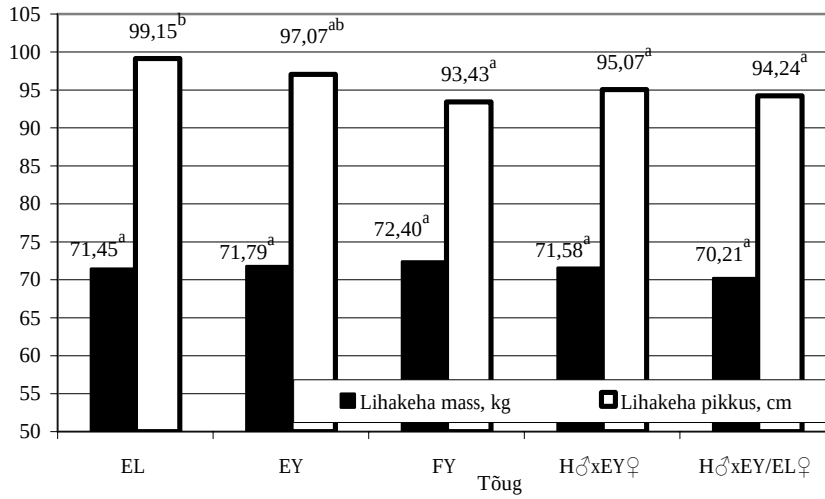
Kõige õhema peki ja suurema tailiha osakaaluga olid H♂xEY/EL♀ ristandid (tabel 16), samas lihassilma läbimõõt tõuti ei erinenud. See näitab, et tailiha protsenti on võimalik märgatavalt tõsta värviliste tõugude kasutamisega, ehkki tailiha osakaal oli H♂xEY♀ ristanditel väiksem. Seda mõjutas oluliselt aga eesti suure valge tõu tunduvalt paksem pekk ja väike lihassilm. Viiest kohast joonlauaga mõõdetud rümpade keskmine pekipaksus oli kolme tõu ristanditel teistest kombinatsioonidest väiksem.

Lihakeha mass tõugude ja ristandite vahel oluliselt ei erinenud (joonis 33), millest võib järeldada, et eri tõugude tapasaagis on sarnane. Olulistelt pikemad olid aga eesti maatõugu sigade lihakehad, ulatudes peaaegu meetrini (99,15 cm).

Tabel 16. Lihasuse näitajate vähimruutude keskmised (mõõdetud ultraheliaparaatide ja joonlauaga) erinevatel tõugude kombinatsioonidel 1998. ja 1999. aastal

Vahend	Näitaja	EL	EY	FY	H♂xEY♀	H♂xEY/EL♀
	n	137	38	7	7	4
A-Scan Plus	x1,mm	16,14^{b}	20,76^{c}	19,85^{bc}	18,10^{bc}	11,15^{a}
	x2, mm	54,21^{a}	55,03^{a}	58,86^{a}	56,65^{a}	53,84^{a}
	x3, mm	14,43^{b}	19,25^{c}	18,69^{bc}	16,19^{bc}	9,38^{a}
	y, %	59,52^{b}	55,69^{c}	56,79^{bc}	58,35^{bc}	63,65^{a}
Piglog 105	x1, mm	18,52^{bc}	21,75^{c}	21,07^{bc}	18,00^{b}	11,02^{a}
	x2, mm	47,72^{a}	46,57^{a}	46,11^{a}	47,11^{a}	46,52^{a}
	x3, mm	17,60^{bc}	18,85^{c}	19,63^{bc}	13,81^{ab}	10,36^{a}
	y, %	56,06^{bc}	54,27^{c}	53,91^{bc}	57,85^{ab}	61,95^{a}
UltraFOM 100	x1, mm	17,32^{ac}	24,02^{b}	23,09^{bc}	23,54^{bc}	14,71^{a}
	x2, mm	50,50^{a}	50,74^{a}	50,69^{a}	45,10^{a}	54,26^{a}
	x3, mm	17,41^{a}	25,79^{bc}	22,03^{ac}	25,30^{bc}	13,94^{a}
	y, %	57,32^{b}	50,88^{c}	53,29^{bc}	52,17^{bc}	61,17^{a}
Joonlaud	x1, mm	13,78^{ab}	18,67^{b}	21,09^{b}	13,88^{ab}	8,59^{a}
	SLS, mm	58,25^{ab}	52,96^{b}	54,47^{ab}	57,26^{ab}	62,36^{a}
	SLP, cm^{2}	37,99^{a}	33,42^{b}	36,01^{ab}	39,96^{a}	41,97^{a}

SLS – selja pikima lihase läbimõõt; SLP – selja pikima lihase ristlõikepindala



Joonis 33. Lihakeha mass ja pikkus erinevatel tõukombinatsioonidel

1998…2001. aastal testiti 26 514 elussea lihajõudlusnäitajaid (tabel 17) ning pjeträäni tõug näitas oma üleolekut tailiha protsendi osas (62,59%). Et hämpširi tõu tailiha osakaal oli oluliselt madalam (2,79% võrra) kui pjeträäni, viis see alla ka nende tõugude ristandite tailiha-protsendi (61,69%). Valgetest tõugudest oli suurema tailiha osakaaluga

EY♂xEL♀ kombinatsioon, erinedes oluliselt nii puhtatõulistest kui ka ristandkombinatsioonidest.

Tabel 17. Lihasuse näitajad erinevatel tõukombinatsioonidel, mõõdetuna Piglog 105ga 1998…2001. aastal (JKK andmestik)

Näitaja	EL	EY	H	P	EL♂xEY♀	EY♂xEL♀	P♂xH♀
n	8910	14303	185	87	2040	966	23
x1, mm	13,83[a]	13,92[a]	14,18[a]	11,29[b]	13,38[c]	12,90[d]	11,41[b]
x2, mm	49,69[a]	48,35[d]	50,40[ab]	53,55[c]	50,26[b]	50,22[b]	51,82[bc]
x3, mm	13,70[a]	14,18[b]	13,88[ab]	11,15[d]	13,64[a]	12,83[c]	12,37[c]
y, %	59,93[a]	59,42[c]	59,80[a]	62,59[b]	60,13[d]	60,74[e]	61,69[b]

Seevastu vastupidise ristamiskombinatsiooni korral oli küll tailiha osakaal madalam (0,61% võrra) ja sead olid paksema pekiga (0,48…0,81 mm võrra), kuid lihassilma läbimõõt ristandite vahel oluliselt ei erinenud. Et selja pikim lihas on üks väärtuslikemaid osi lihakehast, oleks just lihakombinaatide huvides selliste sigade eelistamine. Valgete tõugude ristandite tailiha osakaal oli oluliselt suurem kui puhtatõulistel. Valgetest puhtatõulistest sigadest oli õhema peki, suurema lihassilmaga ning selle tõttu ka oluliselt suurema tailiha osakaaluga eesti maatõug, kuid samas tuleb arvestada, et nende pesakondades sünnib peaaegu üks põrsas vähem.

Imetamisperiood nõuab emistelt palju energiat, seetõttu on tähtis, et osa sellest oleks deponeeritud rasvkoes, sest söödast saadav energia ei kata sel perioodil energiakulu. Eesti maatõugu sigadest oluliselt paksema pekiga olid eesti suure valge ja pjeträäni nooremised (tabel 18). Samas tekib siin vastuolu turunõudlusega, mis eeldab väherasvast sealiha. Arvestades eelnevaid tulemusi, võib järeldada, et tegemist on tõulise iseärasusega. Selle dilemma lahendamiseks tuleks leida tõugudele erinev ratsioon, mis tagaks emiste optimaalse energiatarbe, nii et ka liha oleks tarbijatele vastuvõetav. Et pekipaksuse päritavus on küllaltki madal, on seda võimalik ka söötmisega edukalt reguleerida.

Tabel 18. Nooremiste tõu mõju lihasuse näitajatele Eestis (JKK andmestik)

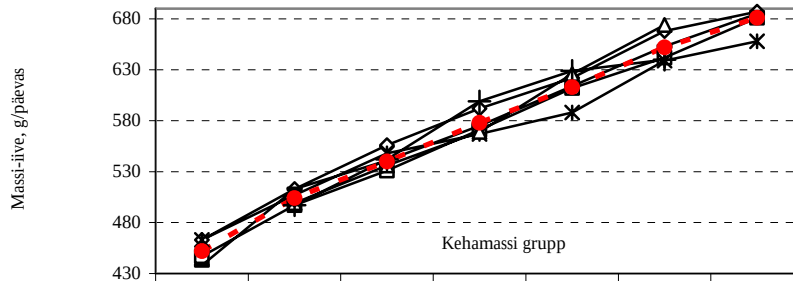
Näitaja	Nooremise tõug		
	EL	EY	P
n	797	1553	39
x1, mm	13,36[a]	13,83[b]	13,85[b]
x2, mm	50,70[a]	50,16[a]	56,81[b]
x3, mm	13,16[a]	14,02[b]	13,51[ab]
y, %	60,51[a]	59,83[b]	61,04[a]

Oluliselt suurema lihassilmaga olid pjeträäni nooremised, kuid nende tailiha osakaal ei erinenud oluliselt eesti maatõugu nooremiste omast nende veidi õhema pekipaksuse tõttu.

Seakasvatuses on sööda maksumus üks suuremaid kululiike, moodustades V. Vare (2004) andmetel 72% tootmiskuludest, seetõttu on oluline, et sead saavutaksid tapaküpsuse võimalikult varakult. Analüüsitud andmete alusel võib väita, et ühtlasema arenguga ja kõige kiirema kasvuga oli eesti maatõug ning ristamine kasvukiirust ei mõjutanud.

Sigade kehamassi suurenedes suurenes ka massi-iive, kusjuures tõugude vahel suuri erinevusi ei täheldatud, ehkki mõningane lahknemine toimub alates 100 kg-st (joonis 34).

Massi-iibe suurenemist saab põhjendada sellega, et vanemas eas hakkab sigade kehadesse ladestuma rohkem rasva (Webster, 1985) ning kuna rasv ladestub kiiremini kui lihaskude, on ka massi-iive suurem.



	<79	80...89	90...99	100...109	110...119	120...129	130...139
EL	463	513	556	592	622	668	687
EY	447	497	531	571	612	642	681
EL♂ x EY♀	438	513	541	575	614	653	685
EY♂ x EL♀	463	507	548	567	588	639	658
H		499	536	569	626	674	
P♂ x H♀		497	542	599	629	640	
Keskmine	452	504	540	578	613	652	681

Joonis 34. Sigade kehamassi ja massi-iibe vaheline seos erinevatel tõukombinatsioonidel (JKK andmestik)

Lihakeha väärtuse hindamiseks kasutavad Saksamaa väiketapamajad peamiselt ultraheliaparaati Fat-O-Meter (FOM) ning suuremad kaasaegsemal tehnoloogial põhinevat AutoFOMi.

Pjeträäni tõu lihakehad kaalusid keskmiselt 92 kg ning FOMga mõõdetud pekipaksus oli 15,79 mm, lihassilma läbimõõt 60,82 mm ja tailiha osakaal 56,75%, seevastu Eestis Piglog 105ga mõõdetud samad näitajad olid vastavalt 11,29 mm, 53,55 mm ja 62,59%. Eestis kasvatatud pjeträäni sead on küll õhema pekiga, kuid tunduvalt väiksema lihassilma läbimõõduga. Et pekipaksusel on tailiha osakaalu arvutamise valemis suur mõju, on Eestis hinnatud sead peaaegu 6% võrra tairikkamad. Ehkki pekipaksuse vähendamisega on meil saavutatud edu (Jõudluskontrolli Keskus, 2004), tuleks edaspidi suuremat tähelepanu pöörata eelkõige lihassilma suurendamisele.

Saksamaal kasutatakse tõugude asemel liinaretust, seetõttu võrreldi liine PIC-408 ja PIC-416. Liin PIC-408 (tabel 19), kelle saamiseks kasutati ainult puhtatõulisi stressiresistentseid pjeträäni sigu, näitas oma üleolekut liini PIC-416 (P♂xH♀) ees. Selle liini sead olid varavalmivad, nende väärtuslike lihakeha osade mass oli suurem. Kuid lihakehad olid PIC-408 liinil kergemad, ehkki mitte oluliselt. Samuti ei erinenud lihassilma pindala kahe liini vahel oluliselt.

Tabel 19. Liini mõju AutoFOMga mõõdetud lihaomadustele Saksamaal (AutoFOM II andmestik)

Näitaja	Liin		Vahe/ tõenäosus
	PIC-408	PIC-416	
n	615	2642	
$n_{(peki\ pindala,\ lihassilma\ pindala)}$	615	1461	
Kõhuosa tailiha osakaal, %	49,60	48,58	1,02**
Varavalmivus, päeva	206	212	–6,00***
Singi mass, kg	17,73	17,54	0,19*
Seljalihase mass, kg	6,90	6,80	0,10**
Pihaosa mass, kg	8,21	8,16	0,05#
Kõhuosa mass, kg	15,23	15,29	–0,06#
Peki pindala, cm^2	18,13	18,69	–0,56*
Lihassilma pindala, cm^2	63,15	63,01	0,14 ns
Lihakeha mass, kg	95,78	96,02	–0,24 ns
Lihakeha keskmine massi-iive, g/p	472	457	15,00***
Singi massi-iive, g/p	87,43	83,76	3,67***
Seljalihase massi-iive, g/p	34,04	32,48	1,56***
Pihaosa massi-iive, g/p	40,43	38,95	1,48***
Kõhuosa massi-iive, g/p	75,05	73,10	1,95**

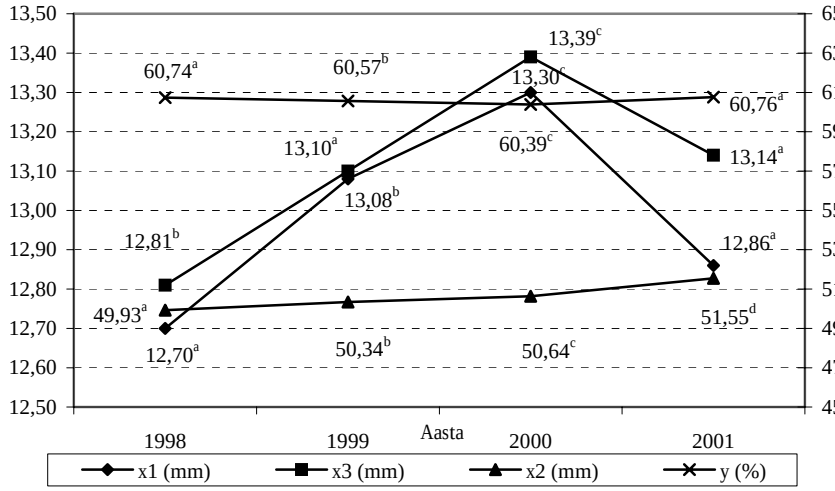
Kokkuvõttes ületasid pjeträäni tõu lihaomadused hämpširi ja nende ristandite omi. Seega hämpširi tõu väljavahetamine pjeträäni vastu Ees-

tis oli õige otsus, kui soovitakse parandada liha kvaliteeti.

4.1.3. Aasta ja aastaaeg

Hoolimata elussigade testimisest ultraheliaparaadiga ja valikust tailiha osakaalu alusel, kasvas Eesti sigade pekipaksus 1998. aastast kuni 2000. aastani 0,6 mm võrra, vähenedes siiski samale tasemele 2001. aastal (joonis 35).

Lihassilma läbimõõt seevastu suurenes aastate lõikes 49,93 mm-lt 51,55 mm-ni. Et lihaskude on võrreldes pekiga võimeline muutuma suurtes piirides, oleks oodanud pekipaksuse mõõtmisel selle pidevat vähenemist ning lihassilma puhul suuremaid erinevusi. Pekipaksuse suure kõikumise tõttu erines tailiha osakaal 1998…2000. aastal oluliselt. See omakorda tõstatab küsimuse valiku efektiivsusest ultrahelimõõtmise abil. Jõudluskontrolli Keskuse andmetel (Jõudluskontrolli Keskus, 2004) toimus 2002. ja 2003. aastal siiski pidev pekipaksuse õhenemine ja lihassilma läbimõõdu suurenemine. Seega võib väita, et ultraheliaparaadi Piglog 105 kasutamisel tailiha osakaalu tõstmiseks on siiski saavutatud edu tänu konsulentide mõõtmisvilumuse suurenemisele.



Joonis 35. Sigade lihasuse näitajate muutus Eestis 1998...2001. aastal (JKK andmestik)

Kõige õhem pekk leiti talvel ja kevadel testitud sigadel, suurima läbimõõduga lihassilmad olid suvel testitutel ning tailiha osakaalult näitasid

oma üleolekut kevadel testitud sead (tabel 20). Seega otsest mõju testimise aastaajal sigade lihaomadustele ei leitud.

Tabel 20. Lihaomaduste sõltuvus testimise aastaajast (JKK andmestik)

Näitaja	Talv	Kevad	Suvi	Sügis
n	6933	4800	6071	8710
x1 (mm)	12,93[a]	12,90[a]	13,11[b]	13,02[c]
x2 (mm)	50,30[b]	50,62[a]	50,99[c]	50,55[a]
x3 (mm)	13,12[a]	12,94[b]	13,11[a]	13,26[c]
y (%)	60,59[a]	60,74[b]	60,62[a]	60,50[c]

Saksamaa FOM andmestiku tulemustest selgus, et pekipaksus oli 1998...2000. aastal kõige ühtlasem sigadel, kes olid sündinud talvel (joonis 36), seevastu teistel aastaaegadel oli aastatevaheline pekipaksuse erinevus suur (tabel 21). Kõige paksem pekk oli sigadel, kes olid sündinud 2000. aastal, ja kõige õhem 1999. aastal sündinutel.

Sellise pekipaksuse muutumise põhjuseks võis olla seakasvatajatele sigade eest makstava hinna kõikumine, kus madala hinna juures hoiti sigu kauem karjas ning seetõttu ladestus rasva rohkem. Seda väidet ei toeta siiski täielikult varavalmivuse andmed, kus ainult 2000. aasta kevadel tapeti sead oluliselt vanemana. Samuti oli nõrk fenotüübiline seos pekipaksuse ja varavalmivuse vahel. Seega võisid pekipaksuse suurenemist põhjustada ka muutused sigade ratsioonis. Pekipaksuse muutus sesooniti oli üsna korrapärane, olles suvel ja talvel sündinutel õhem ning kevadel ja sügisel paksem.

Kahjuks polnud võimalik välja selgitada, kas sellise korrapärasuse põhjuseks olid mikrokliima, söötmise või majanduslikud muutused. R. Röhe (2002) märkis, et sellise korrapära põhjuseks võib olla sesoonselt muutuv sealihahind Saksamaal.

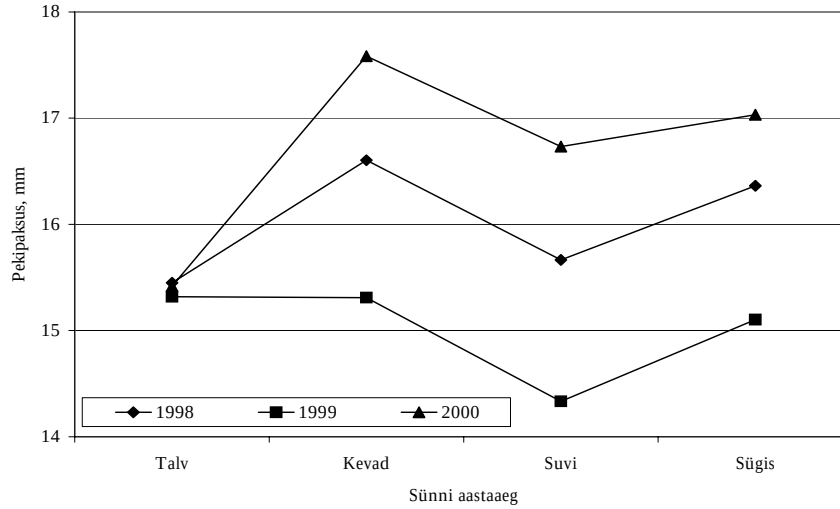
Lihassilma läbimõõt suurenes 1998. aasta talvest sama aasta sügiseni 3,06% võrra, hakates seejärel langema. 1999. aasta suvel sündinud sigade lihassilma läbimõõt langes 58,81%ni, suurenedes 2000. aasta sügiseks 3,44%. Et tailiha osakaalu valemis on suur mõju pekipaksusel, oli selle tunnuse muutus sarnane pekipaksuse muutusega (joonis 37).

Kõige nooremalt tapeti 1998. ja 1999. aasta kevadel sündinud sead, kuid 2000. aasta kevadel ületas sigade vanus tapmisel 200 päeva, sellest hoolimata ei olnud nende sigade lihakeha mass oluliselt suurem. Kõige

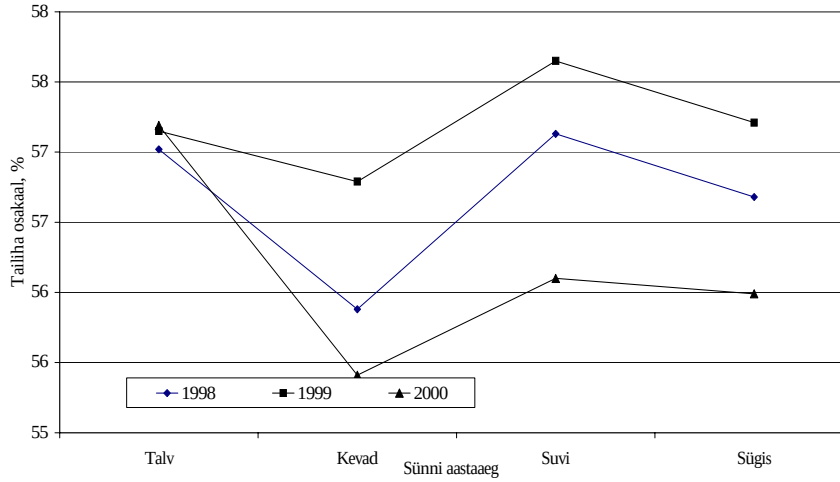
ühtlasem oli varavalmivus aastaaegade lõikes 1998. aastal, kõikudes 5,88 päeva võrra, 1999. aastal oli see näitaja 14,32 ja 2000. aastal 27,37 päeva.

Tabel 21. Sünniaasta ja aastaaja mõju lihasuse näitajatele (FOM andmestik)

Sünniaasta ja aastaaeg		n	Tailiha osakaal lihakehas, %	Peki-paksus, mm	Lihas-silma läbi-mõõt, mm	Peegel-duvus	Vanus tapmi-sel, päeva	Liha-keha mass, kg	Lihakeha massi-iive, g/p
1998	talv	128	57,02 abc	15,45 acg	60,05 ae	23,04 a	192,26 a	92,15 ab	482 af
	kevad	28	55,88 ac	16,60 abgi	60,33 ace	24,05 ac	186,38 bd	93,98 a	504 bc
	suvi	117	57,13 ab	15,66 acg	62,36 bcd	26,73 b	191,15 ab	90,55 b	475 af
	sügis	21	56,68 abc	16,36 acdg	63,11 bcd	25,79 be	190,37 ab	91,91 ab	485 abf
1999	talv	152	57,15 ab	15,32 aeg	61,01 ad	26,88 b	187,97 ab	90,60 ab	481 abf
	kevad	1205	56,79 ab	15,31 af	58,81 e	25,91 de	173,65 c	91,25 ab	526 cd
	suvi	114	57,65 bd	14,33 beh	59,74 ae	23,88 c	180,57 df	92,44 ab	513 cde
	sügis	90	57,21 bd	15,10 cefhj	60,83 ad	23,54 ac	178,78 f	91,99 ab	515 cde
2000	talv	3	57,19 adc	15,42 ahk	61,42 ade	33,30 f	179,49 abcf	89,13 b	502 adf
	kevad	109	55,41 c	17,58 dik	61,47 ad	26,07 be	202,83 e	93,78 ab	462 f
	suvi	72	56,10 adc	16,73 gk	61,56 ad	27,07 be	190,51 ab	93,61 ab	494 abe
	sügis	12	55,99 adc	17,03 ajk	62,25 ade	27,27 be	175,46 cf	92,28 ab	530 cd



Joonis 36. Sünniaasta ja aastaaja mõju pekipaksusele (FOM andmestik)



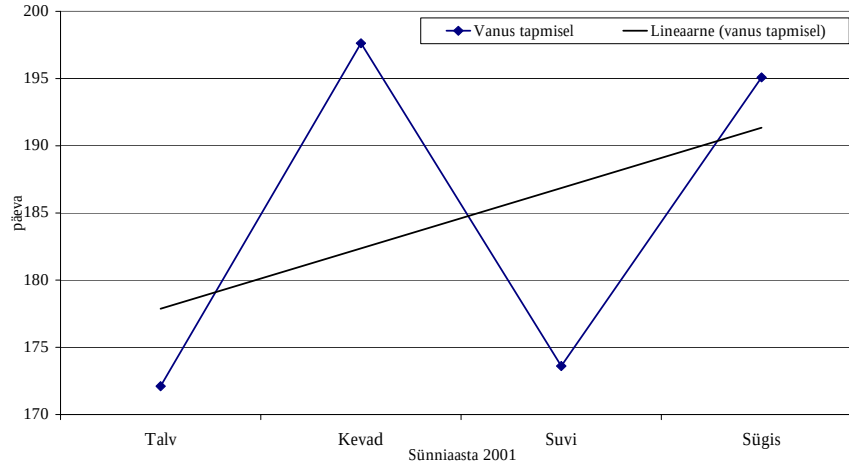
Joonis 37. Sünniaasta ja aastaaja mõju tailiha osakaalule (FOM andmestik)

Lihakeha mass erines sünniaastate ja aastaaegade lõikes 4,85 kg võrra, olles suurim 1998. a kevadel ja väikseim 2000. a talvel sündinud sigadel.

Seega mõjutavad sigade lihaomadusi konkreetsel aastal ja aastaajal valitsevad majanduslikud tingimused.

AutoFOM I andmestikule tuginedes leiti, et kõige varem saavutasid tapaküpsuse talvel ja suvel sündinud sead (joonis 38). Ehkki nad liha-

kehade massilt oluliselt ei erinenud, oli nende pekipaksus suurem kui kevadel ja sügisel sündinud sigadel. Et intensiivsem rasva deponeerimine kehas algab vanemas eas, oli selline tulemus üllatav.

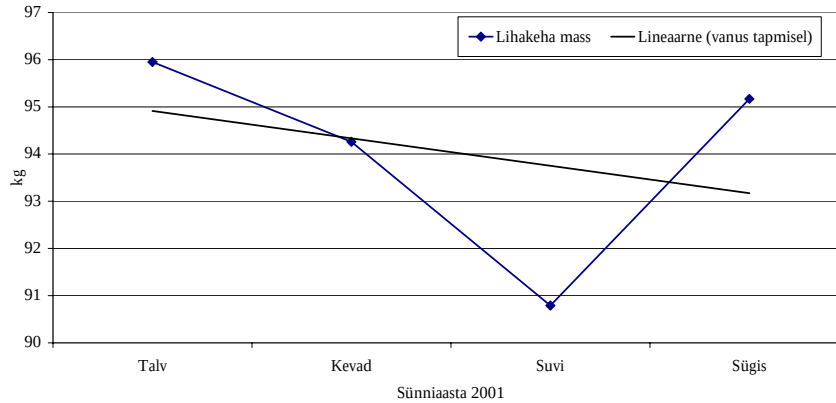


Joonis 38. Sünniaasta ja aastaaja mõju varavalmivusele Saksamaal (AutoFOM I andmestik)

Ilmselt oli ka antud juhul tegemist muutustega söödaratsioonis või sigala mikrokliimas. Seevastu lihakeha osade (sink, piha- ja kõhuosa) massis märkimisväärseid erinevusi ei täheldatud (tabel 22). Seljalihas oli kevadel sündinud sigadel oluliselt raskem (350 g) kui suvel sündinutel. Samuti kasvas kevadel kõhuosa tailiha osakaal, olles oluliselt suurem suvel sündinud sigade omast. Seega lihakeha massi muutustele reageerivad enam just need tunnused.

Lihakeha mass oli sesoonide lõikes sarnane, ehkki väikese trendiga vähenemise suunas (joonis 39).

Kiirema kasvu tõttu oli talvel sündinud sigade lihakeha ja lihakeha osade juurdekasv oluliselt suurem kui teistel aastaaegadel sündinutel. Ka suvel sündinud sigade lihakeha osade juurdekasv ületas kevadel ja sügisel sündinute omi, kuid oluline oli erinevus ainult kõhuliha osas.



Joonis 39. Sünniaasta ja aastaaja mõju lihakeha massile Saksamaal (AutoFOM I andmestik)

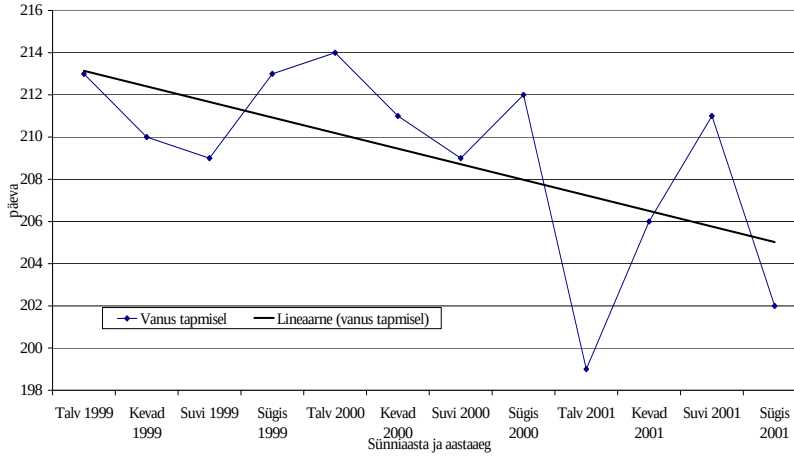
AutoFOM teise andmestiku analüüsil leiti, et varavalmivuse trend sigadel oli vanuse vähenemise suunas (joonis 40), ehkki esines suuri kõikumisi 2001. aastal, kus talvel sündinud sead saavutasid tapaküpsuse 199 päevaga, kuid suvel sündinud 211 päevaga.

Tabel 22. Sünniaasta ja aastaaja mõju AutoFOMga mõõdetud lihasuse näitajatele Saksamaal (AutoFOM I andmestik)

Näitaja	Sünniaasta 2001			
	talv	kevad	suvi	sügis
n	14	47	220	145
Vanus tapmisel, päeva	172[a]	198[b]	174[a]	195[b]
Pekipaksus, mm	15,95[ab]	14,74[b]	17,23[a]	14,93[b]
Mass, kg				
sink	17,92[a]	17,83[a]	17,23[a]	17,77[a]
seljalihas	7,01[ab]	6,96[b]	6,61[a]	6,89[ab]
pihaosa	8,23[a]	8,17[a]	8,01[a]	8,19[a]
kõhuosa	14,73[a]	14,67[a]	14,97[a]	14,63[a]
Kõhuosa tailiha osakaal, %	51,79[ab]	53,46[b]	50,40[a]	52,45[ab]
Lihakeha mass, kg	95,95[a]	94,26[a]	90,79[a]	95,17[a]
Massi-iive, g/p				
lihakeha	564[a]	477[b]	521[ac]	490[bc]
sink	107,50[a]	91,17[b]	96,95[b]	93,03[b]
seljalihas	42,24[a]	35,67[b]	37,08[b]	36,18[b]
pihaosa	49,60[a]	41,74[b]	44,99[c]	42,94[bc]
kõhuosa	89,38[a]	75,14[b]	83,70[a]	76,93[b]

Eriti torkab silma, et 2000. ja 2001. aasta kevadel sündinud sead tapeti raskematena. 1999. aastal sündinud sigadel oli lihakeha massi erinevus

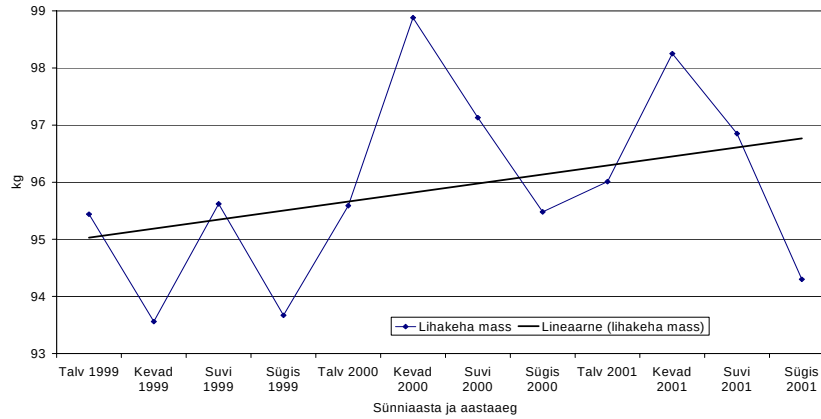
sesooniti palju korrapärasem, olles kevadel ja sügisel sündinud sigadel väiksem kui talvel ja suvel sündinutel. Nagu joonistelt 40 ja 41 näha, ei ole varavalmivus ja lihakeha mass omavahel sõltuvuses, mida kinnitas ka leitud nõrk seos nende tunnuste vahel. Et varavalmivuse päritavus on keskmine, on võimalik tapmisvanust edukalt vähendada aretuse teel, samas tõstes lihakeha tapaaegset massi. Siiski tuleb arvestada, et raskemad lihakehad võivad hakata tekitama sigadel terviseprobleeme, sest luude areng on aeglasem.



Joonis 40. Varavalmivuse trend sigadel sünniaasta ja aastaaja lõikes Saksamaal (AutoFOM II andmestik)

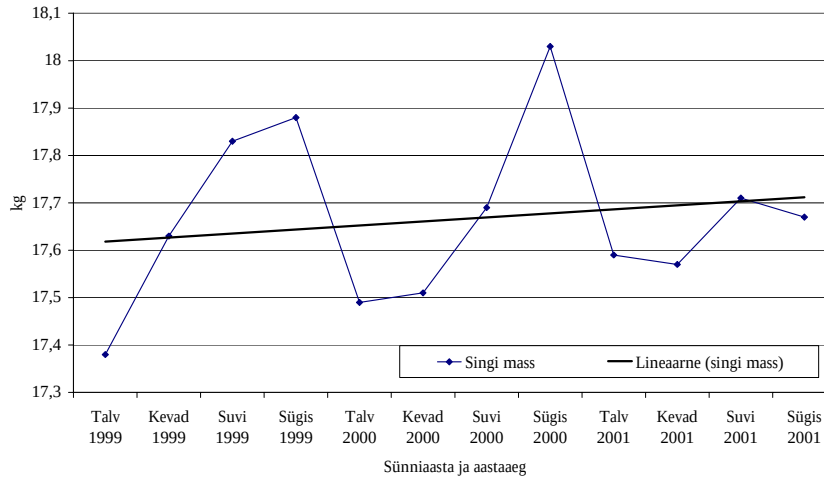
Hoolimata sellest, et sigu tapetakse järjest nooremalt, näitab lihakeha mass tõusutendentsi (joonis 41), kuigi ka siin oli suuri kõikumisi sünniaastate ja aastaaegade lõikes.

Singi, seljalihase ja pihaosa mass oli kõige suurem ning kõhuosa mass kõige väiksem 2000. aasta sügisel sündinud sigadel (joonised 42…45), samas kehamass oli sel perioodil väike. Sarnane oli lihakeha osade (singi, seljalihase, kõhu- ja pihaosa) massi muutus sünniaastate ja sesoonide lõikes, kusjuures kõhuosa mass muutus võrreldes teiste lihakeha osadega vastupidises suunas, ehkki ka selle tunnuse trend oli tõusev.

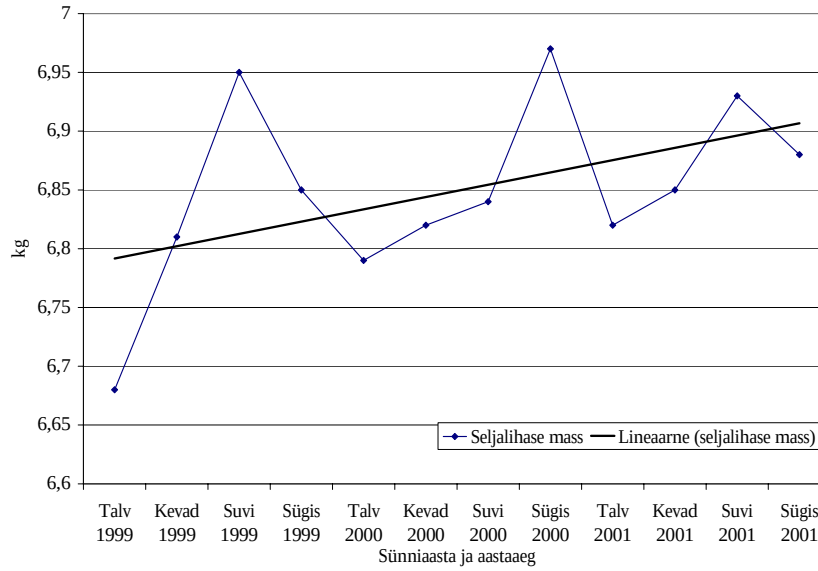


Joonis 41. Sünniaasta ja aastaaja mõju sigade lihakeha massile Saksamaal (AutoFOM II andmestik)

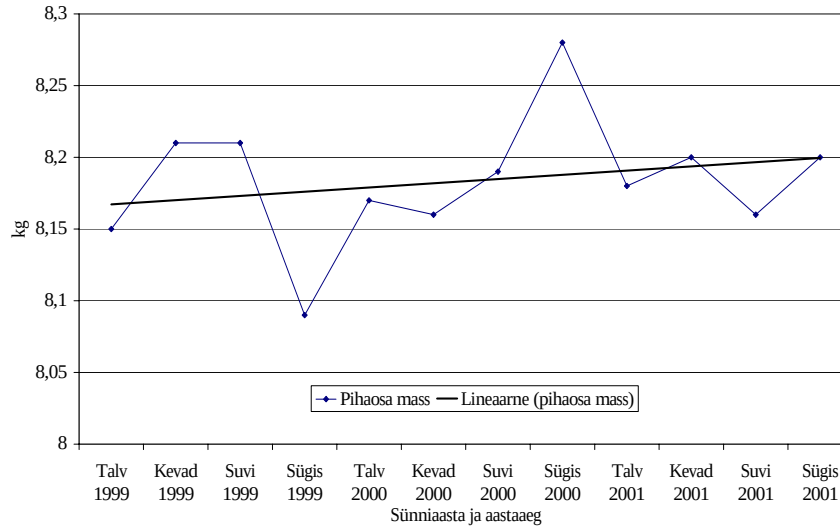
Kehaosade mass on tihedalt seotud lihakeha massiga, seetõttu oli ka nende kõikumine sünniaastate ja aastaaegade vahel suur ning trend tõusev. Järelikult saavutavad sead tapaküpsuse kiiremini just lihakeha osade suurema juurdekasvu tõttu.



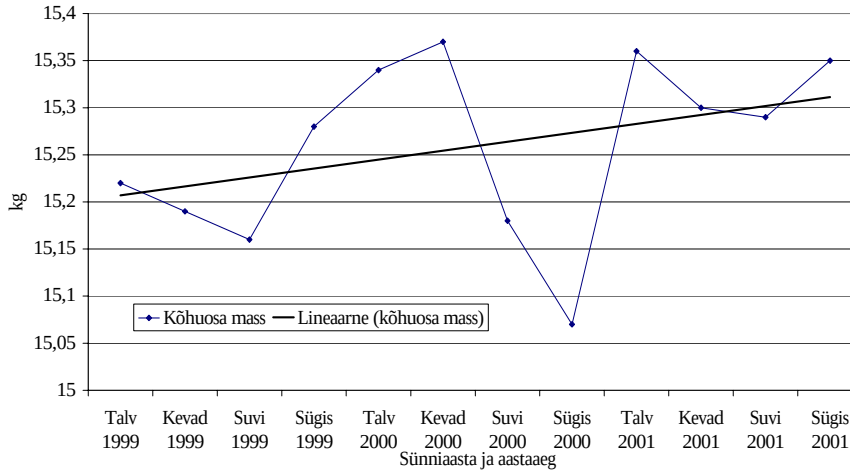
Joonis 42. Sünniaasta ja aastaaja mõju singimassile Saksamaal (AutoFOM II andmestik)



Joonis 43. Sünniaasta ja aastaaja mõju sigade pikima seljalihase massile Saksamaal (AutoFOM II andmestik)



Joonis 44. Sünniaasta ja aastaaja mõju pihaosa massile Saksamaal (AutoFOM II andmestik)



Joonis 45. Sünniaasta ja aastaaja mõju kõhuosa massile Saksamaal (AutoFOM II andmestik)

Kokkuvõttes oli AutoFOM teise andmestiku aastaaja mõju sigade lihaomadustele suur (tabel 23), kuid selgelt ei eristunud teistest ükski aastaaeg. Kas põhjuseks oli sigala mikrokliima, muutused ratsioonis, majandamine või mõni muu, on ebaselge. Aastate lõikes oli trend siiski lihaomaduste paranemise suunas, mis kinnitab aretustöö edukust.

Tabel 23. Sünniaasta ja aastaaja mõju sigade lihakehanäitajatele Saksamaal (AutoFOM II andmestik)

Näitaja	Sünniaasta ja aastaaeg											
	1999				2000				2001			
	talv	kevad	suvi	sügis	talv	kevad	suvi	sügis	talv	kevad	suvi	sügis
n	92	145	497	274	311	458	350	440	103	284	175	128
n $_{\text{(peki pindala, lihassilma pindala)}}$	-	-	-	-	146	450	350	440	103	284	175	128
Kõhuosa tailiha osakaal, %	48,38^{ae}	48,79^{ace}	49,84^{bdf}	48,69^{ae}	48,39^{ae}	48,18^{e}	49,60^{fc}	50,67^{b}	48,17^{ae}	49,14^{adf}	49,82^{bcf}	49,40^{adf}
Varavalmivus, päeva	213^{ad}	210^{ac}	209^{bcg}	213^{ad}	214^{d}	211^{agf}	209^{bcf}	212^{ad}	199^{e}	206^{h}	211^{agf}	202^{eh}
Singi mass, kg	17,38^{a}	17,63^{ab}	17,83^{bcd}	17,88^{ae}	17,49^{ae}	17,51^{ae}	17,69^{ace}	18,03^{d}	17,59^{ace}	17,57^{ae}	17,71^{be}	17,67^{ace}
Seljalihase mass, kg	6,68^{a}	6,81^{ac}	6,95^{bd}	6,85^{ceg}	6,79^{aef}	6,82^{cfh}	6,84^{cfhi}	6,97^{bj}	6,82^{aefhi}	6,85^{cfi}	6,93^{bgij}	6,88^{cdfj}
Pihaosa mass, kg	8,15^{ac}	8,21^{ab}	8,21^{a}	8,09^{c}	8,17^{a}	8,16^{ac}	8,19^{a}	8,28^{b}	8,18^{ac}	8,20^{a}	8,16^{ac}	8,20^{ab}
Kõhuosa mass, kg	15,22^{acfg}	15,19^{abfg}	15,16^{dfi}	15,28^{ae}	15,34^{ce}	15,37^{e}	15,18^{adhi}	15,07^{bi}	15,36^{ce}	15,30^{eg}	15,29^{egh}	15,35^{ce}
Peki pindala, cm^2	-	-	-	-	18,69^{ae}	19,39^{b}	17,79^{cd}	17,33^{d}	19,46^{be}	18,45^{a}	18,05^{ac}	18,11^{ac}
Lihassilma pindala, cm^2	-	-	-	-	61,39^{a}	63,03^{bd}	62,85^{bd}	64,40^{c}	64,01^{bc}	62,02^{ade}	63,56^{bc}	63,41^{bce}
Lihakeha mass, kg	95,44^{acdf}	93,56^{c}	95,62^{dg}	93,67^{c}	95,59^{adg}	98,88^{b}	97,13^{ef}	95,48^{adg}	96,01^{adfg}	98,25^{be}	96,85^{adf}	94,30^{cg}
Lihakeha keskmine massi-iive, g/p	453^{ade}	451^{ae}	463^{dfgh}	445^{e}	451^{ae}	475^{b}	468^{bf}	455^{ag}	492^{c}	485^{c}	466^{bd}	472^{bh}
Singi massi-iive, g/p	82,29^{a}	83,15^{a}	86,22^{b}	81,70^{a}	82,48^{a}	86,67^{b}	86,31^{b}	85,75^{b}	90,41^{c}	88,73^{cd}	86,17^{b}	87,29^{bd}
Seljalihase massi-iive, g/p	31,62^{a}	31,98^{a}	33,60^{bd}	31,80^{a}	32,04^{a}	33,91^{d}	33,47^{bd}	33,14^{b}	35,08^{c}	34,77^{c}	33,80^{bd}	33,93^{bdc}
Pihaosa massi-iive, g/p	38,56^{adfg}	38,70^{dg}	39,68^{eh}	37,63^{f}	38,50^{g}	40,39^{b}	39,99^{beh}	39,37^{adh}	41,95^{c}	41,41^{ci}	39,65^{adeb}	40,45^{bei}
Kõhuosa massi-iive, g/p	72,04^{adf}	71,38^{d}	73,27^{ef}	70,93^{ad}	72,27^{adf}	76,39^{gh}	74,36^{be}	71,57^{ad}	78,88^{c}	77,73^{cg}	74,46^{be}	75,61^{bh}

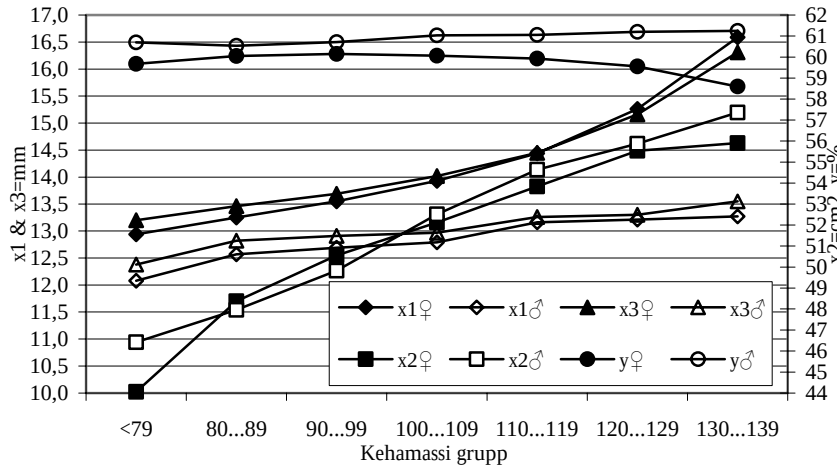
4.1.4. Sugu

Pekipaksused erinesid oluliselt sugupooliti (tabel 24). Emistel oli 1,1…1,4 mm võrra paksem pekk kui kultidel, seevastu lihassilma läbimõõdus olulisi erinevusi ei leitud. Et pekipaksusel on suur mõju tailiha osakaalu prognoosimise valemis, oli kultide tailiha osakaal 1% võrra suurem kui emistel.

Tabel 24. Soo mõju lihaomadustele Eestis (JKK andmestik)

Näitaja	Emis	Kult
n	20462	6052
x1 (mm)	13,69[a]	12,29[b]
x2 (mm)	50,65[a]	50,58[a]
x3 (mm)	13,67[a]	12,54[b]
y (%)	60,11[a]	61,12[b]

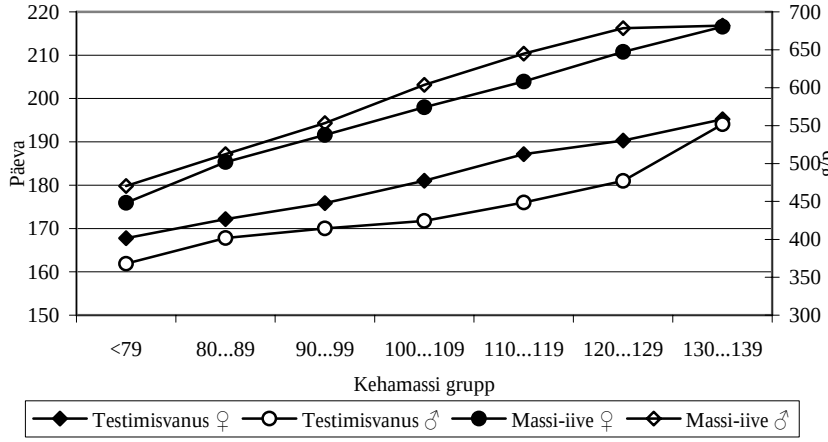
Emiste pekipaksuse järsu suurenemise põhjuseks alates 120 kg-st võib pidada nende tugevamat söötmist innaperioodi eel. Lember jt (1999) märkisid, et 110 kg raskuse nooremise pekipaksus võiks olla 20 mm. 110…119 kg raskuste nooremiste pekipaksus oli 14,44 mm (joonis 46). Ehkki seos pekipaksuse ja pesakonna suuruse vahel oli nõrk, leiti siiski, et paremate lihaomadustega eesti maatõugu emistel olid väiksemad pesakonnad.



Joonis 46. Sigade lihasuse näitajate seos kehamassiga erinevatel sugupooltel (JKK andmestik)

Seevastu kultide pekipaksus suurenes palju ühtlasemalt. Lihassilm kasvas mõlemal sugupoolel sarnaselt, kusjuures selle juurdekasvu aeglustumist võis märgata 110…119 kg kehamassi juures. Suurenenud pekipaksus vähendas emiste tailiha osakaalu kehas ning kultidel toimus tailiha osakaalu suurenemine 100…109 kg-ni.

Kuldid kasvasid emistest kiiremini (joonis 47), kuid üle 130 kg kehamassi saavutamisel nende kasvukiirus ühtlustus. Kultide kasvukiirus aeglustus veidi alates 80 kg, kiirenedes jälle 109 kg-st, emised kasvasid seevastu tunduvalt ühtlasemalt. Ilmselt tuleb aeglasema kasvu perioodil kulte intensiivsemalt sööta. Ehkki kultide kasvukiirus oli ebaühtlasem, ei avaldunud see massi-iibes, mis oli kultidel veidi suurem kuni 99 kg-ni, hakates seejärel järk-järgult kasvama ning ühtlustus emiste massiiibega 130 kg kehamassi juures.



Joonis 47. Sigade vanuse ja massi-iibe seos kehamassiga erinevatel sugupooltel (JKK andmestik)

Maksimaalse tailiha osakaalu saavutasid tõu- ja soogrupid erinevate kehamasside juures (tabel 25). Eesti maatõugu kuldid ja emised saavutasid maksimaalse tailiha osakaalu 130…139 kg raskuselt, eesti suurt valget tõugu emised 80…89 kg ja kuldid 120…129-kiloselt. Valgetel ristandemistel oli tailiha osakaal kõige suurem 79 kg kehamassi juures ning ka värvilised ristandkuldid saavutasid maksimumi varakult (80…89 kg). Kuid kõige optimaalsem tailiha osakaalu ja kehamassi suhe oli 90…99 kg juures, sest edasine muutus oli väike või toimus hoopiski tailihaprotsendi langus.

Tabel 25. Tõu ja sugupoole mõju tailiha osakaalule erinevate kehamassigruppide juures (JKK andmestik)

Näitaja	Kehamassi grupp						
	...79	80...89	90...99	100...109	110...119	120...129	130...139
eesti maatõug, emised							
n	32	667	1705	2110	958	159	27
y, %	59,73	59,86	60,29	60,27	60,34	60,46	60,77
eesti maatõug, kuldid							
n	12	159	428	409	182	56	3
y, %	60,01	60,28	60,64	61,00	61,04	60,90	61,40
eesti suur valge, emised							
n	63	1502	3198	2516	903	187	43
y, %	59,23	60,07	59,97	59,85	59,55	59,22	58,29
eesti suur valge, kuldid							
n	12	292	756	585	198	44	8
y, %	61,39	60,50	60,68	60,99	61,02	61,67	61,20
EL♂xEY♀ ristandemised							
n	10	343	984	986	461	143	41
y, %	62,05	60,15	60,25	59,87	59,08	58,30	57,22
EY♂xEL♀ ristandemised							
n	2	86	320	699	439	93	18
y, %	60,87	60,48	60,72	60,58	60,73	60,62	59,23
hämpšir, emised							
n	-	14	17	19	11	-	-
y, %	-	61,70	61,97	60,79	61,07	-	-
hämpšir, kuldid							
n	-	5	9	3	3	2	-
y, %	-	63,84	61,69	63,14	61,76	59,44	-
P♂xH♀ ristandkuldid							
n	-	12	22	18	6	2	-
y, %	-	63,31	62,66	62,68	62,95	60,90	-

Saksamaa andmestiku analüüsil leiti, et orikate ja emiste lihaomadused olid oluliselt erinevad, välja arvatud lihakeha pihaosa massi-iive (tabel 26). Orikad saavutasid tapaküpsuse kolm päeva varem, kuid sellest hoolimata olid nende lihakehad 640 grammi raskemad. Seega väärindasid nad sööta emistest paremini, kuid kahjuks eelkõige rasva ja kõhuosa juurdekasvuks, mis on praeguse aretuseesmärgi järgi ebasoovitav.

Emistel seevastu oli kõhuosa kergem ja suurema tailiha osakaaluga ning nende singi, lihassilma ja pihaosa mass oli oluliselt suurem. Ka peki ja lihassilma pindalalt näitasid emised oma üleolekut orikate ees.

Tabel 26. Soo mõju sigade lihaomadustele Saksamaal (AutoFOM II andmestik)

Näitaja	Sugu		Vahe/ tõenäosus
	Orikas	Emis	
n	1625	1632	
$n_{(peki\ pindala,\ lihassilma\ pindala)}$	1038	1038	
Varavalmivus, päeva	208	211	–3,00***
Singi mass, kg	17,23	18,05	–0,82***
Seljalihase mass, kg	6,73	6,96	–0,23***
Pihaosa mass, kg	8,08	8,29	–0,21***
Kõhuosa mass, kg	15,43	15,09	0,34***
Kõhuosa tailiha osakaal, %	47,29	50,89	–3,60***
Peki pindala, cm^2	19,65	17,17	2,48***
Lihassilma pindala, cm^2	62,04	64,13	–2,09***
Lihakeha mass, kg	96,22	95,58	0,64**
Lihakeha keskmine massi-iive, g/p	470	459	11,00***
Singi massi-iive, g/p	84,54	86,65	–2,11***
Seljalihase massi-iive, g/p	33,07	33,45	–0,38**
Pihaosa massi-iive, g/p	39,61	39,77	–0,16 ns
Kõhuosa massi-iive, g/p	75,79	72,36	3,43***

Seega võib kokkuvõtteks väita, et lihakeha omadustelt olid emised väärtuslikumad kui orikad.

4.1.5. Farm

Oluliselt mõjutasid sigade lihaomadusi Saksamaal ka farmis valitsevad tingimused (tabel 27).

Üllatuslikult saadi kõige paremad tulemused just suurfarmis, kus sead kasvasid oluliselt kiiremini ja lihakeha väärtuslike osade mass oli suurem, ehkki lihakeha enda mass oli väiksem.

Farmi 1 ja 2 sead erinesid lihakeha osade massilt, mis olid raskemad farmi 2 sigadel. Farmi 3 sigade väärtuslike lihakehaosade osakaal moodustas 51% lihakeha massist, farmis 2 oli see 50% ja farmi 1 sigadel 49%. Et aga farm 2 sead kasvasid farmi 1 omadest kauem, ei erinenud nende sigade lihakeha massi-iive oluliselt. A. G. de Vries ja E. Kanis (1994) leidsid, et genotüübi ja pidamissüsteemi koosmõju põhjuseks on kõige tõenäolisemalt söötmistingimused. Seega on ka söödaväärindus tähtis faktor, millele tuleks rohkem tähelepanu pöörata. Farmi 3 sead väärindasid sööta enamasti taiks, sest neil oli õhem pekk ja suurem lihassilma läbimõõt.

Tabel 27. Farmi mõju sigade lihaomadustele Saksamaal (AutoFOM II andmestik)

Näitaja	Farm		
	1	2	3
n	824	256	2177
n (peki pindala, lihassilma pindala)	546	185	1345
Kõhuosa tailiha osakaal, %	47,49[a]	48,97[b]	50,81[c]
Varavalmivus, päeva	212[a]	221[b]	194[c]
Singi mass, kg	17,31[a]	17,56[b]	18,04[c]
Seljalihase mass, kg	6,74[a]	6,81[a]	7,00[b]
Pihaosa mass, kg	8,06[a]	8,22[b]	8,27[b]
Kõhuosa mass, kg	15,39[a]	15,27[b]	15,11[c]
Peki pindala, cm^2	19,62[a]	18,53[b]	17,07[c]
Lihassilma pindala, cm^2	61,83[a]	62,12[a]	65,30[b]
Lihakeha mass, kg	95,36[a]	97,55[b]	94,78[a]
Lihakeha keskmine massi-iive, g/p	453[a]	448[a]	492[b]
Singi massi-iive, g/p	81,90[a]	82,03[a]	92,86[b]
Seljalihase massi-iive, g/p	31,88[a]	31,91[a]	35,99[b]
Pihaosa massi-iive, g/p	38,17[a]	38,39[a]	42,51[b]
Kõhuosa massi-iive, g/p	72,96[a]	71,70[a]	77,56[b]

Seega on raske alahinnata korraliku majandamise suurt mõju lihaomadustele.

4.1.6. Geneetilised tegurid

Geneetilise uuringu käigus leiti, et 101 testitud seast 16 olid stressigeenikandjad, kusjuures stressigeeni kandmise sagedus oli eesti maatõugu sigadel 0,151 ja eesti suurel valgel tõul 0,250 (tabel 28). Eestis veidi varem läbiviidud uuringu järgi olid eesti maatõugu sigadest 77% stressnegatiivsed, 23% heterosügoodid ja stressigeeni esinemissagedus oli 0,115 (Birkenfeld, Viinalass, 1999). D. Sabre jt (2003) hindasid stressigeeni kandjate osakaaluks 8,6% ja stresspositiivseteks 0,4% uuritud 477st seast.

Tabel 28. Stressigeeni esinemissagedus uuritud loomadel Eestis

Näitaja	EL	EY	FY	H♂xEY♀	H♂x EY/EL♀	Kokku
n	73	20	2	3	3	101
Stressigeenikandjate sagedus	0,151	0,250	0	0	0	0,158

Vahelduva ristamise programmis, kus toodetakse ise emiseid, ei tohiks kasutada kulte, kes kannavad stressigeeni, sest siis saadakse stressposi-

tiivseid põrsaid. Tootjad kasutavad stressigeeni kandjaid, kuna nad on kiirema kasvuga ja suurema tailiha osakaaluga kui mittekandjad. Stressigeeni kandjate pikaajalisel kasutamisel tuleks nii kulte kui ka emiseid kindlasti stressigeeni suhtes pidevalt testida ja kasutada neid vastavalt tulemustele. Seemendusjaamades kontrolli varem kõiki kulte, kui nüüdseks on testimine katkenud. Ainsana on kontrollitud seemendusjaamades olevad importkuldid, keda on testitud päritoluriigis. Need uuringud näitavad, et seemendusjaama kultide testimise jätkamine on vajalik. Sigade aretusprogramm „Marmorliha" näeb ette baasaretusfarmides kunstliku seemenduse kasutamist ainult 80% ulatuses, kuid ka farmis paikneva kuldi kasutamisel tekib oht stressigeeni levikuks. Seetõttu tuleks kohustada baasaretusfarme testima ka kõiki oma farmis peetavaid aretuskulte.

Hinnates kuldi MC4R lookuse genotüübi mõju järglaste lihaomadustele Saksamaal, leiti mitteolulised (tabel 29), kuid samasuunalised seosed kui Kimi jt (2000[b]) uurimuses. Nad leidsid, et 22-homosügootse genotüübiga sigadel oli oluliselt paksem pekk kui 11-homosügootse genotüübiga sigadel. Vastupidise trendi pekipaksuse näitajatele said H. B. Park jt (2002) kuid ka nemad leidsid, et 11-heterosügootsetel sigadel oli paksem pekk. Käesolevas töös oli suurema pekipindalaga kuldi alleeli 2 kandjad. Eelnevalt viidatud seos pekipaksusega ei pruugi olla Asp298Asn mutatsiooni otsene mõju, vaid geenide ahelduse tulemus. Samuti võib mutatsiooni mõju olla vähe avaldunud, kuna olid teada ainult sigade alternatiivsed alleelid tulenevalt isa genotüübist (homosügootsete kultide järglastel).

Ka Kim jt (2000[b]) leidsid, et alleeli 2 homosügootsed sead kasvasid kiiremini, kuid nende kasvukiiruse erinevus heterosügootidega oli väike. Samas lihakeha mass oli väiksem alleel 2 homosügootidel, seevastu alleel 1 homosügootsete ja heterosügootsete kultide järglaste lihakehade massi erinevus oli väike. Selletõttu oli alleel 2 homosügootsete ja heterosügootsete kultide järglaste massi-iive võrdne. Lihakeha massi osas oli trend vastupidine, kuid lihakeha osade juurdekasv oli suurem heterosügootsete kultide järglastel. Ehkki lihakeha mass oli alleel 2 homosügootsete kultide järglastel kõige väiksem, ületas lihakeha osade mass (48,44 kg) alleel 1 homosügootsete kultide järglaste oma (48,39 kg), kuid kõige suurem oli see heterosügootsete kultide järglastel (48,56 kg). Kõige rohkem erines genotüübiti singimass, kusjuures seljalihase ja pihaosa erinevus oli väga väike või puudus sootuks, kuid kõhuosa mass

oli kõige väiksem alleel 2 homosügootsete kultide järglastel.

Tabel 29. Kuldi MC4R genotüübi mõju järglasta lihaomadustele Saksamaal (P>0,05)

Näitaja	MC4R staatus		
	11	12	22
n	315	1163	426
$n_{(peki\ pindala,\ lihassilma\ pindala)}$	252	966	342
Kõhuosa tailiha osakaal, %	49,51	49,60	49,68
Varavalmivus, päeva	211	209	208
Singi mass, kg	17,78	17,91	17,88
Seljalihase mass, kg	6,96	6,99	6,96
Pihaosa mass, kg	8,29	8,28	8,30
Kõhuosa mass, kg	15,36	15,38	15,30
Peki pindala, cm^2	18,28	18,41	18,32
Lihassilma pindala, cm^2	63,26	64,64	62,93
Lihakeha mass, kg	96,88	96,79	95,75
Lihakeha keskmine massi-iive, g/p	460	469	469
Singi massi-iive, g/p	84,97	86,89	87,35
Seljalihase massi-iive, g/p	33,23	33,95	34,12
Pihaosa massi-iive, g/p	39,55	40,23	40,43
Kõhuosa massi-iive, g/p	73,25	74,75	74,30

Et heterosügootsete ja homosügootse alleel 2 genotüübiga kultide järglaste lihaomadused on üsna sarnased, võib tegemist olla MC4R geeni alleelide 1 ja 2 koosmõjuga.

4.1.7. Konsulent

Väga erinevaid tulemusi saadi nooremiste lihaomaduste testimisel ultraheliaparaadiga (tabel 30). Pekipaksuse mõõtmistulemus erines konsulentide vahel 3,61...4,86 mm, lihassilma läbimõõt 6,97 mm, nende kahe tunnuse baasil arvutatud tailiha osakaal 3,9%.

Tabel 30. Konsulendi mõju nooremiste lihasuse mõõtmistulemustele (JKK andmestik)

Näitaja	Konsulent						
	A	B	C	D	E	F	G
n	776	488	373	582	143	18	9
x1, mm	$13,66^{abc}$	$12,02^{ac}$	$15,49^{bd}$	$13,34^{ab}$	$14,10^{cd}$	$11,88^{ad}$	$15,25^{abc}$
x2, mm	$55,03^{a}$	$53,57^{ac}$	$50,99^{ad}$	$55,29^{a}$	$53,88^{bcd}$	$48,32^{bd}$	$50,82^{bcd}$
x3, mm	$13,74^{abc}$	$11,40^{ac}$	$16,05^{b}$	$13,63^{abc}$	$13,85^{ab}$	$11,19^{c}$	$15,10^{b}$
y, %	$60,71^{a}$	$62,26^{a}$	$58,36^{b}$	$60,90^{a}$	$60,37^{ab}$	$61,67^{ad}$	$58,93^{bc}$

Konsulendid testivad sigu kindlates maakondades/farmides, seega võib suure erinevuse põhjus olla kas mõne farmi kehvas majandamises või kasvatatavate tõugude erinevuses.

3.1.8. Füüsikalis-keemilised näitajad

Lihatööstustele pakuvad kvaliteedinäitajatest huvi eelkõige liha pH, keedukadu, veesidumisvõime ning keemiline koostis. 1998…1999. a uuriti 193 eri tõugu sea liha füüsikalis-keemilisi näitajaid. Hästi on teada veesidumisvõime suur mõju liha kvaliteedile (Offer, Knight, 1988). Lisaks liha kvaliteedile mõjutab veesisaldus tunduvalt ka majanduslikku kasumit, sest liha ja lihatooteid müüakse kaalu järgi. Liha võimet vett hoida mõjutavad nii geneetilised kui ka keskkonnategurid (Hullberg, Lundström, 2004). Hämpširi tõu mõju liha kvaliteedile kirjeldasid esimestena G. Monin ja P. Sellier 1985. aastal. Hiljem leiti, et „hämpširi efekti" põhjustab dominantne peamine geen, see viitas RN^- alleelile (Le Roy jt, 1990; Naveau, 1986), mis põhjustab glükogeeni taseme tõusu glükolüütilistes lihastes (Fernandez jt, 1992) ning selle tagajärjel madalamat lõplikku pH-d lihastes. See mõjutab negatiivselt värske liha veesidumisvõimet ning vähendab töödeldud liha väljatulekut (Gariépy jt, 1999; Lundström jt, 1996; Lundström jt, 1998). Kõige rohkem eraldus vett hämpširi ristandite lihast (26,44…27,04%), ehkki nende liha pH_{48} oli veidi kõrgem teiste uuritud kombinatsioonide omast (tabel 31). Kuigi veesidumisvõime ei erinenud tõukombinatsioonide vahel oluliselt, võib siiski väita, et hämpširi tõug mõjutab seda tunnust vähesel määral. Eesti maatõugu ja eesti suurt valget tõugu sigadel leiti sarnane veesidumisvõime, kuid kõige vähem vett eraldus FY tõugu sigade lihast (18,36%).

Tehnoloogilised liha kvaliteedinäitajad, pH ja keedukadu tõugude vahel ei erinenud. Huvipakkuv oli, et pH_{24} ja pH_{48} vahe oli ristanditel erinevalt puhtatõulistest sigadest negatiivne, seega 48 tundi pärast tapmist oli pH kõrgem kui 24 tundi pärast tapmist. Kas sellise erinevuse põhjuseks oli hämpširi tõug või on tegemist juhuslikkusega, on raske öelda, sest erinevused on väga väikesed. Isiklikult kaldun arvama, et tegemist on juhuslikkusega, kuna mitmetes uurimustes (Ellis jt, 1998[b]; Gill, 2002) väidetakse, et tänu hämpširi tõugu sigade liha kõrgema glükogeeni taseme tõttu on nende liha lõplik pH madalam kui teistel tõugudel. Ehkki uuritud sigade hulgas stresspositiivseid ei leitud, jäi ometi enamiku puhtatõuliste ja ristandsigade liha pH veidi alla

normaalse liha pH. Liha pH-l on tugev mõju veesidumisvõimele, mis omakorda on tihedalt seotud toote saagisega ja liha kvaliteediga. Tavaliselt jääb liha veekadu alla 10% (Wayne, 2001), kuid käesolevas katses oli see 18,36…27,04% piires. C. Pugliese jt (2004) leidsid vaba vee hulgaks 10% ja keedukaoks 27…30%. Selle katse oluliselt suurem keedukadu (42,98…45,67%) näitab, et need kolm tunnust on omavahel seotud. Eesti sigade liha oluliselt halvema kvaliteedi põhjuseks võib pidada sigade tapaeelset kohtlemist, sest geneetiline faktor stressigeeni näol langes ära ning vahemaa farmi ja lihakombinaadi vahel oli peaaegu 200 km. Seega tuleks rohkem tähelepanu pöörata sigade tapaeelsele kohtlemisele ning lihatööstused peaks analüüsima liha füüsikalis-keemilisi näitajaid, kuna nendest sõltub toodangu väljatulek ja seega ka kasum. Praeguseks on Valga Lihatööstusel ehitatud kaasaegne tapamaja.

Tabel 31. Erinevate seatõugude ja ristandite liha kvaliteedinäitajad Eestis

Näitaja	Tõukombinatsioon				
	EL	EY	FY	H♂xEY♀	H♂xEY/EL♀
n	137	38	7	7	4
pH_{24}	5,57[b]	5,57[ab]	5,52[ab]	5,49[ab]	5,41[a]
pH_{48}	5,54[a]	5,56[a]	5,37[a]	5,77[a]	5,51[a]
Veesidumisvõime, %	21,65[a]	23,41[a]	18,36[a]	27,04[a]	26,45[a]
Keedukadu, %	44,51[a]	42,98[a]	43,17[a]	44,08[a]	45,67[a]
Kuivainesisaldus, %	25,60[b]	27,69[a]	27,10[ab]	26,65[ab]	27,41[a]
Toorproteiin, %	22,73[a]	23,22[a]	23,27[a]	22,58[a]	22,99[a]
Toorrasv, %	1,59[b]	3,22[ac]	2,51[abc]	2,79[abc]	3,15[ac]
Toortuhk, %	1,28[a]	1,25[a]	1,32[a]	1,28[a]	1,28[a]

Puhtatõuliste eesti suurt valget tõugu ja H♂xEY/EL♀ ristandite pikim seljalihas oli oluliselt suurema kuivainesisaldusega, vastavalt 27,41% ja 27,69%, kui puhtatõulistel eesti maatõugu sigadel (25,60%). Samuti tuleks esile tõsta eesti suure valge tõu ja H♂xEY/EL♀ ristandite suurt lihasesisese rasva hulka (vastavalt 3,22% ja 3,15%). Sigade pikima seljalihase sisese rasva sisaldus on laialt tuntud tähtis parameeter, mis mõjutab sealiha sensoorseid näitajaid (Eggert jt, 2002; Fernandez jt, 1999[a], 1999[b]; Kipfmüller jt, 2000). Need autorid peavad lihasesisese rasva 2,0…2,5% sisaldust optimaalseks, kui hinnata sealiha sensoorseid omadusi. X. Fernandez jt (1999[b]) leidsid positiivse seose sensoorsete näitajatega kuni 3,5% lihasesisese rasva sisalduse puhul. Lihasesisese rasva ja sensoorsete tunnuste vahelised seosed ei pruugi alati olla lineaarsed, kuid on künnis, alla mille maitseomadused alanevad või siis

muutuvad vastuvõetamatuteks (Brewer jt, 2002; Fernandez jt, 1999a; Kipfmüller jt, 2000; Merks jt, 2000). P. Barton-Gade ja A. C. Bejerholm (1985), A. C. Bejerholm ja P. Barton-Gade (1986), C. Touraille jt (1989), G. Gandemer jt (1990), G. Eikelenboom jt (1996) märkisid, et lihasesisese rasva tase peaks tõusma üle 2%, et sel oleks märgatav mõju liha sensoorsele kvaliteedile. Selle piiri ületasid ka soome jorkširi ja H♂xEY♀ ristandite liha, vastavalt 2,51% ja 2,79%ga. Seevastu eesti maatõugu sigade lihasesisese rasva hulk jäi 0,41% alla optimaalse taseme.

Seljalihase proteiinisisaldus oli tõuti üsna sarnane, kõikudes 22,28…23,27%. Sarnaselt proteiinisisaldusega ei erinenud eri tõukombinatsiooni sigade seljalihase tuhasisaldus oluliselt.

Et Eesti Tõusigade Aretusühistu aretusprogramm kannab nime „Marmorliha", mille all mõistetakse ka lihasesisese rasva hulka, peaks aretajad tähelepanu pöörama eesti maatõugu sigade lihasesisese rasva sisalduse suurendamisele, kaasates selle analüüsi aretusprogrammi.

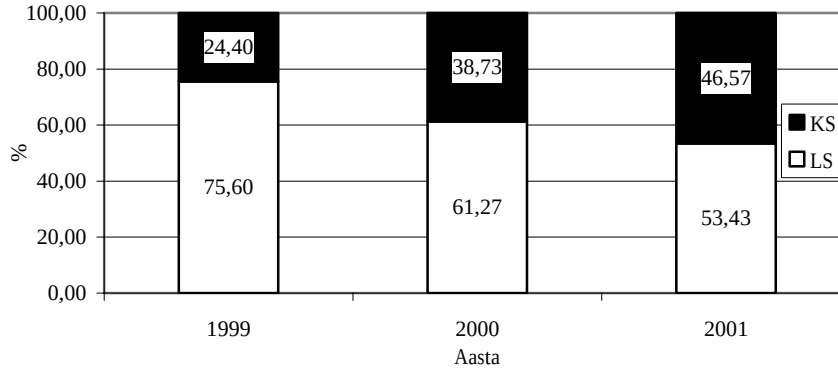
4.2. Viljakust mõjutavaid tegureid

4.2.1. Kunstlik seemendus

Tõumaterjali paremaks levitamiseks on laialdaselt kasutatud kunstlikku seemendust. Et kuldisperma külmutamisel pole tulemused olnud nii edukad kui pullispermal (Woelders jt, 2005), kasutatakse emiste seemendamiseks peamiselt värsket spermat. Jõudluskontrolli all olevate pea poolte (46,57%) emiste tiinestamiseks kasutati 2001. aastal kunstlikku seemendust (joonis 48).

Enamasti kasutati kunstlikku seemendust ristandite saamiseks (49,8…76,9%), seevastu enamik puhtatõulistest pesakondadest saadi loomuliku seemenduse (63,3…83,8%) teel (tabel 32). Et suurem osa farme kasvatab peamiselt ühte tõugu sigu, pole neil majanduslikult kasulik osta teisest tõust kulte nuumsigade saamiseks, sest seemendusjaamas asuvaid kulte testitakse pidevalt ning seakasvataja leiab kindlasti sobiva(d) kuldi(d), kelle spermat oma karjas kasutada. Seevastu sama tõugu kultidest, kellest põhikari koosneb, jäetakse kasvama parimad ning neid kasutatakse oma karja parandamiseks. Baasaretusfarmidel on siiski nõue kasutada kunstlikku seemendust, millega tagatakse popu-

latsiooni pidev parandamine ja aretusprogrammis püstitatud eesmärkidest kinnipidamine.



Joonis 48. Kunstliku seemenduse kasutamine Eestis 1999…2001. aastal. KS – kunstlik seemendus, LS – loomulik seemendus (JKK andmestik)

Tabel 32. Kunstliku ja loomuliku seemenduse kasutamine (%) Eestis (JKK andmestik)

Näitaja	Vanempaar						
	EL	EY	H	P	EL♂xEY♀	EY♂xEL♀	P♂xH♀
n	3428	4654	37	69	1515	682	26
KS	36,7	22,3	16,2	21,7	49,8	76,0	76,9
LS	63,3	77,7	83,8	78,3	50,2	24,0	23,1

Ehkki kunstlikul seemendusel on palju positiivseid jooni, vähendab selle kasutamine sündinud põrsaste arvu pesakonnas keskmiselt 0,44 põrsa võrra (tabel 33). Siiski peab märkima, et leiti suured erinevused tõukombinatsioonide vahel. Puhtatõuliste eesti maatõugu ja eesti suurt valget tõugu sigade pesakonnad olid kunstliku seemenduse kasutamise korral oluliselt väiksemad. Seevastu teistel tõukombinatsioonidel seemendusmeetodite vahel olulist erinevust ei leitud, küll jäid pesakonnad väiksemaks kunstliku seemenduse korral. Siiski olid puhtatõulised hämpširi ja P♂xH♀ ristandpesakonnad kunstliku seemendamise korral suuremad kui loomulikul seemendusel. Ka J. Tilton (1999) leidis, et kunstliku seemenduse kasutamine vähendab sündinud põrsaste arvu peaaegu ühe võrra.

Samuti oli kunstliku seemendamise kasutamisel sündinud põrsaste arv erinevates pesakondades väiksem (tabel 34), siiski oli erinevus oluline kuni 6. pesakonnani, viimane kaasa arvatud (0,25...0,76 põrsa võrra).

Tabel 33. Sündinud põrsaste arv kunstliku (KS) ja loomuliku seemenduse (LS) kasutamisel erinevatel tõugudel Eestis (JKK andmestik)

Vanempaar	n	KS	LS	Vahe/ tõenäosus
Keskmine	10 411	9,80	10,25	–0,44***
EL	3428	10,46	10,85	–0,39***
EY	4654	10,63	11,25	–0,62***
H	37	10,19	9,12	1,07 ns
P	69	8,10	9,37	–1,27 ns
EL♂xEY♀	1515	10,52	10,64	–0,12 ns
EY♂xEL♀	682	10,51	10,88	–0,38 ns
P♂xH♀	26	11,49	9,39	2,10 ns

Tabel 34. Sündinud põrsaste arv kunstliku (KS) ja loomuliku seemenduse (LS) kasutamisel erinevates pesakondades Eestis (JKK andmestik)

Poegimiskord	n	KS	LS	Vahe/ tõenäosus
1.	1774	9,01	9,40	–0,39*
2.	1928	9,83	10,09	–0,26#
3.	1940	10,31	10,56	–0,25#
4.	1607	10,71	11,12	–0,41**
5.	1240	10,42	11,18	–0,76***
6.	795	10,58	11,04	–0,45*
7.	489	10,86	11,01	–0,15 ns
8.	323	11,06	11,30	–0,24 ns
9.	174	10,89	11,29	–0,40 ns
10...15.	141	10,58	10,96	–0,38 ns

Ehkki väiksem sündinud põrsaste arv mõjutab kindlasti seakasvatuse kasumit, korvab parema tõumaterjali kasutamine kunstliku seemendamise läbi saadud kahjumi.

4.2.2. Tõug

Valgete tõugude võrdlemisel leiti, et eesti maatõu pesakonnad olid nii sünnil kui ka võõrutamisel oluliselt väiksemad kui eesti suure valge tõu pesakonnad (tabel 35). Nende tõugude ristamise heteroosiefekt pesakonna suurusele oli väike või puudub sootuks. Kui eesti maatõugu emis ristata eesti suurt valget tõugu kuldiga, jääb põrsaste arv samale tasemele, nagu oli puhtatõulistel eesti maatõugu sigadel, kuid pesakonnad olid oluliselt suuremad, kui eesti maatõugu kult ristati eesti suurt valget tõugu emisega. Puhtatõuliste eesti suurt valget tõugu emiste pesakonnad aga olid ristamisel eesti maatõugu kuldiga sama suured, jäädes vastupidise kombinatsiooni puhul alla puhtatõulistele pesakondadele.

Autor on varem siiski leidnud, et ristamine suurendab põrsaste arvu pesakonnas 1…1,5 põrsa võrra (Tänavots, 1997). Heteroosiefekti mitteavaldumise põhjuseks oli ilmselt viimastel aastatel aset leidnud mõlema tõu samasuunaline aretus, mis on vähendanud tõugudevahelisi erinevusi.

Tabel 35. Viljakuse näitajad erinevatel vanempaaride tõukombinatsioonidel Eestis (JKK andmestik)

Näitaja	EL	EY	H	P	EL♂xEY♀	EY♂xEL♀	P♂xH♀
n	8910	14 303	185	87	2040	966	23
Sündinud põrsaste arv	10,25[a]	11,27[b]	9,00[c]	9,83[ad]	11,28[b]	10,24[a]	9,02[cd]
Võõrutatud põrsaste arv	9,99[a]	10,35[b]	8,60[c]	8,18[c]	10,38[b]	10,05[a]	8,73[c]
Vahe	0,26	0,92	0,40	1,65	0,90	0,19	0,29

Seega on farmeril, olenevalt turul valitsevast olukorrast, valida, kas ta soovib valgete tõugude ristamisel saada suuremaid pesakondi ja väiksemat tailiha osakaalu või vastupidi. Samas tuleks kindlasti arvestada, et suuremates pesakondades on ka põrsaste suremus suurem. Nii hukkus puhtatõuliste eesti suure valge ja EL♂xEY♀ ristamiskombinatsiooni korral sünnist võõrutuseni keskmiselt üks põrsas pesakonnas, kuid võõrutatud põrsaste arv jääb ikkagi suuremaks kui teistes kombinatsioonides. Seega tekib küsimus valgete tõugude ristamise mõttekuse kohta, kuna saavutatud kasu põrsaste arvu olulise suurenemise näol jääb saamata.

Värvilistest tõugudest olid sünnil suuremad pesakonnad pjeträäni tõul, kuid suurema suremuse tõttu (1,65 põrsast) olid pesakonnad võõrutamisel veidi väiksemad kui hämpširi tõul. Ka värviliste tõugude ristamisel jäi pesakonna suurus võõrutamisel puhtatõulistega samale tasemele. Seega peaks seakasvatajad pjeträäni tõu kasutamisel arvestama tema suure suremusega ja tagama pjeträäni tõugu põrsastele paremad kasvutingimused.

Kindlasti tuleb tähelepanu juhtida suurte pesakondade suurele suremusele. Kõige parema säilivusega (98%) olid EY♂xEL♀ ristandite põrsad, ning kõige halvem oli see pjeträäni tõul, kus võõrutamiseni säilis 83% sündinud põrsastest. E. F. Knol jt (2002) märgivad oma ülevaates, et põrsaste keskmine säilivus võõrutamiseni oli 81%, varieerudes suuresti katsete ja andmestike vahel. Võttes arvesse saadud

tulemusi, peaks valgete tõugude viljakus olema 10…11 põrsast pesakonnas ja värvilistel tõugudel 9 põrsast. Kui soovitakse tõsta emiste viljakus, peaksid seakasvatajad parandama põrsaste pidamistingimusi, et vähendada suremust. Ka F. Aherne ja R. Kirkwood (2004) leidsid, et 11 põrsast valgete tõugude pesakonnas oleks optimaalne.

Nooremiste võrdlemisel ei leitud, vastupidiselt eelnevale, olulist erinevust puhtatõuliste valgete tõugude pesakonna suuruses (tabel 36).

Tabel 36. Nooremiste tõu mõju sündinud põrsaste arvule (JKK andmestik)

Vanempaar	n	Elusalt sündinud põrsaste arv
EL	656	10,43[a]
EY	1150	10,36[a]
P	39	8,99[c]
EL♀ x EY♂	404	10,69[b]
EY♀ x EL♂	140	10,76[b]

Ristamisel oli oluline mõju nooremiste pesakonna suurusele, kus saadi keskmiselt 0,26…0,4 põrsa võrra suuremad pesakonnad. Seega leiti nooremiste ristamisel heteroosiefekt, ehkki see oli tunduvalt väiksem autori poolt varem leitust (Tänavots, 1997).

Pjeträäni tõu pesakondades sünnib oluliselt vähem põrsaid, seega on tähtis tõsta valgete tõugude ristamisega emiste viljakust ning seejärel paaritada neid pjeträäni tõuga lihaomaduste parandamiseks. Et heteroosiefekt on valgete tõugude samasuunalise aretamise tõttu vähenenud või hoopiski kadunud, vähendab pjeträäni tõu madal viljakus ristamisel ka valgete tõugude pesakonna suurust.

4.2.3. Tiinuse kestus

Nooremiste tiinuse kestust mõjutasid oluliselt seemendusmeetod, tõug, seemendussesoon ja -aasta, kuid tiinuse kestus ise viljakusele olulist mõju ei avaldanud (tabel 37). Kõige väiksem oli pesakonna suurus (10,19 põrsast) tiinuse kestusel 110…114 päeva, suurenedes 115…117. päevaks 0,13 põrsa võrra ning langedes hiljem. Hanenberg jt (2001) leidsid nõrga geneetilise seose tiinuse kestuse ja pesakonna suuruse vahel, seega tiinuse kestus ei mõjuta pesakonna suurust.

Tabel 37. Nooremiste tiinuse kestuse mõju sündinud põrsaste arvule Eestis (JKK andmestik)

Tiinuse kestus, päeva	n	Elusalt sündinud põrsaste arv
110…114	511	10,19[a]
115…117	1538	10,32[a]
118…122	340	10,22[a]

Loomuliku seemenduse puhul oli tiinuse kestus 0,72 päeva lühem (tabel 38). Kuna ajaline vahe pole eriti suur, võib tegemist olla juhuslikkusegs.

Tabel 38. Nooremiste seemendusmeetodi, -sesooni ja tõu mõju tiinuse kestusele Eestis (JKK andmestik)

Näitaja	n	Tiinuse pikkus, päeva
Seemendusmeetod		
Kunstlik seemendus	560	115,94[a]
Loomulik seemendus	1829	115,22[b]
Nooremise tõug		
EL	797	115,66[a]
EY	1553	116,04[b]
P	39	115,03[c]
Seemenduse aastaaeg		
Talv	699	115,62[a]
Kevad	671	115,34[b]
Suvi	487	115,47[ab]
Sügis	532	115,89[c]
Seemendusaasta		
1998	67	114,82[a]
1999	474	115,41[b]
2000	559	115,65[c]
2001	618	115,69[cd]
2002	548	115,87[de]
2003	123	116,03[e]

Tõugudest paistis oluliselt lühema tiinuse kestusega silma pjeträäni tõug ning kõige pikem oli see eesti suure valge tõu nooremistel (tabel 38). Ka eesti maatõugu emiste tiinuse kestuse erinevus teistest tõugudest oli oluline, jäädes siiski kahe eelmainitud tõu näitajate vahepeale.

Kevadel ja suvel tiinestatud nooremised kandsid põrsaid lühemat aega (vastavalt 115,34 ja 115,47 päeva) kui teistel aastaaegadel tiinestatud. Seevastu oluliselt pikem tiinuse kestus (115,89 päeva) oli sügisel seemendatud nooremistel.

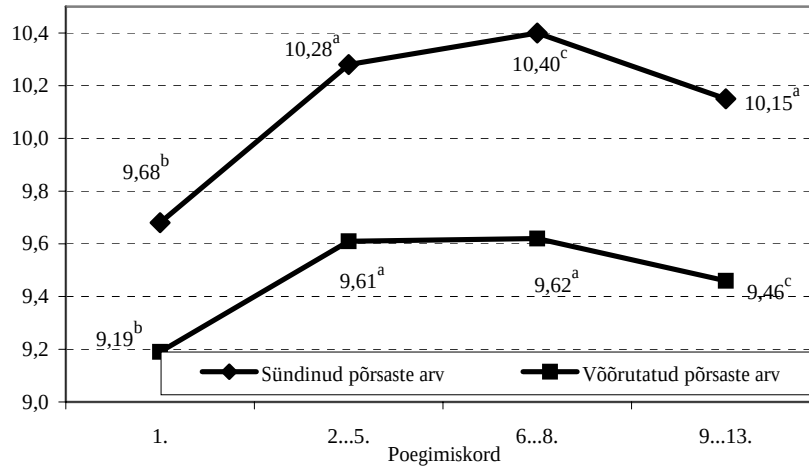
Huvipakkuv on, et alates 1998. aastast kuni 2003. aastani on tiinuse kestus pidevalt pikenenud (1,21 päeva võrra). Kõige rohkem pikenes tiinus (0,59 päeva) 1998…1999. aastal. Vahe vähenes seejärel kuni 2001. aastani ja hakkas siis suurenema ning püsis stabiilsena 2003. aastani.

Tiinuse kestuse pikenemise põhjuseks on ilmselt see, et üha enam on farmides hakatud kasutama kunstlikku seemendust.

4.2.4. Poegimiskord

Arvestades sündinud ja võõrutatud põrsaste oluliselt väiksemat arvu esimeses pesakonnas võrreldes järgnevate pesakondadega, ei saa nende alusel teha otsust emiste praakimiseks. Sündinud põrsaste arv oli kõige suurem 6…8. pesakonnas, kuid ka suremus oli siis suurem 2…5. pesakonnas, mistõttu võõrutatud põrsaste arv oli neis kahes grupis sarnane (joonis 49).

9…13. pesakonnas sündis veidi vähem põrsaid kui 2…5. ning oluline oli põrsaste arvu vähenemine võrreldes 6….8. pesakonnaga. Põrsaste suremus aga oli 9…13. pesakonnas veidi suurem, võrreldes 2…5. pesakonnas võõrutamiseni hukkunud põrsaste arvuga, ning seetõttu võõrutati oluliselt vähem põrsaid kui 2…5. ja 6…8. pesakonnas. Seega pole majanduslikult kasulik pidada emiseid karjas üle 6…8 pesakonna, arvestades pesakonna suurust. F. Aherne ja R. Kirkwood (2004) leidsid samuti, et esimeses pesakonnas sünnib vähem põrsaid, maksimumi saavutab põrsaste arv 3…5. pesakonnas ning püsib seejärel konstantsena, hakates hiljem langema. Kõige optimaalsemaks pidasid nad 3…6. pesakonda, mille suurus sõltub pidamisest ja sigade genotüübist.



Joonis 49. Emiste viljakus erinevates pesakondades (JKK andmestik)

Ka antud juhul oli suur pesakond suurema suremuse põhjuseks. Esimeses pesakonnas kaotati kuni võõrutamiseni keskmiselt 0,49 põrsast, kuid hiljem, suuremates pesakondades oli suremus juba 0,67…0,78 põrsast. See ühtib ka I. A. Gardneri jt (1989) tulemustega, kus esmaspoeginud emiste põrsaste suremus oli oluliselt väiksem kui vanematel emistel.

Kokkuvõttes võib järeldada, et valikut pesakonna suuruse järgi ei saa teha esimese pesakonna alusel. Kuid et kõiki emiseid pole otstarbekas pidada teise pesakonna sündimiseni, tuleks välja töötada statistiline mudel, mille alusel valik teha. T. Serenius jt (2003) leidsid, et pesakonna suurus sünnil pole kontrollitud sama geeni poolt ja seega pesakonna suuruse aretusväärtust peaks hindama vähemalt kahe tunnuse järgi – esimese pesakonna ja hilisemate pesakondade suuruse järgi. Seega peaks esmase valiku tegemisel olema suurem kaal lihaomadustel ning alates teisest pesakonnast tuleks pöörata suuremat tähelepanu pesakonna suurusele.

4.3. Päritavus ja tunnustevahelised seosed

4.3.1. Lihaomaduste päritavus

JKK andmete alusel oli lihasuse näitajatest kõige kõrgema päritavusega pekipaksus (h^2 = 0,68), mis näitab, et seda tunnust on võimalik edukalt

vähendada valiku teel, seevastu lihassilma läbimõõdu päritavus oli üsna madal (h^2 = 0,30) (tabel 39). Z. Johnson jt (2000) ning A. Tänavots (2002) leidsid peaaegu poole väiksema pekipaksuse päritavuse, kuid lihassilma läbimõõdu päritavus oli saadud tulemustega sarnane. Sarnase pekipaksuse päritavuse (h^2 = 0,56) leidsid aga Kuhlers jt (2001).

Tabel 39. Lihaomaduste päritavus (JKK andmestik)

Tõug	n	Pekipaksus, mm	Lihassilma läbimõõt, mm	Tailiha osakaal, %
EL	3428	0,77	0,20	0,73
EY	4654	0,60	0,34	0,59
P	69	0,69	0,16	0,62
EL♂xEY♀	1515	0,55	0,19	0,49
EY♂xEL♀	682	0,79	0,28	0,54
Keskmine	10 411	0,68	0,30	0,66

D. L. Kuhlers jt (2003) leidsid, et ultraheliga mõõdetud djurokite pekipaksuse päritavus oli kõrgem (h^2 = 0,58) kui aretusväärtuse arvutamisel kasutatav päritavus (h^2 = 0,44). Samasugune seos leiti ka käesolevas töös pjeträäni tõu puhul, kus leitud pekipaksuse päritavus oli h^2 = 0,69, kuid artusväärtuse hindamisel kasutatakse päritavust h^2 = 0,13. Valgete tõugude aretusväärtuse hindamine näeb ette kasutada seljapekipaksuse päritavust h^2 = 0,30, mis jääb samuti alla töös leitud päritavustele, mis eesti maatõu puhul oli h^2 = 0,77 ja eesti suurel valgel tõul h^2 = 0,77. Seevastu leitud seljalihase läbimõõdu päritavus (h^2 = 0,16…0,34) ühtis aretusväärtuse arvutamisel kasutatava päritavusega nii pjeträäni kui ka valgetel tõugudel (vastavalt h^2 = 0,16 ja 0,25).

Erinevatel tõugudel ja nende kombinatsioonidel oli lihaomaduste päritavuses erinevusi. Võrreldes eesti suure valge ja pjeträäniga pärandavad kõige paremini järglastele pekipaksust eesti maatõug ja EY♂xEL♀ kombinatsioonid. Seevastu lihassilma päritavus oli kõrgeim eesti suurel valgel ja EY♂xEL♀ kombinatsioonil. Et nende kahe tunnuse alusel arvutatakse tailiha osakaal, jäi selle näitaja päritavus keskmise piiridesse.

Isamudeli puhul eeldatakse vaikimisi, et kogu aditiivgeneetilisest varieeruvusest 1/4 on tingitud isa mõjust, mistõttu korrutatakse päritavuse leidmisel isa mõju neljaga ja loetakse saadu kogu geenide aditiivsest toimest tingitud indiviididevahelise varieeruvuse hinnanguks. Tehnilistel põhjustel kasutati käesolevas töös päritavuste arvutamiseks isamudelit, seetõttu võib väita, et juhul kui isa mõjutab uuritava

tunnuse geneetilist määratust enam kui vaid 25% ulatuses, on isamudeliga arvutatud päritavus ülehinnatud.

Lihaomaduste päritavus osutus Saksamaa materjali põhjal madalamaks kui eespool toodud Eesti näitajad. Mõlema materjali puhul oli sarnane päritavus siiski lihassilma läbimõõdul. Üle keskmise (h^2 = 0,62) oli päritavus varavalmivusel, mis annab lootust selle tunnuse parandamiseks valiku teel. Ka lihakeha massi-iive sõltub üsna suurel määral vanematest (h^2 = 0,40) ning see on tähtis tunnus, kui soovime vähendada nuumamiseks kuluvat aega.

FOM ja AutoFOMga mõõdetud lihaomaduste päritavus oli sarnane (tabel 40), kuid lihakeha massi-iibe päritavus oli oluliselt kõrgem.

Tabel 40. Aparaatidega mõõdetud lihaomaduste päritavus Saksamaal (järglasi>10)

Näitaja	FOM	AutoFOM	
		I andmestik	II andmestik
n/n_{isa}	930/30	413/12	3225/36
Pekipaksus, mm	0,22*	0,20*	-
Kõhuosa tailiha osakaal, %	–	0,08*	0,50
Tailiha osakaal lihakehas, %	0,27*	–	-
Seljalihase läbimõõt, mm	0,39*	–	-
Peegelduvus	0,32*	–	-
Mass, kg			
sink	–	0,10*	0,44
seljalihas	–	0,03*	0,33
pihaosa	–	0,00*	0,23
kõhuosa	–	0,00*	0,16
Vanus tapmisel, päeva	0,62*	0,79	0,40
Keskmine massi-iive, g/p			
lihakeha	0,40	0,67	0,26
sink	–	0,13	0,30
seljalihas	–	0,14	0,23
pihaosa	–	0,22	0,25
kõhuosa	–	0,21	0,24
Peki pindala, cm^2	–	–	0,22
Lihassilma pindala, cm^2	–	–	0,20

* Mudelisse lisati lihakeha mass

AutoFOM I andmestiku alusel arvutatud lihakeha osade päritavus oli seevastu väga madal ning ei ületanud 0,10. Samuti osutusid võrreldes lihakeha enda juurdekasvu päritavusega (h^2 = 0,67) madalaks lihakeha osade massi-iivete päritavused (h^2 = 0,13…0,22). Seega on raske saavu-

tada edu väärtuslike lihakeha osade massi tõstmisel, kasutades valiku-kriteeriumidena eelkõige väärtuslike lihaosade massi.

AutoFOMga mõõdetud näitajate teise andmestiku alusel arvutatud päritavused ületasid enamasti esimese andmestiku tunnuste omi. Tunduvalt kõrgem päritavus leiti lihakeha osadele (h^2 = 0,16…0,44). Seevastu varavalmivuse ja lihakeha massi-iibe päritavus olid tunduvalt madalamad (vastavalt h^2 = 0,40 ja h^2 = 0,26). Et esimene andmestik pärines ühest farmist, olid sead palju ühtlasema genotüübiga, seevastu teise andmestiku kolme erineva farmi sigade jõudlus oli farmiti erinev ning seetõttu leiti ka kõrgem päritavus. Seega on erinevate tunnuste hindamiseks vaja läbi viia laiaulatuslik uurimine.

4.3.2. Viljakuse päritavus

Nagu lihaomaduste päritavus, nii erines tõugude vahel ka pesakonna suuruse päritavus. Kõige paremini pärandus pesakonna suurus sünnil puhtatõulise eesti suure valge ja EY♂xEL♀ kombinatsiooni puhul, seevastu eesti maatõu ja EL♂xEY♀ puhul oli päritavus peaaegu olematu (tabel 41). Võõrutatud põrsaste arvu kõrge päritavusega paistis silma EY♂xEL♀ ristamiskombinatsioon. Üldiselt jäi päritavus kirjandusallikates (Hill, Webb, 1982; Johansson, 1981; Haley jt, 1988; Lamberson jt, 1991) toodu piiridesse (tabel 42).

Arvestades nii enamiku lihaomaduste kui ka viljakuse madalast päritavust, on nende tunnuste parandamine valiku teel aeganõudev ning nõuab häid tehnilisi vahendeid ja täpsust.

Tabel 41. Pesakonna suuruse päritavus erinevatel tõugudel (JKK andmestik)

Tõug	n	Pesakonna suuruse päritavus	
		sünnil	võõrutamisel
EL	3428	0,03	0,13
EY	4654	0,09	0,13
EL♂xEY♀	1515	0,00	0,03
EY♂xEL♀	682	0,12	0,27
Keskmine	10 411	0,08	0,14

Tabel 42. Pesakonna suuruse päritavuse kirjandusallikate ülevaade

Autor	Näitaja	Pesakonna suuruse päritavus		
	–	sünnil	3-nädalaselt	8-nädalaselt
W. R. Urban jt (1966)	–	0,08	–	0,13
C. Legault (1970)	–	0,071	0,01	–
	–	0,112	0,09	–
G. S. Strang, J. W. B. King (1970)	suur valge tõug	0,072	0,07	0,09
G. S. Strang, C. Smith (1979)	suur valge tõug	0,041	0,03	0,05
	landrassi tõug	0,092	0,10	0,06
		0,071	0,02	0,00
K. Johansson (1981)	1. pesakond	0,181	0,16	–
	2. pesakond	0,151	0,15	–
W. G. Hill, A. J. Webb (1982)	–	0,12	–	–
C. S. Haley jt (1988)	–	0,09	–	–
W. R. Lamberson jt (1991)	–	0,07	–	–
L. Rydhmer (1993)	–	0,13	–	–

Levinuim viis parandada madala päritavusega tunnuseid on ristamine. Eelnevad tulemused näitasid, et ristamisega saavutatakse märkimisväärset edu ainult hoolika paaridevaliku teel.

4.3.3. Tunnustevahelised seosed

Mõistmaks paremini võimalikke tunnuste muutusi, mis kaasnevad mõne teise tunnuse parandamisega valiku teel, on tähtis teada tunnustevahelisi seoseid. Pekipaksuse ja lihassilma läbimõõdu vahel leiti nõrk negatiivne seos, v.a hämpširi tõul, kellel see näitaja oli positiivne, kuid samuti nõrk. Selline seos on aretajale seega kasulik, lubades pekipaksuse vähendamisega samal ajal suurendada ka lihassilma läbimõõtu. Et pekipaksuse ja lihassilma järgi arvutatakse tailiha osakaalu kehas, oli märgatav pekipaksuse negatiivne mõju tailiha osakaalule, samas lihassilma mõju jäi keskmiseks positiivseks (tabelid 43…46).

Lihaomaduste fenotüübiline seos pesakonna suurusega nii sünnil kui ka võõrutamisel oli väga nõrk (r = –0,101...0,119). Seega intensiivne nuumamine ja sellega peki suurem ladestumine ei suurenda põrsaste arvu pesakonnas ning ei oma mõju ka põrsaste säilivusele. Ka kirjanduse andmetel oli seos pesakonna suuruse ja lihasuse vahel nulli lähedal (Johansson, Kennedy, 1983; Short jt, 1994). Küll aga leidsid D. G. D. Maesa jt (2004) tugeva seose pekipaksuse ja emise piimakuse vahel.

Tabel 43. Eesti sigade lihaomaduste ja viljakusnäitajate omavahelised seosed (diagonaalist ülal tõugude keskmine ja all eesti maatõug) (JKK andmestik)

Näitaja	Pekipaksus, mm	Lihassilma läbimõõt, mm	Tailiha osakaal, %	Pesakonna suurus	
				sünnil	võõrutamisel
Pekipaksus, mm	–	–0,176***	–0,943***	–0,002	–0,029
Lihassilma läbimõõt, mm	–0,217***	–	0,477***	0,017**	0,018**
Tailiha osakaal, %	–0,932***	0,537***	–	0,005	0,030***
Pesakonna suurus sünnil	–0,029**	0,032**	0,035***	–	0,696***
Pesakonna suurus võõrutamisel	–0,021	0,018**	0,030***	0,696***	–

Tabel 44. Eesti sigade lihaomaduste ja viljakusnäitajate omavahelised seosed (diagonaalist ülal eesti suur valge ja all hämpšir) (JKK andmestik)

Näitaja	Pekipaksus, mm	Lihassilma läbimõõt, mm	Tailiha osakaal, %	Pesakonna suurus	
				sünnil	võõrutamisel
Pekipaksus, mm	–	–0,200***	–0,953***	–0,019*	–0,084***
Lihassilma läbimõõt, mm	0,117	–	0,474***	0,011	0,036***
Tailiha osakaal, %	–0,931***	0,236**	–	0,017*	0,084***
Pesakonna suurus sünnil	–0,068	–0,106	0,003	–	0,696***
Pesakonna suurus võõrutamisel	–0,021	–0,062	–0,028	0,823***	–

Tabel 45. Eesti sigade lihaomaduste ja viljakusnäitajate omavahelised seosed (diagonaalist ülal pjeträän ja all EL♂xEY♀) (JKK andmestik)

Näitaja	Pekipaksus, mm	Lihassilma läbimõõt, mm	Tailiha osakaal, %	Pesakonna suurus	
				sünnil	võõrutamisel
Pekipaksus, mm	–	–0,180**	–0,912***	0,084	0,023
Lihassilma läbimõõt, mm	–0,034*	–	0,545***	–0,075	0,055
Tailiha osakaal, %	–0,946***	0,338***	–	–0,092	0,006
Pesakonna suurus sünnil	0,018	–0,024	–0,026#	–	0,678***
Pesakonna suurus võõrutamisel	0,023	–0,031*	–0,033*	0,536***	–

Tabel 46. Eesti sigade lihaomaduste ja viljakusnäitajate omavahelised seosed (diagonaalist ülal EY♂xEL♀ ja all P♂xH♀) (JKK andmestik)

Näitaja	Pekipaksus, mm	Lihassilma läbimõõt, mm	Tailiha osakaal, %	Pesakonna suurus	
				sünnil	võõrutamisel
Pekipaksus, mm	–	–0,100***	–0,907***	–0,011	–0,023
Lihassilma läbimõõt, mm	–0,009	–	0,488***	0,027	0,069**
Tailiha osakaal, %	–0,887***	0,440***	–	0,017	0,048
Pesakonna suurus sünnil	–0,101	–0,077	0,088	–	0,511***
Pesakonna suurus võõrutamisel	–0,068	0,048	0,119	0,712***	–

Nooremiste jõudlusnäitajad annavad aretajatele väärtuslikku informatsiooni looma sobivuse kohta aretuseks. Ehkki viljakus esimeses pesakonnas on oluliselt väiksem kui järgnevates, on see siiski üks kriteeriume looma edaspidise saatuse kohta. Samuti testitakse nooremiseid ultraheliaparaadiga, et hinnata nende lihajõudlust. Seosed lihajõudlusnäitajate ja elusalt sündinud põrsaste arvu vahel on väga nõrgad (tabel 47). Seega lihasuse näitajatest ei olene sündinud põrsaste arv.

Tabel 47. Fenotüübilised seosed nooremiste lihaomaduste ja viljakusnäitajate vahel Eestis (JKK andmestik)

Näitaja	y, %	x3, mm	x2, mm	x1, mm
Elusalt sündinud põrsaste arv	0,041*	–0,036#	–0,005	–0,064**
x1, mm	–0,827***	0,725***	–0,165***	
x2, mm	0,511**	–0,172***		
x3, mm	–0,904***			

Pekipaksuste omavahelised seosed on tugevad, see näitab testitud sigade pekipaksuse ühtlikkust. Seevastu seosed pekipaksuse ja lihassilma läbimõõdu vahel on nõrgad negatiivsed. See annab lootust suurendada lihassilma läbimõõtu ka siis, kui pekipaksuse optimum on juba saavutatud. Ka Saksamaal FOMga mõõdetud pekipaksuse ja lihassilma läbimõõdu seos oli väga nõrk (tabel 48). Leiti, et raskematel lihakehadel on paksem pekk ja suurema läbimõõduga lihassilm, kuid need näitajad ei muutu oluliselt tapavanuse suurenemisel. Ehkki vanematel sigadel tailiha osakaal väheneb, on see seos väha nõrk.

Saksamaa andmete analüüsil leitud lihakeha osade massi ning massi-

iivete omavaheline seos oli keskmine kuni tugev (tabel 49), mis näitab, et ühe tunnuse suurenedes suureneb ka teine. Eriti tihe oli seos lihassilma ja singi massi vahel, mis annab lootust lihassilma läbimõõdu suurendamisega suurendada ka singi massi.

Tabel 48. Sigade lihakeha omaduste vahelised fenotüübilised seosed (FOM andmestik; n = 971)

Näitaja	Lihakeha keskmine massi-iive, g/p	Lihakeha mass, kg	Peegelduvus	Lihassilma läbimõõt, mm	Pekipaksus, mm	Lihakeha tailiha osakaal, %
Vanus tapmise ajal, päeva	–0,643 ***	0,137 ***	0,021	0,049	0,069 *	–0,037
Lihakeha tailiha osakaal, %	–0,076 *	–0,125 ***	0,002	0,449 ***	–0,904 ***	
Pekipaksus, mm	0,202 ***	0,321 ***	0,001	–0,067 *		
Lihassilma läbimõõt, mm	0,236 ***	0,358 ***	0,015			
Peegelduvus	–0,079 *	–0,087 **				
Lihakeha mass, kg	0,664 ***					

Leitud päritavuse vahemik 0,40...0,79 näitab, et varavalmivust on võimalik edukalt suurendada aretusega. Et varavalmivuse ja lihakeha massi vahel oli nõrk seos, ei tähendanud lühem nuumaaeg kergemaid lihakehi, vastupidi, suund oli lihakehamassi suurenemisele. Lihakeha mass on tihedalt seotud lihakeha osade massiga, seetõttu oli ka nende massi muutus suurenemise suunas.

Nagu eespool toodud FOM analüüsi tulemustes, leiti ka AutoFOM andmeid analüüsides nõrk seos varavalmivuse ja lihakeha massi vahel. Sarnane oli seos ka lihakeha osade massi ja varavalmivuse vahel. Samuti vähenes nuuma pikenedes lihakeha ja lihakeha osade keskmine päevane juurdekasv.

Tabel 49. Lihakeha näitajate vahelised fenotüübilised seosed (AutoFOM I andmestik esimene rida, n = 426; AutoFOM andmestik II 2. rida, n = 3257; Saksamaa)

Näitaja	15.	14.	13.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	3.	2.	4.
1. Lihakeha mass, kg	0,719	0,654	0,636	0,543	0,782	0,148**	–0,215	0,912	0,837	0,778	0,692	–	–	0,459
	0,577	0,464	0,446	0,384	0,559	0,067	–0,200	0,899	0,790	0,698	0,628	0,222	0,367	–
2. Peki pindala, cm^2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
	0,363	–0,123	–0,178	–0,285	0,161	0,055*	–0,904	0,608	–0,112	–0,193	–0,361	–0,260		
3. Lihassilma pindala, cm^2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			
	0,186	0,372	0,576	0,538	0,277	–0,175	489	0,079	0,377	0,678	0,631			
4. Pekipaksus, mm	0,629	0,162	0,136**	–0,078ns	0,473	–0,112*	–0,853	0,644	0,105*	0,085#	–0,154**			
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			
5. Singi mass, kg	0,353	0,650	0,708	0,828	0,513	0,144**	0,450	0,493	0,829	0,851				
	0,253	0,547	0,621	0,711	0,403	–0,015ns	0,541	0,346	0,804	0,853				
6. Pikima selja-lihase mass, kg	0,493	0,580	0,849	0,693	0,590	0,141**	0,237	0,651	0,750					
	0,358	0,521	0,743	0,623	0,465	–0,038*	0,403	0,469	0,739					
7. Pihaosa mass, kg	0,489	0,797	0,606	0,664	0,633	0,155**	0,144**	0,655						
	0,346	0,628	0,497	0,528	0,451	0,044*	0,257	0,545						
8. Kõhuosa mass, kg	0,837	0,535	0,557	0,402	0,748	0,076	–0,439**							
	0,653	0,302	0,283	0,187	0,498	0,062	–0,492							
9. Kõhuosa tailiha osakaal, %	–0,456	0,053	0,155**	0,341	–0,268	0,124*								
	–0,293	0,233	0,344	0,436	–0,061	–0,066								
10. Tapavanus, päeva	–0,479	–0,471	–0,401	–0,433	–0,498									
	–0,705	–0,740	–0,687	–0,704	–0,780									
11. Lihakeha massi-iive, g/p	0,932	0,868	0,809	0,747										
	0,947	0,909	0,855	0,830										
12. Singi massi-iive, g/p	0,590	0,857	0,872											
	0,670	0,907	0,924											
13. Selja pikima lihase massi-iive, g/p	0,709	0,785												
	0,725	0,871												
14. Pihaosa massi-iive, g/p	0,728													
	0,778													
15. Kõhuosa massi-iive, g/p														

Varavalmivuse ja lihakeha massi-iibe vaheline fenotüübiline tugev seos näitas, et mida suurem oli lihakeha juurdekasv, seda lühemat aega olid sead karjas. Kauem karjas olnud sigade lihakehad olid küll raskemad, kuid seos nende kahe tunnuse vahel oli nõrk. Samuti oli seos nõrk varavalmivuse ja liha kvaliteedinäitajate, lihassilma läbimõõdu ja peki-paksuse vahel. Seega sigade tapamajja viimisega viivitamine ei anna majanduslikku kasu, vaid pigem tekitab seakasvatajale kahju massi-iibe vähenemise tõttu. Raskemate sigade lihakehadel oli küll paksem pekk ja suurem lihassilm, kuid seda ei saavutatud pikema nuumamisajaga. Kokkuvõttes võib öelda, et pikem nuumaaeg ja raskem lihakeha vähendas veidi tailiha osakaalu lihakehas.

5. KOKKUVÕTE

Uurimistöö eesmärgiks seati analüüsida ultraheliaparaatide kasutamist sigade lihaomaduste mõõtmisel ning hinnata andmete alusel läbi viidud aretustöö edukust. Selgitati erinevate faktorite mõju lihasuse ja viljakuse näitajatele. Lisaks uuriti nende näitajate vahelised seosed.

Selleks uuriti:

- erinevate ultraheliaparaatidega mõõdetud seatõugude lihaomaduste erinevusi,
- stressigeeni esinemissagedust ja MC4R geeni mutatsiooni mõju lihakeha näitajatele,
- sealiha füüsikalis-keemilisi omadusi,
- faktorite (aasta, aastaaeg, sugu, farm, kunstlik seemendus, poegimiskord, tiinuse kestus) mõju lihaomadustele ja viljakusele,
- hinnati lihaomaduste ja viljakuse päritavust ning nende omavahelisi seoseid.

Uurimistöö materjal pärines kolmest allikast:

1. Kehtna Seakasvatuse Katsejaamas (SKJ) peeti 193 siga vastavalt kontrollnuuma nõuetele ning testiti portatiivsete ultraheliaparaatidega Piglog 105 ja A-Scan Plus. Sead pärinesid 22 farmist ja nende tõulisus oli järgmine: eesti maatõug (EL), eesti suur valge (EY), soome jorkšir (FY), hämpšir ♂xEY♀ (H♂xEY♀) ja H♂xEY/EL♀.
2. Jõudluskontrolli Keskuse sigade andmebaasi andmed. Sigade jõudlusandmed registreeriti farmides ja edastati keskusesse. Kasutati järgmiste tõugude ja ristamiskombinatsioonide andmeid: EL, EY, H, pjeträän (P), EY♂xEL♀, EL♂xEY♀, P♂xH♀.
3. PIC Saksamaa andmestik sisaldas FOMga ja AutoFOMga mõõdetud lihasuse näitajaid. Tõugudest oli esindatud puhtatõuline pjeträän ning Camborough 23 emaliini ja isaliinide pjeträäni PIC-408 ning PIC-416 (P♂xH♀) ristandid.

Kõikide andmestike töötlemiseks kasutati SAS programmi (SAS, 1999). Analüüsil leitud lihaomaduste ja viljakuse tulemused on esitatud vähimruutude või aritmeetiliste keskmistena. Üldist lineaarset mudelit kasutades leiti erinevate faktorite mõjude olulisus jõudlusnäitajatele ning nendevaheliste seoste iseloomustamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonikoefitsienti. Tunnuste päritavus arvutati MIXED protseduuri

isamudeli abil.

Uurimistöö tulemused on avaldatud teadusartiklitena ja tähistatud käesolevas töös rooma numbritega.

Uuritud tunnuste mõjud lihasuse näitajatele olid järgmised.

Ultraheliaparaatide täpsusklass. Sigade testimisel ultraheliaparaadiga A-Scan Plus leiti erinevat tõugu sigadel ja nende ristanditel õhem pekk, suurem lihassilma sügavus ja nende näitajate tõttu ka tailiha osakaal võrreldes Piglog 105 ja UltraFOM 100ga. Aparaadiga A-Scan Plus mõõdetud tailiha osakaal oli 0,53..3,46% võrra suurem kui Piglog 105ga mõõtes ja 2,20..6,18% võrra suurem UltraFOM 100 näitajatest. Lihatööstustes kasutatava UltraFOM 100 tulemusi ületasid ka Piglog 105ga leitud tailiha osakaalu näitajad 0,62...5,68% võrra, v.a eesti maatõul (1,26% võrra).

Tõug. Valgete tõugude võrdlemisel näitas oma üleolekut eesti maatõug, kellel oli õhem pekk, suurem lihassilma läbimõõt ja tailiha osakaal. Nende tõugude omavahelisel ristamisel osutus parimaks EY♂xEL♀ kombinatsioon, kellel oli küll oluliselt õhem pekk (0,39…0,81 mm) ja suurem tailiha osakaal (0,61%), kuid lihassilma läbimõõt ei erinenud oluliselt võrreldes EL♂xEY♀ ristanditega. Puhtatõulised hämpširid olid lihaomadustelt võrdsed valgete tõugudega või jäid nendele isegi alla. Pjeträäni tõug oli seevastu parimate lihaomadustega. Ristandemiste (EY♂xEL♀) hämpširi kuldiga ristamisel saadi küll oluliselt õhem pekk võrreldes H♂xEY♀ ristanditega, kuid tailiha osakaalus olulisi erinevusi ei olnud. Värviliste tõugude omavahelise ristamise tulemused jäid nende tõugude lihaomaduste vahepeale. Saksamaal kasutatavatest liinidest oli lihaomadustelt tunduvalt parem PIC-408, kelle saamiseks kasutati stressiresistentseid pjeträäni sigu.

Aasta ja aastaaeg. Aastatel 1998 ja 2001 elussigade tailiha osakaal oluliselt ei muutunud, vähenedes siiski vahepealsetel aastatel, küll aga toimus 1998...2000. aastal pekipaksuse pidev suurenemine, hoolimata aretussigade valikust tailiha osakaalu järgi. Lihassilma läbimõõt seevastu suurenes nelja aasta jooksul 1,62 mm võrra. Sünni aastaaegadel oli mõju lihaomadustele, ilmselt tuleneb see konkreetsel aastal ja aastaajal valitsenud majanduslikust olukorrast.

Sugupool. Kuldid kasvasid emistest kiiremini. Emiste pekipaksus hakkas järsult suurenema alates 120 kg-st, seevastu lihassilma läbimõõt arenes mõlemal sugupoolel ühtlaselt. Selle põhjuseks võis olla intensiivsem söötmine innaperioodi eel (Lember jt, 1999). Sugupool mõjutas oluliselt pekipaksust ja tailiha osakaalu, kusjuures kuldid olid õhema peki ja suurema tailiha osakaaluga kui emised. Emiste pekipaksuse suurenedes, langes tailiha osakaal samuti alates 120 kg-st. Tõu- ja soogrupid saavutasid maksimaalse tailiha osakaalu erinevate kehamasside juures, kuid kõige optimaalsem tailiha osakaalu ja kehamassi suhe tundus olevat 90...99 kg juures. Emised näitasid orikate ees oma paremust lihaomadustes, kuid orikad saavutasid kiiremini tapaküpsuse ja nende lihakeha mass oli ka suurem.

Farm. Saksamaa farmides valitsevad tingimused mõjutasid oluliselt sigade lihakehanäitajaid. Suurfarmist pärinevate sigade väärtuslike lihakeha osade mass oli tunduvalt suurem, kuigi lihakeha oli kergem, kui teistes farmides.

Geneetilised tegurid. Uuritud sigadest 16% kandsid stressigeeni, ülejäänud 84%l seda geeni ei leitud. Stressigeeni kandmise sagedus oli eesti maatõul 0,151 ja eesti suurel valgel tõul 0,25. Stressigeeni leidumine populatsioonis näitab, et on vajadus põhjalikuma uuringu järele, kus testitaks kõik aretuses kasutatavad sead.

Järglaste lihasuse omadusi ei mõjutanud oluliselt nende isade MC4R geeni staatus. Olulise seose mitteleidmise põhjuseks võis olla mutantse alleeli sageduse väike erinevus võrreldavate järglaste gruppides, sest teada oli ainult isa genotüüp. Siiski isa alleeli 2 kandjate grupi sead (22-homosügootse genotüübiga kuldi järglased) kasvasid kiiremini kui isa alleeli 1 kandjad, nende kasvukiiruse erinevus heterosügootse genotüübiga kuldi järglastega võrreldes oli väike. Samas oli lihakeha massi osas trend vastupidine, kuid lihakeha osade juurdekasv oli heterosügootide järglastel suurem. Et heterosügootsete ja alleeli 2 suhtes homosügootse genotüübi tunnused olid üsna sarnased, võib järglaste gruppides tegemist olla MC4R geeni alleelide 1 ja 2 koosmõju prevaleerimisega.

Varavalmivus. Eesti maatõugu sead olid eesti suurest valgest tõust ühtlasema kasvuga ja varavalmivad. Kehamassi suurenedes kasvas ka massi-iive.

Konsulendid. Eri konsulentide mõõdetud lihasuse näitajate erinevused olid suured, mille põhjuseks võis olla farmide majandamise või testitud sigade tõuline erinevus.

Füüsikalis-keemilised omadused. Enamiku puhtatõuliste ja ristandsigade liha pH_{24} ning pH_{48} kaldus PSE-liha poole. pH_{48} oli hämpširi tõu kasutamisel kõrgem kui pH_{24} korral, puhtatõulistel sigadel oli see seos vastupidine. Kõige rohkem vett eraldus hämpširi ristandite lihast, ehkki tõugude vahel selle tunnuse osas olulist erinevust ei leitud. Madal pH, suur vee- ja keedukadu näitasid, et sead kannatasid tapa eel stressi all. Selle kõige ilmsemaks põhjuseks oli pikk transpordiaeg farmist lihakombinaati. Oluliselt ei erinenud erinevate tõugude ja ristandite liha toorproteiini- ja tuhasisaldus. Eesti suurt valget tõugu sigade liha kuivainesisaldus oli oluliselt suurem kui eesti maatõul. Eesti maatõugu sigade lihasesisese rasva hulk (1,59%) jäi optimaalsele tasemele alla 2,0...2,5%, seevastu teistel tõugudel ja ristanditel oli see suurem (2,5...3,22). Kõige rohkem lihasesisest rasva sisaldas eesti suurt valget tõugu sigade liha.

Uuritud tunnuste mõjud viljakusele olid järgmised.

Kunstlik seemendus. Kunstliku seemenduse kasutamine Eestis suureneb aasta-aastalt, kusjuures enamasti kasutati seda ristandite saamiseks (50...77%). Kunstliku seemenduse kasutamisel sündis pesakonnas keskmiselt 0,44 põrsast vähem. Oluliselt väiksemad pesakonnad olid puhtatõulistel eesti maatõugu sigadel ja eesti suurt valget tõugu sigadel. Puhtatõuliste hämpširi ja P♂xH♀ ristandite pesakondades saadi kunstliku seemenduse kasutamisel hoopiski rohkem põrsaid, ehkki see erinevus ei olnud statistiliselt oluline. KS kasutamisel saadi oluliselt vähem põrsaid ka 1...6. pesakonnas.

Tõug. Puhtatõuliste eesti suurt valget tõugu sigade pesakondades sündis üks põrsas rohkem kui eesti maatõugu pesakondades. Et eesti suurt valget tõugu sigade pesakondades oli suremus suurem, jäi võõrutamisel kahe tõu põrsaste erinevuseks 0,36 põrsast. Eesti maatõugu emise ristamisel eesti suurt valget tõugu kuldiga ei suurenenud põrsaste arv pesakonnas võrreldes eesti maatõugu pesakondadega. Samuti ei erinenud oluliselt eesti suure valge tõu emise ja eesti maatõugu kuldi ristamisel saadud pesakonna suurus eesti suurt valget tõugu sigade

omast. Kõige suurem oli põrsaste suremus sünnist võõrutamiseni pjeträäni pesakondades (1,65). Et hämpširi tõul oli see näitaja 0,4, võõrutati põrsaid veidi rohkem. Pjeträäni kuldi ja hämpširi emise ristamine põrsaste arvu pesakonnas oluliselt ei suurendanud. Suure suremusega paistsid silma veel EL♂xEY♀ ristandpõrsad. Puhtatõuliste valgete tõugude nooremiste pesakonna suurus seevastu oluliselt ei erinenud ning ristamisel saadi suuremad pesakonnad, mille suurus oli mõlema kombinatsiooni puhul sarnane. Ka pjeträäni pesakondades oli põrsaste arv oluliselt väiksem kui valget tõugu nooremistel.

Tiinuse kestus. Nooremiste tiinuse kestus sõltus seemendusmeetodist, tõust, seemendussesoonist ja -aastast, kuid tiinuse kestus ise viljakust ei mõjutanud. KS korral oli tiinuse kestus oluliselt (0,72 päeva) pikem. Emiste tiinuse kestus oli järgmine: eesti suurel valgel 116,04, eesti maatõul 115,66 ja pjeträäni tõul 115,03 päeva ($P<0,05$). Sügisel seemendatud emised kandsid põrsaid oluliselt kauem ning kevadel ja suvel seemendatud emised lühemat aega. Aastate lõikes 1998...2003 tiinuse kestus pidevalt pikenes, olles 1998. aastal 114,82 ja 2003. aastal 116,03 päeva.

Poegimiskord. Esimeses pesakonnas oli nii sündinud kui ka võõrutatud põrsaste arv oluliselt väiksem kui järgnevates pesakondades. Sündinud põrsaste arv suurenes kuni 8. pesakonnani, hakates seejärel langema. Võõrutatud põrsaste arv seevastu püsis 2...8. pesakonnani samal tasemel, seega suurem põrsaste arv pesakonnas põhjustas ka põrsaste suuremat suremust. Et pesakonna suurust sünnil ei kontrollita ühe geeni poolt, peaks viljakuse aretusväärtuse arvutamise aluseks võtma rohkem kui ühe pesakonna suuruse. Esmase valiku tegemisel peaks suurem rõhk olema lihasuse näitajatel.

Uuritud tunnuste päritavused ja omavahelised seosed olid järgmised.

Päritavus. Pekipaksuse päritavus jäi 0,20…0,79, seljalihase läbimõõdul 0,16…0,39 ja tailiha osakaalul 0,27…0,73 vahele. Lihakeha osadede päritavus oli enamasti madal. Piglog 105ga mõõdetud tailiha osakaalu päritavus leiti olevat keskmine kuni kõrge, samas FOMga mõõtes oli see madal. Ka kirjandusallikad annavad tailiha osakaalu päritavuseks väga erinevaid tulemusi, olenevalt mõõtmiseks kasutatavast aparaadist. Samuti saadi suur erinevus Piglog 105 ning FOM ja AutoFOMga mõõdetud pekipaksuse päritavuste vahel, mis esimese aparaadi puhul

oli 0,77 ning jäi teistel 0,20 piiridesse. Päritavuste suure erinevuse põhjus võis olla populatsioonde geneetilise struktuuri ebaühtlikkus.

Pesakonna suuruse päritavus oli madal, olles sünnil 0,08 ja võõrutamisel 0,14. Kui tunnuse päritavus on madal, saavutatakse tunnuse parandamisel valikuga ainult väikest edu, siiski on võimalik parandada madala päritavusega tunnuseid ristamise teel. Seepärast kasutatakse seakasvatuses esmalt valgete tõugude omavahelist ristamist, et suurendada sündinud põrsaste arvu, kuigi samasuunaline tõugude aretus võib heteroosiefekti vähendada.

Tunnustevahelised seosed. Pesakonna suuruse seosed nii sünnil kui ka võõrutamisel olid väga nõrgad Piglog 105ga mõõdetud lihasuse näitajatega. Samuti oli seos nõrk pekipaksuse ja lihassilma läbimõõdu vahel nii Eesti andmete kui ta Saksamaa andmete alusel arvutatult. Saksamaal kasvatatud sigade lihakeha massi seos varavalmivusega oli nõrk, mis annab lootust lühendada aretuse teel varavalmivuse aega, kuna ka selle päritavus on suhteliselt kõrge (r = 0,40...0,79), samas suurendades või jättes samaks lihakeha massi.

5.1. Järeldused

1. Ultraheliaparaatide mõõtmistulemused erinesid suurel määral, olenedes sigade tõust. Seega tuleks tähelepanu pöörata aparaatide mõõtmistulemuste täpsuse ühtlustamisele. Ultraheliaparaadid A-Scan Plus ja Piglog 105 ülehindasid lihakombinaatides kasutatava UltraFOM 100 mõõtmistulemusi 0,62…6,18% võrra.

2. Piglog 105ga mõõdetud eesti maatõugu sigade lihaomadused olid eesti suure valge tõu omadest tunduvalt paremad ning nende tõugude ristamine parandas lihaomadusi. Hämpširi tõu lihasuse näitajad jäid alla pjeträäni tõu vastavatele näitajatele. Ka Saksamaal näitas pjeträäni tõug üleolekut P♂xH♀ ristanditest.

3. Elussigade tailiha osakaal Eestis aastatel 1998...2001 oluliselt ei muutunud, kuigi Jõudluskontrolli Keskuse andmetel on elussigade tailiha osakaal siiski viimastel aastatel tõusnud. Leiti seos aastaaegade ja lihasuse näitajate vahel, mille põhjuseks võis olla lihaturul valitsenud olukord.

4. Kultidel oli õhem pekk ja suurem tailiha osakaal ning nad kasvasid kiiremini kui emised. Emiste lihasuse näitajad ületasid orikate omi, v.a varavalmivus ja lihakeha mass.

5. 25% eesti suurt valget ja 15% eesti maatõugu sigadest kandsid stressigeeni, seetõttu on oht stressigeeni levikuks ka edaspidi. Vajalik on välja töötada programm stressigeeni leviku tõkestamiseks.

6. Eesti sigade liha pH, veesiduvus ja keedukadu näitasid, et sead kannatasid tapaeelse stressi all.

7. Eesti maatõugu sigadel oli väga väike lihasesisese rasva hulk (1,59%) võrreldes teiste tõugude ja ristanditega (2,50…3,22%).

8. Kunstlik seemendus vähendas põrsaste arvu pesakonnas, kuigi selle korvas parema tõumaterjali kasutamise võimalus. Ka seakasvatajad on selle kasulikkuses kindlad, kasutades üha enam kunstlikku seemendust.

9. Kunstliku seemenduse laialdasem kasutamine pikendas tiinuse kestust alates 1998. aastast kuni 2003. aastani 1,21 päeva.

10. Eesti maatõugu emiste pesakonnad olid ühe põrsa võrra väiksemad võrreldes eesti suurt valget tõugu pesakondadega ning hämpširi tõul võrreldes pjeträäni tõuga. Seevastu suuremates pesakondades hukkus võõrutamiseni rohkem põrsaid, mille tõttu vähenes pesakonna suuruse erinevus valgetel tõugudel ning pjeträäni pesakonnad olid võõrutamisel hoopiski väiksemad. Ehkki valgete puhtatõuliste sigade pesakonna suurus erines oluliselt, ristamisel avalduma pidanud heteroosiefekt pesakonna suurusele sünnil puudus või oli väga väike, mille põhjuseks võib olla tõugude samasuunaline aretus.

11. Esimeses pesakonnas sündis oluliselt vähem põrsaid kui järgnevates ning seda tuleks ka aretussigade valikul arvestada.

12. Ultraheliaparaatidega mõõdetud lihasuse näitajate päritavused olid erinevad, v.a lihassilma läbimõõdul (h^2 = 0,16…0,39). Et uuritav materjal pärines erinevatest allikatest, oli varieeruvuse põhjuseks konkreetse populatsiooni geneetiline struktuur. Seega oleks lihaomaduste päritavuste täpsemaks hindamiseks vaja läbi viia laiaulatuslikum uuring.

13. Pesakonna suuruse päritavus nii sünnil kui võõrutamisel osutus madalaks (vastavalt h^2 = 0,08 ja h^2 = 0,14). Samuti leiti nõrk seos nende tunnuste ja lihasuse näitajate vahel.

14. Lihakeha näitajate seos varavalmivusega oli nõrk. Et varavalmivuse päritavus on suhteliselt kõrge, on võimalik seda lühendada, kartmata negatiivset mõju teistele lihakeha näitajatele.

5.2. Ettepanekud

1. Kontrollida ultraheliaparaatide valemite õigsust iga viie aasta järel dissektsiooni teel. Regulaarselt viia läbi seminare konsulentide hindamistäpsuse suurendamiseks. Nende võtetega tagatakse sigade lihaomaduste täpsem hindamine.

2. Et valged tõud olid oma jõudluselt erinevad, töötada mõlemale tõule eraldi välja geneetilise hindamise metoodika senise ühtse metoodika asemel. Selle eesmärgiks on tagada erinevat tõugu sigade suurem geneetiline varieeruvus.

3. Saadud tulemuste alusel peaks suuremat tähelepanu pöörama eesti suure valge tõu lihaomaduste parandamisele. Hämpširi tõust loobumine ja pjeträäni tõu kasutuselevõtt oli aretusühistu poolt õige otsus, sest see tõug on paremate lihasuse näitajatega.

4. Soogruppide erinev areng nõuab individuaalset lähenemist iga grupi pidamistingimustele, ühtlustamaks eelkõige emiste ja orikate nuumatulemusi.

5. Pöörata suuremat tähelepanu stressigeeni eemaldamisele sigade populatsioonist, testides kõiki aretussigu.

6. Arvestades, et aretusühistu sigade aretusprogramm kannab nime „Marmorliha”, tuleks leida viise lihasesisese rasva suurendamiseks, kuna eesti maatõul oli see näitaja väga madal. Lisada see näitaja aretusprogrammi ning teha vastavad analüüsid.

7. Valgete tõugude optimaalseks pesakonna suuruseks sünnil peaks olema keskmiselt 10...11 ning värvilistel 9 põrsast. Soovides suuremaid

pesakondi, tuleks parandada põrsaste pidamistingimusi.

8. Viljakustunnuste geneetilisel hindamisel kasutada vähemalt kahe pesakonna suuruse andmeid või korrigeerida esimese pesakonna andmeid, kuna järgnevad pesakonnad olid suuremad.

9. Lihasuse näitajate päritavuse hindamiseks viia läbi laiaulatuslikum uuring.

SUMMARY

The objective of the research work was to analyse use of the ultrasonic equipments to measure meat traits of pigs and estimate according to these traits success of the breeding work. The effect of different factors on meat and fertility traits was determined. Additionally, relationships between these traits were also investigated.

Study focused on the following:

- differences between meat characteristics measured by different ultrasonic equipments
- frequency of the stress gene and effect of mutation of MC4R gene on carcass traits
- physical-chemical traits of pork
- effect of different factors (year, season, sex, farm, artificial insemination, parity, length of gestation) on meat and fertility traits
- heritability and correlations between meat and fertility traits.

Research material originated from three sources:

1. 193 pigs were kept according to the requirements of the control testing in Kehtna Pig Testing Research Station (PTRS) and measured by portative ultrasonic equipments Piglog 105 and A-Scan Plus. Pigs originated from 22 farms and belonged to the following breeds: Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (EY), Finnish Yorkshire (FY), Hampshire ♂xEY♀ (H♂xEY♀) and H♂xEY/EL♀.
2. Dataset was obtained from Estonian Animal Recording Centre database. Performance of pigs was registered on farms and sent to the centre. Data from the following breeds and crossing combinations were used: EL, EY, H, Pietrain (P), EY♂xEL♀, EL♂xEY♀, P♂xH♀.
3. Dataset of PIC Germany contained meatiness traits measured by FOM and AutoFOM. Purebred Pietrain and Camborough 23 mother line, and Pietrain father line PIC-408 and PIC-416 (P♂xH♀) crosses were represented.

All datasets were processed by using SAS program (SAS, 1999). Results of meat and fertility traits found by analyses were presented by least square or arithmetical means. To find influence of different factors

significance to performance traits, General Linear Model was used, and to characterize relationships between these traits, Pearson correlation coefficient was used. Heritability of traits was calculated by MIXED procedure and father model.

The results of the research work have been published as scientific papers and marked in the current work by Roman numbers.

Effects of investigated factors on meatiness traits were as follows.

Accuracy class of ultrasonic equipments. Thinner fat, larger diameter of loin eye and due to these traits also higher lean meat percentage were found in different breeds of pigs tested by ultrasonic equipment A-Scan Plus, compared with pigs tested by Piglog 105 and UltraFOM 100. Lean meat percentage, measured by A-Scan Plus was 0.53...3.46% higher, compared with that measured by Piglog 105, and 2.20...6.18% higher than UltraFOM 100 results. Results obtained by UltraFOM 100, used in meat processing plants, exceeded 0.62...5.68% the results of lean meat percentage obtained by Piglog 105, except for Estonian Landrace breed (1.26%).

Breed. Comparison of white breeds showed the superiority of Estonian Landrace breed, due to its thinner fat, higher diameter of loin eye and larger lean meat percentage. Better crossing results showed combination EY♂xEL♀, having significantly thinner fat (0.39…0.81%) and larger lean meat percentage (0.61%), but diameter of loin eye did not differ significantly compared with EL♂xEY♀. Meatiness traits of purebred Hampshire were similar to those of white breeds or even poorer. On the other hand, Pietrain breed had excellent meatiness characteristics. Crossing crossbred sows (EY♂xEL♀) with Hampshire boar resulted in significantly thinner fat, compared with H♂xEY♀ crosses, but lean meat percentage had no significant difference. The crossing results of colour breeds showed average meatiness of these breeds. Out of the lines used in Germany, PIC-408 had significantly better meatiness traits.

Year and season. Lean meat percentage did not change in 1998 and 2001, showing rather a slight decrease during the interim years, whereas a steady increase in fat depth was observed in 1998...2000, regardless of selection of breeding pigs by lean meat percentage. On the

other hand, diameter of loin eye increased 1.62 mm during four years. Birth seasons had influence on meatiness characteristics. Obviously, meat traits were affected by economic situation dominating in specific seasons.

Sex. Boars grew faster than sows. Gilts' backfat drastically increased starting from 120 kg, compared with boars, however diameter of loin eye developed equally in both sexes. Likely reason for this might have been more intensive feeding before oestrus (Lember ***et al.***, 1999). Sex had significant influence on fat thickness and lean meat percentage, whereas boars had thinner fat and higher lean meat percentage, compared with gilts. Due to increase in fat thickness in gilts, their lean meat percentage also dropped starting at 120 kg. Breed and sex groups achieved maximum lean meat percentage at different body weight levels, but the optimal ratio of lean meat percentage to body weight seemed to be at 90…99 kg. Sows indicated their superiority in meatiness traits compared with barrows, however barrows obtained slaughter maturity faster and their carcass weight was higher.

Farm. Conditions on German farms had significant influence on meatiness traits of pigs. Pigs originating from a large-scale farm, had considerably heavier meat cuts; although their carcass weight was lighter, compared with the pigs from other farms.

Genetic factors. 16% of the tested pigs were stress positive and in remaining 84% of pigs this gene was not found. Frequency of carrying stress gene was 0.151 in Estonian Landrace breed and 0.25 in Estonian Large White breed. Occurrence of stress gene in population shows, that more profound studies are needed to test all the pigs used in breeding.

Meatiness traits of progeny were not significantly affected by mutation of MC4R gene occurence in their fathers. The reason why significant relationship was not found could be a slight effect of mutation, since only the father's genotype was known. However, allele 2 homozygous pigs grew faster, but their growth rate difference, compared with heterozygotes was small. At the same time the carcass weight showed the opposite trend, whereas growth rate of carcass cuts was higher in heterozygotes. As heterozygote and homozygote allele 2 genotype traits were quite similar, there could be coeffect of MC4R gene alleles 1 and 2.

Early maturity. Pigs from Estonian Landrace breed grew more steadily and were early maturing compared with Estonian Large White pigs. At heavier body weight the growth rate was also higher.

Advisers. Differences between meatiness traits, measured by different advisers, were quite large, the reason of which could be farm management or breed variation of tested pigs.

Physical-chemical quality. Meat pH_{24} and pH_{48} of most pure- and crossbred pigs tended to be PSE. pH_{48} was higher in case of using Hampshire breed pH_{24}. In purebred pigs relationship was in the opposite direction. Biggest quantity of water was extracted from meat of Hampshire crosses, although significant differences were not observed between breeds regarding this trait. Low pH, high water and boiling loss showed that pigs suffered from preslaughtering stress. Most obvious reason for this was long transport time from farm to slaughterhouse. Raw protein and ash content of meat of different breeds and crosses did not differ significantly. Dry matter content of meat of Estonian Large White pigs was significantly higher than that of the Estonian Landrace breed. Intramuscular fat content (1.59%) of Estonian Landrace breed pigs was below the optimum level (2.0…2.5%), whereas it was higher (2.50…3.22%) in other breeds and crosses. Meat of Estonian Large White breed pigs had the highest level of intramuscular fat.

Effects of investigated factors on fertility were as follows.

Artificial insemination. Using of artificial insemination is increasing from year to year in Estonia, mostly for producing crossbreds (50…77%). 0.44 piglets less on average were born by using AI. 0.44 piglets born less on average by using AI. Significantly smaller litters were observed in Estonian Landrace and Estolian Large White breed. More piglets were born in litters of purebred Hampshire and P♂xH♀ crosses by using AI, although this difference was not statistically significant. Considerably less piglets were obtained from litters 1…6, as a result of using AI.

Breed. One piglet was born more in litters of purebred Estonian Large White breed pigs, compared with Estonian Landrace litters. Due to

higher mortality rate in the litters of Estonian Large White pigs, the difference between two breeds was 0.36 piglets at weaning. Cross-breeding of Estonain Landrace sow with Estonian Landrace boar did not increase litter size, compared with purebred Estonian Landrace litters. Litter size did not differ significantly when crossing Estonian Large White sow and Estonian Landrace boar compared with purebred Estonian Large White breed. Higher piglet mortality (1.65) from birth till weaning was observed in Pietrain litters. As mortality rate in Hampshire breed was 0.4, slightly more piglets were weaned. Crossbreeding of Pietrain boar and Hampshire sow did not increase significantly the number of piglets in the litter. High mortality rate showed also EL♂xEY♀ crossbred piglets. On the other hand, litter size of gilts of white breeds did not differ significantly and crossbreeding resulted in considerably larger litters with similar size in the case of both combinations. Moreover, the litter size of Pietrain gilts was also significantly smaller, compared with white breeds.

Gestation length. Gestation length of gilts depended on insemination method, breed, insemination season and year, but gestation length itself did not affect fertility. Significantly longer (0.72 days) was gestation length by using AI. Gestation length of sows was as follows: Estonian Large White – 116.04, Estonian Landrace – 115.66 and Pietrain breed – 115.03 days ($P<0.05$). Sows inseminated in fall were pregnant significantly longer for a time, and those inseminated in spring and summer – for a shorter time. Gestation length increased over the years 1998…2003, from 114.82 days in 1998 to 116.03 days in 2003.

Parity. Significantly smaller litter size at birth as well as at weaning was in first parity, compared with following parities. Litter size increased up to 8th parity, and decreased afterwards. Litter size at weaning remained the same up to parity 2…8, therefore larger number of piglets in litter caused higher piglet mortality. As litter size is not controlled only by one gene, the litter size of more than one parity should be taken into account to calculate breeding value for fertility. To make the initial selection, the meatiness traits could be the major importance.

Heritabilities and relationships of investigated traits were as follows.

Heritabilities. Heritability of fat thickness was between 0.20…0.79, diameter of loin eye 0.16…0.39, and lean meat percentage

0.27…0.73. Heritability of carcass cuts was mostly low. Heritability of lean meat percentage measured by Piglog 105 was found to be medium to high, although it was low when measured by FOM. Literature sources give different results for heritability of lean meat percentage, depending on equipment used for measuring. Large difference was also found between heritabilities of fat thickness measured by Piglog 105, FOM and AutoFOM, being 0.77 in case of the first equipment and 0.20 in case of other equipments. Reason for large differences in heritabilities could have been uneven distribution of genetic structure of population.

Heritability of litter size was low, being 0.08 at birth and 0.14 at weaning. If heritability of trait is low, then only a small success could be achieved. Still it is possible to improve the traits with low heritability by crossbreeding. Therefore crossbreeding of white breeds in pig production is used to increase the number of piglets in litter. The following breeding, however, may diminish heterosis effect.

Correlations. Relationships between litter size (at birth and at weaning) and meatiness traits measured by Piglog 105 were very weak. Likewise weak was the relationship between backfat thickness and diameter of loin eye calculated by both Estonian and German data. Relationship between carcass weight and maturity of the pigs raised in Germany was weak, which gives opportunity to decrease the maturity age by breeding, as heritability of this trait is relatively high (0.40…0.79), at the same time increasing or maintaining the carcass weight at the same level.

Conclusions

1. Different ultrasonic equipments gave, to a large degree, quite dissimilar results, regarding different pig breeds. Therefore, great attention must be turned to equalize the accuracy of equipments. The results obtained by ultrasonic equipments A-Scan Plus and Piglog 105 exceeded by 0,62…6.18% those of UltraFOM 100, used in slaughterhouses.

2. Meatiness traits of Estonian Landrace breed measured by Piglog 105 were superior, compared with Estonian Large White breed, and crossbreeding of these breeds improved meatiness traits. Meatiness

traits of Hampshire breed were poorer than those of Pietrain breed. Moreover, Pietrain breed showed its superiority also in Germany, compared with P♂xH♀ crosses.

3. Lean meat percentage of live pigs did not change significantly in 1998…2001, although according to Animal Recording Centre, lean meat percentage has increased in recent years. Relationship was found between seasons and meatiness traits, the reason of which might have been related to the meat market situation.

4. Boars' fat was thinner, and their lean meat percentage as well as growth rate were higher, compared with sows. Sows' meatiness traits exceeded those of barrows, except early maturity and carcass weight.

5. 25% of Estonian Large White and 15% of Estonian Landrace breed pigs were carriers of the porcine stress gene, and there is a risk for future distribution. Therefore it is necessary to elaborate a programme to prevent the spread of stress gene.

6. Meat pH, water holding capacity and boiling loss of Estonian pigs showed, that the animals had suffered from preslaughter stress.

7. Estonian Landrace breed had significantly smaller quantity of intramuscular fat (1.59%), compared with other breeds and crossbreds (2.50…3.22%).

8. AI reduced the number of piglets per litter, although this was compensated by the opportunity to use better breeding material. However, pig producers are confident about its usefulness, increasingly using AI.

9. Wider use of AI from year to year has extended gestation length of pigs. Gestation of sows lenghtened 1.21 days from 1998 to 2003.

10. Litters of Estonian Landrace sows were smaller by one piglet, compared with Estonain Large White litters, and those of Hampshire breed compared with Pietrain breed. However, mortality of piglets till weaning was higher in larger litters, due to which the difference in litter size in white breeds decreased and Pietrain litters were much smaller at weaning. Although, the litter size of white purebred pigs differed

significantly, in crossbreeding the heterosis effect on litter size was not revelated or was small, which could have been related to the previous breeding of pigs in the same direction.

11. Litters of the first parity were significantly smaller than the following ones and this must be taken into account in selection of pigs for breeding.

12. Heritabilities of meatiness traits measured by different equipments were dissimilar, except diameter of loin eye ($h^2 = 0.16…0.39$). As research material originated from different sources, reason for such kind of variation could be genetic structure of specific population. Thus, more profound research must be done to estimate heritability of meatiness traits.

13. Heritabilities of litter size at birth and at weaning appeared to be low ($h^2 = 0.08$ and $h^2 = 0.14$, respectively). Likewise, weak relationship was found between these traits and meatiness characteristics.

14. Relationship between meatiness traits and early maturity was weak. As heritability of early maturity is relatively high, it is possible to shorten it without any negative influence on other meatiness parameters.

Suggestions

1. To control equations of ultrasonic equipments every five years by dissection. Regularly carry out workshops for advisers to increse prediction accuracy. These methods quarantee accuracy of estimation of pig meatiness traits.

2. Due to difference in performance of white breeds genetic estimation methods for both breeds instead of current joint methodology must be worked out, to ensure larger genetic variability of breeds.

3. According to the results, much more attention must be paid to improve meatiness traits of Estonian Large White breed. Thus, discarding the Hampsire breed and introducing the Pietrain breed was

the right decision made by the breeding association, as Pietrains had better meatiness traits.

4. Different development of sex groups demands individual approach to the keeping conditions of each group to equalize first and foremost the fattening results of sows and barrows.

5. More attention shall be paid to remove stress gene from pig populations by testing all pigs used for breeding on nucleus farms.

6. Considering that a pig breeding programme of breeding association is called „Marble Pork", measures shall be taken to increase the share of marble meat, as this trait was low in Estonian Landrace breed. Thus the above trait should be includedinto the breeding programme and appropriate analyses should be performed.

7. Optimal litter size for white breeds could be 10…11 and for coloured breeds 9 piglets. Keeping conditions must be improved to produce larger litters.

8. In genetic evaluation for fertility, the data at least from two parities shall be used or first parity data must be corrected, as following litters are larger.

9. More extensive studies are needed to estimate the heritability of meatiness traits.

TÄNUAVALDUSED

Uurimistöö valmis Eesti Põllumajandusülikooli Loomaksavatusinstituudi aretusosakonnas aastatel 2000…2004.

Avaldan tänu juhendajale emeriitprofessor Olev Savelile osutatud abi eest, perekonnale kannatlikkuse eest, endise Kehtna Seakasvatuse Kontrollkatsejaama kollektiivile, eriti Kalju Eilartile, Aarne Põldverele ja Monika Vaidlale, Valga Lihatööstusele mõistva suhtumise eest, Jõudluskontrolli Keskusele, kolleegidele hindamatu abi eest, Alfred Toepferi sihtasutusele võimaluse eest täiendada end Kieli Christian Albrechti nimelises Ülikoolis, Kieli Christian Albrechti nimelise Ülikooli loomakasvatuse ja loomapidamise instituudi kollektiivile.

KASUTATUD KIRJANDUS

Adams, J. P., Omtevedt, I. T., Whiteman, J. V., Walters, J. E. 1972. Live and carcass measurements as indicators of lean cut yield in swine. – J. Anim. Sci., 35:25...30.

Aherne, F., Kirkwood, R. 2004. Factors Affecting Litter Size. – http://www.thepigsite.com/FeaturedArticle/?AREA=Reproduction&Display=304 Viimati külastatud 20.01.2005.

Ahlschwede, W. T., Olson, L. W., Socha, T. E. 1978. New adjustment factors for performance testing. – Nebraska Swine Rep., Lincoln, 22...24.

Alliston, J. C., Kempster, A. J., Owen, M. G., Ellis, M. 1982. An evaluation of three ultrasonic machines for predicting body composition of live pigs of the same breed, sex, and live weight. – Anim. Prod., 35:165...169.

Amin, V. 1995. An introduction to principles of ultrasound. – Iowa State University. Study Guide, 47 pp.

Anderson, L. M., Wahlstrom, R. C. 1969. Ultrasonic prediction of swine carcass composition. – J. Anim. Sci., 28:593...600.

Anonüümne. 1999. Measuring the meat. – Pig International, Vol. 29, 10:20…22.

ATS Laboratories, Incorporated. – http://www.atslabs.com/Acoustic Standoff Pads.htm Viimati külastatud 10.09.2003.

Autori andmetel. 2003. Kehtna SKJ andmestiku alusel.

Bailey, C. M., Jensen, J., Bech Andersen, B. 1986. Ultrasonic scanning and body measurements for predicting composition and muscle distribution in young Holstein x Frisean bulls. – J. Anim. Sci., 63:1337...1346.

Barton-Gade, P., Bejerholm, A. C. 1985. Eating quality in pork. – Pig Farming 33, 56 pp.

Bates, R. O., Christian, L. L., Dotson, E., Fugate, E., Klaustermeier, T., Zierke, B. 1994. The National Swine Improvement Federation (NSIF) ultrasound certification program. – J. Anim. Sci., 72(Suppl. 2):48.

Bejerholm, A. C., Barton-Gade, P. 1986. Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. – Proceed. 30th Europ. Meet. Meat Res. Workers, Bristol, 389…391.

Bennett, G. L., Swinger, L. A., Preston, R. L., Cahill, V. R. 1982. Evaluation of urea space and ultrasonic measurement as selection criteria for beef animal composition. – J. Anim. Sci., 54:553...558.

Birkenfeld, M., Viinalass, H. 1999. Sigade stressisündroom. – Eesti Loomaarstlik Ringvaade, 25(1):7…10.

Blendl, von H. M., Horst, P., Petersen, J. 1980. Vergleichende Untersuchungen zur Aussagefähigkeit der Ultraschall-A- und B-Scan-Verfahren über den Schlachtkörperwert am lebenden Schwein. – Züchtungskunde, 52, (6), S. 444...455.

Branscheid, W., Dobrowolski A., Höreth, R. 1997. Neue Schätztformel und eine neues Gerät. – Top Agrar 3/97, 8...11.

Brewer, M. S., Jensen, J., Sosnicki, A. A., Fields, B., Wilson, E., McKeith, F. K. 2002. The effect of pig genetics on palatability, color and physical characteristics of fresh pork loin chops. – Meat Science, 61:249…256.

Busk, H. 1986[a]. Measuring carcass quality on live pigs. – World Rev. Anim. Prod., 3:35...46.

Busk, H. 1986[b]. Testing of five ultrasonic equipments for measuring of carcass quality on live pigs. – WorldRev. Anim. Prod., 22:55...65.

Campbell, D. H., Stonaker, H. H., Esplin, A. L. 1959. The use of ultrasonics to estimate the size of the longissimus dorsi muscle in sheep. – J. Anim. Sci., 18:1483.

Christian, L. L., Moeller, S. J. 1990. Current status of real-time ultrasound research. – Proc. North Am. Swine Improvement Conf., Des Moines, IA, 19...25.

Cisneros, F., Ellis, M., Miller, K. D., Novakofski, J., Wilson, E. R., McKeith, F. K. 1996. Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. – J. Anim. Sci., 74:2566...2576.

Claus, A. 1957. The measurement of natural interfaces in the pig's body with ultrasound. – Fleischwirtschaft, 9:552...557.

Cooksley, M., Cunningham, P. J. 1977. Backfat thickness and weight. – Nebraska Swine Rep. 1977, Lincoln, 23...25.

Corometrics Medical Systems. 1989. – Wallingford, CT., 56 pp.

Cox, D. F. 1963. Breed and sex effects on the relationship between weight and fatness measured at a constant age in swine. – J. Anim. Sci., 22:1091...1092.

Critical Visions. 1995. Care of your standoff. Atlanta, Georgia, 5 pp.

Curie, J., Curie, P. 1880. Developpement par pression de l'e'lectricite polaire dans les cristaux hemi dres faces inclinees. – C.R. Acad. Sci. Paris, 91:294…295.

Dolezal, H. G., Smith, M. T., Behrens, B. D. 1989. The role of ultrasound for predicting carcass merit in livestock. – Proc. Oklahoma Beef Cong., 5.

Duello, D. A., Rouse, G. H., Wilson, D. E. 1990. Real-time ultrasound as a method to measure ribeye area, subcutaneous fat cover and marbling in beef cattle. – J. Anim. Sci., 68(Suppl. 1):240.

Dussik, K. T. 1942. On the possibility of using ultrasound waves as a diagnostic aid. – Neurol. Psychiat., 174:153…168.

Edwards, J. W., Cannell, C., Garrett, R. P., Savell, J. W., Cross, H. R., Longnecker, M. T. 1989. Using ultrasound, linear measurements and live fat thickness estimates to determine the carcass composition of market lambs. – J. Anim. Sci., 67:3322...3330.

Eggert, J. M., Depreux, F. F. S., Schinckel, A. P., Grant, A. L., Gerrard, D. E. 2002. Myosin heavy chain isoforms account for variation in pork quality. – Meat Science, 61:117…126.

Eikelenboom, G., Hoving-Bolink, A. H., Van der Wal, P. G. 1996. The eating quality of pork. 2. The influence of intramuscular fat. – Fleischwirtschaft, 76:559…560.

Eilart, K. 1977. Ultraheliaparaat USM-2 sigade pekipaksuse mõõtmiseks. – Sotsialistlik Põllumajandus, 4:168…170.

Eilart, K. 1983. Pekipaksuse mõõtmine ultraheliaparaadi abil sigade jõudlusomaduste hindamisel. – Põllumajanduse päevaprobleeme. Koostanud L. Aulas. – Tallinn: Valgus, 224…228.

Eilart, K. 1994. Ultraheliaparaatide „Piglog 105“ kasutamisest sigade aretuses. – Loomakasvatus. Teaduslike tööde kogumik, 65:146...150.

Eilart, K., Põldvere, A. 1993. Mõningaid sealiha kvaliteedi hindamise meetodeid. – Loomakasvatus. Teaduslike tööde kogumik, 64:48…56.

Eilart, K. Põldvere, A. 1996. Sealiha kvaliteedi hindamisest. – Loomakasvatus, 6:29…35.

Eilart, K., Põldvere, A. 1997. Eesti peekoni tõugu sigade liha kvaliteedi hindamine. – EPMÜ Loomakasvatusinstituudi teadustöid, 67:62…75.

Eilart, K., Põldvere, A. 1998. Soome landrassi tõugu kultide mõjust eesti peekoni tõugu sigade lihajõudlusele. – EPMÜ Loomakasvatusinstituudi teadustöid, 69:22…30.

EL direktiiv. 1972. Fourth Commission Directive 73/46/EEC of 5 December 1972 establishing Community methods of analysis for the official control of feedingstuffs. – http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=31973L0046&model=guichett Viimati külastatud 06.01.2005.

Ellis, M., McKeith, F. K., Miller, K. D. 1998[a]. The effects of genetic and nutritional factors on pork quality. – Proceedings. Pre-conference symposia. The 8th World Conference on Animal Production. Seoul, Korea, 157…170.

Ellis, M., McKeith, F. K., Miller, K. D., Sutton, D. S. 1998[b]. The Effect of the Rendement Napole Gene on Pork Quality. – National Swine Improvement Federation Conference and Annual Meeting. http://mark.asci.ncsu.edu/nsif/98proc/ellis.htm Viimati külastatud 03.11.2004.

Encyclopaedia of Medical Imaging, The, Volume I http://www.amers ham health.com Viimati külastatud 15.09.2003.

ETSAÜ. 2004. Eesti kvaliteetse sealiha tootmise programm. – Marmorliha. http://www.estpig.ee/marmorl/ Viimati külastatud 04.11.2004.

Faulkner, D. B., Parrett, D. F., McKeith, F. K., Berger, L. L. 1989. Prediction of fat cover and carcass composition from live and carcass measurements. – Beef Cattle Research Rep. Univ. of Illinois, Urbana. 55...62.

Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., Lebret, B. 1999[a]. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat. 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of ***M. longissimus lumborum***. – Meat Science, 53:59…65.

Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., Lebret, B. 1999[b] Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat. 2. Consumer acceptability of ***M. longissimus lumborum.*** – Meat Science, 53:67…72.

Fernandez, X., Tornberg, E., Naveau, J., Talmant, A., Monin, G. 1992. Bimodal distribution of the muscle glycolytic potential in french and swedish populations of Hampshire crossbred pigs. – J. of the Sci of Food and Agriculture, 59:307…311.

Fisher, P., Mellett F. D., Hoffman L. C. 2000. Halothane genotype and pork quality. 1. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. – Meat Science, 54: 97…105.

Forrest, J. C., Kuei, C. H., Orcutt, M. W., Schinkel, A. P., Stouffer, J. R., Judge, M. D. 1989. A review of potential new methods of on-line pork carcass evaluation. – J. Anim. Sci., 67:2164...2170.

Forrest, J. C., Schinckel, A. P., Orcutt, M. W., Judge, M. D., Stouffer, J. R. 1986. Accuracy of measuring body composition in the live animal and carcass. – Proc. Natl. Swine Improvement Fed. Conf., St. Louis, MO, 27...32.

Fortin, A., Shresta, J. N. B. 1986. In vivo estimation of carcass meat by ultrasound in ram lambs slaughtered at an average liveveight of 37 kg. – Anim. Prod., 43:469...475.

Fraser, A. F., Robertson, J. G. 1968. Pregnancy diagnosis and detection of foetal life in sheep and pigs by and ultrasonic method. – Br. Vet. J., 124:239...243.

Gandemer, G., Pichou, D., Bouguennec, B., Caritez, J. C., Berge, P., Briand, E., Legault, C., 1990. Influence du systéme d'élevage et du génotype sur la composition chimique et les qualités organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. – Journées Recherche Porcine en France, 22:101…110.

Gardner, I. A., Hird, D. W., Franti, C. E. 1989. Neonatal survival of swine: effect of low birth weight and clinical disease. – American Journal of Veterinary research, 50:792…797.

Gariépy, C., Godbout, D., Fernandez, X., Talmant, A. Houde, A., 1999. The effect of RN gene on yields and quality of extended cooked cured hams. – Meat Science, 52:57…64.

Giles, L. R., Murison, R. D., Wilson, B. R. 1981. Backfat studies in growing pigs. 2. A comparison of ultrasound and ruler probe predictors of backfat and eye-muscle measurements in the live pig. – Anim. Prod., 32:47...50.

Gill, D. 2002. Factors Affecting Meat Quality. – The Smokehouse. http://www.velvitoil.com/Meatquality.htm Viimati külastatud 03.11.2004.

Gillis, W. A., Bowman, G. H., Grieger, H., Rahnfeld, G. W. 1972. A comparison of ultrasonics with the ruler probe for the prediction of carcass yield in swine. – Can. J. Anim. Sci., 52:637...642.

Ginther, O. J. 1994. Ultrasonic imaging and reproductive events: The power and principles. – Video. VHS 50 minutes.

Gooden, J. M., Beach, A. D., Purchas, R. W. 1980. Measurement of subcutaneous backfat depth in live lambs with an ultrasonic probe. – N. Z. J. Agric. Res., 23:161...165.

Grau, R., Hamm, R. 1957. Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskles. II Über die Bestimmung der Wasserbindung des Muskles. – Z. Lebensmittel – Untersuchung und Forschung., 15:446…460.

HAFF. Instruktionen HAFF Mechanische – Planimeter 31x. http://www.haff.com/mechanisch_31x/mechanisch_31x.htm Viimati külastatud 7.01.2005.

Hale, D. 1989. Beef Improvement Federation ultrasound proficiency program. – Summary Rep., 86.

Haley C. S., Avalos E., Smith C. 1988. Selection for litter size in the pig. – Animal Breeding Abstracts., 56:318…332.

Hanenberg, E. H. A. T., Knol, E. F., Merks, J. W. M. 2001. Estimates of genetic parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pigs. – Livest. Prod. Sci., 69:179…186.

Harada, H., Kumazaki, K. 1980. Relationship between fat thickness, cross sectional area of ***M. Longissimus thoracis*** and marbling score and their ultrasonic estimates. – Jpn. J. Zootech. Sci., 51(4):261...271.

Harada, H., Moriya, K., Fukuhara, R. 1985. Early prediction of carcass traits of beef bulls. – Jpn. J. Zootech. Sci., 56(3):250...256.

Hazel, L. N., Kline, E. A. 1952. Mechanical measurement of fatness and carcass value on live hogs. – J. Anim. Sci., 11:313...318.

Hazel, L. N., Kline, E. A. 1959. Ultrasonic measurements of fatness in swine. – J. Anim. Sci., 18:815...819.

Henderson-Perry, S. 1990. Validation of ultrasound measurements. – M.Sc. Thesis. Kansas State Univ., Manhattan, 65 pp.

Henne, H. 2000. Klassifizierung mittels AutoFOM: Konsequenzen für die Eberprüfung im BHZP. – 78. Sitztung des Genetisch Statistischen Ausschusses der Deutschen Gesellschaftschaft für Züchtungskunde in Grub, 27…29. März., 6.

Henningsson, T., Ral, G., Andersson, O., Karlsson, U., Martinsson, K. 1986. A study of the value of ultrasonic scanning as a method to estimate carcass traits on live cattle. – Acta Agric. Scand., 36:81...94.

Herring, D. S., Bjornton, G. 1985. Physics, facts, and artifacts of diagnostic ultrasound. – The Veterinary Clinics of North America – Small Anial Practice, W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA., 1107...1122.

Hill W. G., Webb, A. J. 1982. In control of pig reproduction. – Cole, D. J. A. (ed.), Foxcroft. London: Butterworths, 541…564.

Houghton, P. L. 1988. Application of ultrasound in commercial feedlots and beef breeding programs. – Beef Improvement Federation Proc., Albuquerque, NM., 89...99.

Houghton, P. L., Simms, D. D., Wilson, D. E. 1989. How practical is ultrasound? – Proc. Range Beef Cow Symposium, Rapid City, SD., 57...67.

Houghton, P. L., Turlington, L. M. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals: A review. – J. Anim. Sci., 70: 930...941.

Hudson, J. E., Payne-Crostin, A. 1984. A comparison of ultrasonic machines for the prediction of backfat thickness in the live pig. – Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 24:512...515.

Hullberg, A., Lundström, K. 2004. The effects of RN genotype and tumbling on processing yield in cured-smoked pork loins. – Meat Science, 67:409…419.

Jansen, J., Bech Andersen, B., Bergstrom, P. L., Busk, H., Lagerweij, G. W., Oldenbroek, J. K. 1985. In vivo estimation of body composition in young bulls for slaughter. 2. The prediction of carcass traits from scores, ultrasonic scanning and body measurements. – Livest. Prod. Sci., 12:231...240.

Johansson, K. 1981. Some notes concerning the genetic possibilities of improving sow fertility. – Livest. Prod. Sci., 8:431…447.

Johansson, K., Kennedy, B. W. 1983. Genetic and phenotypic relationships of performance test measurements with fertility in Swedish Landrace and Yorkshire sows. – Acta Agric. Scand., 33:159…199.

Johnson, Z., Chewning, J., Nugent, R. III, Johnson, Z. B. (ed.), Kellogg, D. W. 2000. Genetic parameters for production traits and measures of residual feed intake in Large White swine. – Arkansas Animal Science Department report 1999: Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station, 470:41...46.

Jones, S. D. M., Walton, J. S., Wilton, J. W., Szkotnicki, J. E. 1982. The use of urea dilution and ultrasonic backfat thickness to predict carcass composition of live lambs and cattle. – Can. J. Anim. Sci., 62:371...379.

Joyal, S. M., Jones, S. D. M., Kennedy, B. W. 1987. Evaluation of electronic meat measuring equipment in predicting carcass composition in the live pig. – Anim. Prod., 45:97...105.

Jõudluskontrolli Keskus. 2004. Sigade jõudluskontrolli näitajad. – Eesti jõudluskontrolli aastaraamat 2003. Elmatar, 40…51.

Kanis, E., Van Der Steen, H. A. M., De Roo, K., De Groot, P. N. 1986. Prediction of lean parts and carcass price from ultrasonic backfat measurements in live pigs. – Livest. Prod. Sci., 14:55...64.

Kempster, A. J., Arnall, D., Alliston, J. C., Barker, J. D. 1982. An evaluation of two ultrasonic machines (Scanogram and Danscanner) for predicting the body composition of live sheep. – Anim. Prod., 34:249...255.

Kempster, A. J., Cuthbertson, A., Owen, M. G. 1979. A comparison of four ultrasonic machines (Sonatest, Scanogram, Ilis Observer, and Danscanner) for predicting the body composition of live pigs. – Anim. Prod., 29:175...186.

Kim, K. S., Larsen, N., Rothschild, M. F. 2000[a]. Rapid communication: linkage and physical mapping of the porcine melanocortin-4 receptor (MC4R) gene. – J. of Anim. Sci., 78:791…792.

Kim, K. S., Larsen, N., Short, T., Plastow, G., Rothschild, M. F. 2000[b]. A missense variant of porcine melanocortin-4 receptor (MC4R) gene is assiocated with fatness, groeth, and feed intake traits. – Mammalian Genome, 11:131…135.

Kim, K. S., Reecy, J. M., Hsu, W. H., Anderson, L. L., Rothschild, M. F. 2004. Functional and phylogenetic analyses of a melanocortin-4 receptor mutation in domestic pigs. – Domestic Animal Endocrinology, 26:75…86.

Kipfmüller, H., Bodis, K., Peschke, W., Eichinger, H. M. 2000. Qualität von Schweinefleisch. – Beeinflussung durch das intramuskuläre Fett. Ernährungsumschau, 47:416…422.

Knol, E. F., Leenhouwers, J. I., van der Lende, T. 2002. Genetic aspects of piglet survival. – Livest. Prod. Sci., 78:47…55.

Kruus, M. 2001. Jõudluskontrolli areng seakasvatuses. http://www.reg.agri.ee/pagephp?page=0339 Viimati külastatud 12.12.2004.

Kuhlers, D. L., Nadarajah, K., Jungst, S. B., Anderson, B. L. 2001. Genetic selection for real-time ultrasound loin eye area in a closed line of Landrace pigs. – Livestock Prod. Sci., 72:225…231.

Kuhlers, D. L., Nadarajah, K., Jungst, S. B., Anderson, B. L., Gamble, B. E. 2003. Genetic selection for lean feed conversion in a closed line of Duroc pigs. – Livest. Prod. Sci., 84:75…82.

Laanmäe, V. 1956. Eesti lontkõrvalist tõugu siga ja tema kasutamine lihatoodangu suurendamiseks. Kandidaadidissertatsioon. Tartu, 100...133.

Laanmäe, V. 1962. Sigade kontrollnuumamise bülletään 1958–1961. Eesti NSV Põllumajandussaaduste Tootmise ja Varumise Ministeerium, ELVI, 37 lk.

Laanmäe, V. 1965. Sigade kontrollnuuma tulemusi 1965. a. Eesti NSV Põllumajandusministeerium, ELVI, Tallinn. 27 lk.

Laanmäe, V. 1969. Sigade kontrollnuuma tulemusi 1968. a. Eesti NSV Põllumajandusministeerium, ELVI, Tallinn, 34 lk.

Laanmäe, V. 1981. Sigade kontrollnuuma tulemusi 1980. a. ELVI. Eesti NSV Põllumajandusministeeriumi Informatsiooni ja Juurutamise Valitsus, Tallinn, 80 lk.

Laanmäe, V. 1986. Sigade kontrollnuuma tulemusi 1985. a. (toimetus-kolleegium: E. Valdmann, A. Ilus, V. Laanmäe, L. Nigul, M. Karelson) ELVI. Eesti NSV ATK Info- ja Juurutusvalitsus, Tallinn, 99 lk.

Laanmäe, V. 1994. Eesti seatõugude aretamisest ja jõudlusest 1923...1956. – Agraarteadus, V, 3:259...272.

Laanmäe, V., Valdmann E., Eilart, K., Kaaver, M. (toimetuskolleegium) 1991. Sigade kontrollnuuma tulemusi 1990. a. Eesti Vabariigi Põllumajanduse Ministeerium, ELVI, Kehtna SKJ, Rapla, 49 lk.

Lamberson, W. R., Johnson, R. K., Zimmerman, D. R., Long, T. E. 1991. Direct responses to selection for increased litter size, decreased age at puberty, or random selection following selection for ovulation rate in swine. – Animal Science, 69:3129…3143.

Lauprecht, E., Sheper, J., Schroder, M. 1957. Measuring the backfat thickness of live pigs with echo-ranging techniques. – Milt. Dtsch. Landw. Ges., 72:881...886.

Lee, Y. B., Choi, Y. I. 1998. PSE (Pale, Soft, Exudative) Pork: The Causes and Solutions. – Proceedings. Pre-conference symposia. The 8th World Conference on Animal Production. Seoul, Korea, 139…146.

Legault, C., 1970. A statistical and genetical study of the litter performance of Large White sows. Direct effect of the boar, heritability, repeatability, correlation. – Ann. Génét. Sél. Anim, 2:209…227.

Lember, A., Luts, V., Roosmaa, Ü., Oja, A. 1999. Sugukarja söötmine. – Seakasvatus ja sealiha tootmine. Tartu, 90…94.

Le Roy, P., Naveau, J., Elsen, J. M., Sellier, P. 1990. Evidence for a new major gene influencing meat quality in pigs. – Genetical Research, Cambridge, 55:33…40.

Liu, Y., Stouffer, J. R. 1995. Pork carcass evaluation with an automated and computerized ultrasonic system. – J. Anim. Sci., 73:29...38.

Lopes, D. M., Williamson, S. A., Jacobs, J. A., Thomas, M. W. 1987. Estimation of fat depth and longissimus muscle area in swine by the use of real-time ultrasonography. – J. Anim. Sci., 65(Suppl.1):512.

Ludwig, G. D. 1950. The velocity of sound through tissues and the acoustic impedance of tissues. – J. Acoust. Soc. Am., 22:862…866

Ludwig, G. D., Ballantine, H. T. 1950. Ultrasonic irradiation of nervous tissue. – Surgical Forum, Clinical Congress of the American College of Surgeons, 400.

Ludwig, G. D., Bolt, R. H., Hueter, T. F., Ballantine, H. T. 1950. Factors influencing the use of ultrasound as a diagnostic aid. – Trans. Am. Neurol. Assoc., 225…228

Ludwig, G. D., Struthers, F. W. 1950. Detecting gallstones with ultrasonic echoes. – Electronics, 23:172…178.

Lundström, K., Andersson, A., Hansson, I. 1996. Effect of the RN-gene on technological and sensory meat quality in crossbred pigs with Hampshire as terminal sire. – Meat Science, 42:145…153.

Lundström, K., Enfält, A. C., Tornberg, E., Agerhem, H. 1998. Sensory and technological meat quality in carriers and non-carriers of the RN-allele in Hampshire crosses and in purebred Yorkshire pigs. – Meat Science, 48:115…124.

MacNeil, M. D. 1983. Choice of prediction equation and the use of the selected equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. – J. Anim. Sci., 57:1328...1336.

Maesa, D. G. D., Janssensb, G. P. J., Delputtec, P., Lammertync, A., de Kruifa, A. 2004. Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. – Livest. Prod. Sci., 91:57…67.

McLaren, D. G., McKeith, F. M., Novakofski, J. 1989. Prediction of carcass characteristics at market weight from serial realtime ultrasound measures of backfat and loin eye area in the growing pig. – J. Anim. Sci., 67:1657...1667.

McLaren, D. G., Novakofski, J., Parrett, D. F., Lo, L. L., Singh, S. D., Neumann, K. R., McKeith, F. K. 1991. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. – J. Anim. Sci., 69:54...66.

Meisner, E. 1973. Sigade lihaomaduste hindamisest. – Sotsialistlik põllumajandus, 10:454…456.

Meisner, E., Tikk, H., Redel, J. 1963. Sigade pekipaksuse hindamisest ultraheliaparaadiga. – Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik, 27:112…116.

Merks, J., Walstra, P., Kanis, E. 2000. Effect of IMF-level on consumers' perception. – Proceedings of the 51st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Hague, 8 pp.

Mersmann, H. J. 1982. Ultrasonic determination of backfat depth and loin area in swine. – J. Anim. Sci., 54:268...275.

Mersmann, H. J. 1984. Accretion of fat and muscle in growing swine as assessed by ultrasonic methods. – J. Anim. Sci., 58:324...330.

Meyer, W. E., Moody, W. G., Hunziger, G. D., Ringkob, T. P., Alexander, M. A., Zobrisky, S. E., Dedrick, H. B. 1966. Application of ultrasonic

techniques in live animal and carcass evaluation. – Univ. of Missouri, Columbia. Res. Bull., 905, 25 pp.

Moeller, S. J. 1990. Serial real-time ultrasonic evaluation of fat and muscle deposition in market hogs. – M.S. thesis. Iowa State Univ., Ames., 90 pp.

Moeller, S. J. 2002. Evolution and use of ultrasonic technology in the swine industry. – J. Anim. Sci., 80 (E.Suppl. 2):E19…E27.

Moeller, S. J., Christian, L. L. 1998. Evaluation of the accuracy of real-time ultrasonic measurements of backfat and loin muscle area in swine using multiple statistical analysis procedures. – J. Anim. Sci., 76:2503...2514.

Moeller, S. J., Christian, L. L., Goodwin, R. N. 1998. Development of adjustment factors for backfat and loin muscle area from serial real-time ultrasonic measurements on purebred lines of swine. – J. Anim. Sci., 76:2008...2016.

Monin, G., Sellier, P. 1985. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: The case of the Hampshire breed. – Meat Science, 13:49…63.

Moody, W. G., Zobrisky, S. E., Ross, C. V., Naumann, H. D. 1965. Ultrasonic estimates of fat thickness and ***longissimus dorsi*** area in lambs. – J. Anim. Sci., 24:364...370.

Morneburg, H. 1995. Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik. – Publicis MCD Verlag, 3:736.

Mörlein, D., Rosner, F., Brand, S., Jenderka, K.-V., Wicke, M. 2005. Non-destructive estimation of the intramuscular fat content of the longissimus muscle of pigs by means of spectral analysis of ultrasound echo signals. – Meat Science, 69:187…199.

Naveau, J. 1977. Accuracy of ultrasonic measurements of backfat and muscle thickness on the live animal. – Bull. Inst. Tech. Porc., 9(3):31...43.

Naveau, J. 1986. Contribution a l'étude du déterminisme génétique de la qualitéde viande porcine. Héritabilitédu Rendement Technologique NAPOLE. – Journés de la Recherche Porcine en France, 18:265…276.

Noffsinger, T. L., Andrews, F. N., Anderson, V. L. 1959. The rate of fat deposition in four lines of swine. – J. Anim. Sci., 18:127...133.

Offer, G., Knight, P. 1988. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. Ed.

Lawrie, R. – Developments in meat science Vol. 4, Elsevier Science, London, 63…171.

Ots, M. 1994. Tartu Seakasvatuse Katsejaama tööst. – Tõuinfo, 2:5…6.

Panier, C. 1957. Ultrasonics in the determination of the state of fatness of hogs. – Rev. Agric., 10:482…490.

Park, H. B., Carlborg, Ö., Marklund, S., Andersson, L. 2002. Melanocortin-4 receptor (MC4R) genotypes have no major effect aon fatness in a Large White x Wild Boar intercross. – Animal Genetics, 33:155…157.

Perkins, T. 1997. Study Guide for the Ultrasonic Evaluation of Beef Cattle for Carcass Merit. – Southwest Missouri State University, 15 pp.

Perry, T. C., Ainslie, S. J., Traxler, M. J., Fox, D. G., Stouffer, J. R. 1990. Use of real-time and attentuation ultrasonic measurements to determine backfat thickness, ribeye area, carcass marbling and yield grade in live cattle. – J. Anim. Sci., 68(Suppl. 1):337.

Perry, T. C., Stouffer, J. R., Fox, D. G. 1989. Use of real time and attenuation ultrasound measurements to measure fat deposition, rib eye area and carcass marbling. – J. Anim. Sci., 67(Suppl. 1):120.

PIC. 2004. Das sind wir: Gestern - Heute - Morgen - ein Abriß der PIC-Geschichte. – http://www.pic.com/germany/2Das_sind_wir/Ageschichte/Geschichte_FrSet.htm Viimati külastatud 10.01.2005.

PIGLOG 105. La gestión eficaz de la crianza se llama Piglog 105. – SFK Technology, Denmark, 2 pp.

Price, J. F., Pearson, A. M., Pfost, H. B., Deans, R. J. 1960[a]. Application of ultrasonic reflection techniques in evaluating fatness and leanness in pigs. – J. Anim. Sci., 19:381...387.

Price, J. F., Pearson, A. M., Emerson, J. A. 1960[b]. Measurement of the cross sectional area of the loin eye muscle in live swine by ultrasonic reflections. – J. Anim. Sci., 19:786...792.

Price, J. F., Pfost, H. B., Pearson, A. M., Hall, C. W. 1958. Some observation on the use of ultrasonic measurements for determining fatness and leanness in live animals. – J. Anim. Sci., 17:1156.

Pugliese, C., Bozzi, R., Campodoni, G., Acciaioli, A., Franci, O., Gandini, G. 2005. Performance of Cinta Sense pigs reared outdoors and indoors. 1. Meat and subcutaneous fat characteristics. – Meat Science, 69:459…464.

Põldvere, A. 1995. Kontrollsigade liha kvaliteedi hindamine. – EPMÜ Loomakasvatusinstituudi teadustöid, 66:156…163.

Põldvere, A., Eilart, K. 1999[a]. Different metods for estimating lean meat content of pig carcasses. – Lithuanian Institute of Animal Science, Collection of Scientific Works, Animal Husbandry, 35:124…131.

Põldvere, A., Eilart, K. 1999[b]. Erinevaid võimalusi tailihasisalduse määramiseks searümpadel. – EPMÜ Loomakasvatusinstituudi teadustöid, 70:71...77.

Quijandria, B., Jr., Robison, O. W. 1971. Body weight and backfat deposition in swine: Curves and correction factors. – J. Anim. Sci., 33:911...918.

Rantanen, N. W., Ewing, R. L. 1981. Principles of ultrasound in animals. – Vet. Radiol., 22:196...203.

Rei, M., Kirikall, V., Kaeramaa, E. 1994. Tailihasisalduse sõltuvuse uurimine olenevalt kuldiliinist ja tailihasisalduse määramismeetodite võrdlemine. – EPMÜ lepingulise töö nr 182 vahearuanne, Tartu, 21 lk.

Robinson, T. F., Orme, L. E., Park, R. L. 1987. Growth characteristics of immature swine as determined by real-time linear array ultrasound. – Proc. Western Sect. Asas., 38:151...159.

Robinson, D. L., McDonald, C. A., Hammond, K., Turner, J. W. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound. Assessment and accuracy of sonographers. – J. Anim. Sci., 70:1667...1676.

Rothschild, M., Meyer, B. 2000. Human fet gene leads Iowa State to discovery on lean pigs. – http://www.ag.iastate.edu/aginfo/news/2000releases/fatgene.html Viimati külastatud 10.01.2005.

Rouse, G., Parrish, F. C. 1987. The use of real-time ultrasound to measure marbling in live beef animals and beef carcasses. – Iowa Coop. Ext. Serv. A. S. R475, 147...149.

Rätsep, M. 2000. db-Planer – seakasvataja abimees. – Tõuloomakasvatus, 2:22…24.

Röhe, R. 2002. Isiklikud kontaktid. – Saksamaa, Kiel.

Rydhmer, L. 1993. Pig reproductive genetics and correlations between reproduction and production traits. – Swedish University of Agricultural

Sciences, Dep. of Animal Breeding and Genetics, Dep. of Obstetrics and Gynaecology. Uppsala. Publication No. 106. Dissertation.

Sabre, D., Viinalass, H., Värv, S. 2003. Sigade stressisündroomi molekulaargeneetiline diagnoosimine ja stressisündroomi esinemine Eesti seakasvatusettevõtetes. – Agraarteadus, XIV 1:48…53.

SAS. 1999. SAS OnlineDoc V8. – SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.– http://www.sfu.ca/sasdoc/sashtml/onldoc.htm Viimati külastatud 01.07.2002.

Sather, A. P., Fredeen, H. T., Martin, A. H. 1982. Live animal evaluation of two ultrasonic probes as estimators of subcutanous backfat and carcass composition in pigs. – Can. J. Anim. Sci., 62:943...954.

Sather, A. P., Tong, A. K. W., Harbison, D. S. 1986. A study of ultrasonic probing techniques for swine. I. The effect of operator, machine, site. – Can. J. Anim. Sci., 66:591...598.

Sents, A. E., Walters, L. E., Whiteman, J. V. 1982. Performance and carcass characteristics of ram lambs slaughtered at different weights. – J. Anim. Sci., 55:1360...1369.

Serenius, T., Sevon-Aimonen, M. L., Mäntysaari, E. A. 2003. Effect of service sire and validity of repeatability model in litter size and farrowing interval of Finnish Landrace and Large White populations. – Livestock Prod. Sci., 81:213…222.

SFK Technology A/S. 2004[a]. http://www.sfktech.com/ Viimati külastatud 6.01.2005.

SFK Technology A/S. 2004[b]. Piglog 105. – Reklaamleht. Denmark. Ver 1., 2 pp.

SFK Technology A/S. 2004[c]. Piglog 105 Users' Guide. – Denmark. Ver 3.1., 14 pp.

SFK Technology A/S. 2004[d]. AutoFOM. Fully Automatic Ultrasonic Carcass Grading for Pork Abattoirs. –Denmark. Ver 1., 8 pp.

Short, T. H., Wilson, E. R., McLaren, D. G. 1994. Relationships between growth and litter traits in pig dam lines. – 5th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Guelph, 413…416.

Siers, D. G., Thomson, G. M. 1972. Heritabilities and genetic correlations of carcass and growth traits in swine. – J. Anim. Sci., 35:311...320.

Simm, G., Alliston, J. C., Sutherland, R. A. 1983. A comparison of live-animal measurements for selecting lean beef sires. – Anim. Prod., 37:211...219.

Smith, M. T., Oltjen, J. W., Dolezal, H. G., Gill, D. R., Behrens, B. D. 1988. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and rib eye area in feedlot steers. – Oklahoma Agric. Exp. Sta., Anim. Sci. Res. Rep., 127:291...298.

Smith, M. T., Oltjen, J. W., Dolezal, H. G., Gill, D. R., Behrens, B. D. 1990. Evaluation of real-time ultrasound for predicting carcass traits of feedlot steers. – Oklahoma Agric. Exp. Sta., Anim. Sci. Res. Rep., 129:374...378.

Smith, B. S., Jones, W. R., Hough, J. D., Huffman, D. L., Mikel, W. B., Mulvaney, D. R. 1992. Prediction of carcass characteristics by real-time ultrasound in barrows and gilts slaughtered at three weights. – J. Anim. Sci., 70:2304...2308.

Sokolov, S. Y. 1929. On the problem of the propagation of ultrasonic oscillations in various bodies. – Elek. Nachr. Tech., 6:454…460.

Sonic Industries. 1996. A-Scan Plus. Livestock Assessment System. Hog Version User's Manual. – Hatboro, PA., 38 pp.

Stewart, T. S., Schinckel, A. P. 1990. Genetic parameters for swine growth and carcass traits. – Genetics of Swine, NC-103 publ., USDA-ARS, Roman L. Hruska U.S. Meat Anim. Res. Center, Clay Center, NE, 77...79.

Stouffer, J. R. 1988. Ultrasonic evaluation of beef cattle. BIFF Ad Hoc Ultrasonic Guidlines Committee. Study Guide. – Cornell Univ., Ithaca, NY, 25 pp.

Stouffer, J. R., Valentine, M. V., Wellington, G. H., Diekmann, A. 1961. Development and application of ultrasonic methods for measuring fat thickness and rib eye area in cattle and hogs. – J. Anim. Sci., 20:759...767.

Stouffer, J. R., Cross, H. R. 1985. Evaluation of beef cattle with real-time lineary arry ultrasound. – J. Anim. Sci., 61:(Suppl. 1):144.

Stouffer, J. R., Perry, T. C., Fox, D. G. 1989. New Techniques for real time ultrasonic evaluations of beef cattle. – J. Anim. Sci., 67(Suppl. 1):121.

Stouffer, J. R., Wallentine, M. V., Wellington, G. H., Diekmann. 1961. Development and application of ultrasonic methods for measuring fat

thickness and rib-eye area in cattle and hogs. – J. Anim. Sci., 20:759...767.

Strang, G. S., King, J. W. B. 1970. Litter productivity in Large White pigs. 2. Heritability and repeatability estimates. – Animal Production, 12:235...243.

Strang, G. S., Smith, C. 1979. A note on the heritability of litter traits in pigs. – Animal Production, 28:403…406.

Strasia, C. A., Dolezal, H. G., Smith, M. T., Foutz, C. P., Gill, D. R., Behrens, B. D., Lloyd, R. M., Skaggs, B. J., Schemm, R. L., Schultz, C. L., Deen, D. L. 1989. Correlation of ultrasound and measured fat thickness in feedlot heifers. – Anim. Sci. Res. Rep., Oklahoma State Univ., Stillwater, 151...153.

Strutt, J. W., 3. Lord Rayleigh. 1877. The Theory of Sound. Ch. 1. – http://www.measure.demon.co.uk/docs/Theory.html. Viimati külastatud 12.08.2004.

Tecator Application Note AN 23/80. Rapid determination of crude fat in feedstuffs by using the Soxtec System, 1 pp.

Tecator Application Note AN 30/81. Rapid determination of raw protein in feedstuffs by using the Kjeltec System, 1 pp.

Terry, C. A., Savell, J. W., Recio, H. A., Cross, H. R. 1989. Using ultrasound technology to predict pork carcass composition. – J. Anim. Sci., 67:1279...1284.

Tess, M. W., Dickerson, G. E., Nienaber, J. A., Ferrell, C. L. 1986. Growth, development and body composition in three genetic stocks of swine. – J. Anim. Sci., 62:968...979.

Tholen, E., Oeschtering, K., Jüngst, H. 1999. Autofom-Klassifizierung: Müssen die Züchter umdenken? – Schweinzucht und Scweinemast, 5:40...42.

Thompson, J. M., Pattie, W. A., Butterfield, R. M. 1977. An Evaluation of the “Scanogram” as an ultrasonic aid in assessing carcass composition of live sheep. Aust. – J. Exp. Agric. Anim. Husb., 17:251...255.

Tilton, J. 1999. AI success in pigs: timing, procedure and heat detection. – Pigpen, 20:15…17.

Toiduinfo. 2003. Liha. – Maamajandus, detsember, 44.

Toiduinfo. 2004. Liha. – Maamajandus, september, 40.

Touraille, C., Monin, G., Legault, C., 1989. Eating quality of meat from european×chinese crossbred pigs. – Meat Science, 25:177…186.

Turlington, L. M. 1990. Live animal evaluation of swine and sheep using ultrasonics. – M.S. Thesis. Kansas State Univ., Manhattan, 85 pp.

Turner, J. W. 1988. Utilization of data obtained by ultrasound. – Ultrasound training School, CollegeStation, TX, 13 pp.

Tänavots, A. 1997. Suurt valget tõugu emiste viljakus ja piimakus. – Magistriväitekiri. Tartu, 90 lk.

Tänavots, A., Somelar, E., Saveli, O., Põldvere, A., Kaart, T. 1999. Comparison of ultrasonic equipments in pig production. – Animal Husbandry. Baisogala, 35:157…160.

Tänavots, A., Somelar, E., Viinalass, H., Värv, S., Kaart, T., Saveli, O., Eilart, K., Põldvere, A. 2001. Pork Quality and Porcine Stress Syndrome in Estonia. – Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B, Vol. 55, 5/6:242…246.

Tänavots, A. 2002. Factors affecting meat quality in Germany. – Justus-von-Liebig-Forschungsstipendien Report. Christian Albrecht University, Kiel. Käsikiri, 28 pp.

Urban, W. R., Jr., Shelby, C. E., Chapman, A. B., Whatley, J. A., Garwood, V. A. 1966. Genetic and environmental aspects of litter size in swine. – Animal Sciences, 25:1148…1153.

Vabariigi Valitsuse määrus. 2003. Searümpade kvaliteediklasside nõuded ning nõuetekohasuse määramise meetodid ja kord. – RTI 28.01.2003, 8, 37, 2 lk.

Vaisse, C., Clement, K., Guy-Grand, B., Froguel, P. 1998. A frameshift mutation in human MC4R is associated with a dominant form of obesity. – Nature Genetics, 20:113…114.

Vare, V. 2004. Ettevõtete põrsatootmise majanduslik analüüs. – Väitekiri. EPMÜ, Tartu, 66 lk.

Volovinskaja, V., Kelman, B. 1961. Методические рекомендации по изучению мясной продуктивности, оценке качества туш и мяса. Москва, 1986.

Voog, A. 2000. Sissejuhatus digitaalheli maailma. – Arvutimaailm 9, 9...11.

Vries, de, A. G., Kanis, E. 1994. Selection for effeciency of lean tissue deposition in pigs. – Principles of Pig Science, toimetajad Cole, D. J. A., Wiseman, J., Varley, M. A. Nottingham Uni. Press, 23…42.

Wallace, M. A., Stouffer, J. R., Westervelt, R. G. 1977. Relationship of ultrasonic and carcass measurements with retail yield in beef cattle. – Livest. Prod. Sci., 4:153...159.

Wayne, D. 2001. Meat pH and Pork Quality. – Ministry of Agriculture and Food, Ontario. http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/livestock/swine/facts/info_qs_meatph.htm Viimati külastatud 14.01.2005.

Webster, A. J. F. 1985. Differences in the energetic efficiency of animal growth. Allikas: Current concepts of animal growth. – Volume 1. J. of Anim. Sci., 61(Suppl. 2):92…103.

Widmer, W. R. 1993. Basic principles of ultrasound imaging. Veterinary Diagnostic Ultrasound. Purdue University, 25...40.

Wild, J. J. 1950. The use of ultrasonic pulses for the measurement of biological tissues and the detection of the detection of tissue density changes. – Surgery, 27:183...188.

Wilson, D. E. 1992. Application of ultrasound for genetic improvement. – J. Anim. Sci., 70:973...983.

Wilson, D. E. 1994. Real-time ultrasonic evaluation of beef cattle. – Iowa State University Real-time Ultrasound Precertification Training Program, 45 pp.

Wilson, D. E., Rouse, G., Willham, R. L., Duello, D. A., Houghton, P. H. 1989. Predicting genetic differences in beef cattle body composition. – Proc. Third Genet. Prediction Workshop. Oklahoma State Univ., Still-water, 149...158.

Woelders, H., Matthijs, A., Zuidberg, C. A., Chaveiro, A. E. N. 2005. Cryopreservation of boar semen: equilibrium freezing in the cryomicroscope and in straws. – Theriogenology, 63:383…395.

Woo, J. S. K. 2002. Obstetric ultrasound: A Comprehensive Guide. – http://www.ob-ultrasound.net/. Viimati külastatud 09.09.2003.

Yeo, G. S., Farooqi, I. S., Aminian, S., Halsall, D. J., Stanhope, R. G., O'Rahilly, S. 1998. A frameshift mutation in MC4R associated with dominantly inherited human obesity. – Nature Genetics, 20:111…112.

Youssao I. A. K., Verleyen, V., Michaux, C., Leroy. 2002. A comparison of the Fat Lean Meter (CGM), the ultrasonic device Pie Medical 200 and the Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Pietrain carcasses. – Livest. Prod. Sci., 78:107…114.

CURRICULUM VITAE

Olen sündinud 17. märtsil 1972. aastal.

1990. aastal lõpetasin Luunja Keskkooli ja 1994. aastal Eesti Põllumajandusülikooli loomakasvatuse erialal.

Dissertatsiooni teemal „Eesti suurt valget tõugu sigade viljakus ja piimakus" põllumajandusteaduse magistri kraadi omandamiseks kaitsesin 1997. aastal.

Alates 1994. aastast töötan EPMÜs ja teenistuskäik on olnud järgmine:

01.09.1994…31.08.1997	aretusosakonna laborant,
01.09.1997…30.09.1997	aretusosakonna vanemlaborant,
01.10.1997…31.08.2004	juhtkonna arvutiinsener,
01.01.1998…31.08.2004	aretusosakonna teadur,
01.01.2002…31.12.2002	aretusosakonna vanemlaborant.

Alates 01.09.2004 töötan EPMÜs aretusõpetuse lektorina.

Abielus.

TEADUSPUBLIKATSIOONIDE NIMEKIRI

Eelretsenseeritud teaduspublikatsioonid

Tänavots, A., Somelar, E., Viinalass, H., Värv, S., Kaart, T., Saveli, O., Eilart, K., Põldvere, A. 2001. Pork Quality and Porcine Stress Syndrome in Estonia. – Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B, Vol. 55, 5/6:242…246.

Tänavots, A., Kaart, T., Saveli, O. 2002. Heritability and Correlation of Meat and Fertility Traits in Pigs in Estonia. – Veterinarija ir Zootechnika. T. 19 (41). Kaunas, 106...108.

Tänavots, A., Kaart, T., Saveli, O. 2002. Artificial Insemination in Pig Breeding in Estonia. – Veterinarija ir Zootechnika. T. 19 (41), Kaunas, 109...111.

Somelar, E., Tänavots, A., Saveli, O. 2001. Meat Quality Research of Pure- and Crossbred Pigs in Estonia. – 7th Baltic Animal Breeding Conference. Tartu, 17…18 April, 138...143.

Tänavots, A., Kaart T., Saveli, O. 2001. Factors Affecting Meat Traits and Fertility of Pigs in Estonia. – 7th Baltic Animal Breeding Conference. Tartu, 17…18 April, 144...148.

Tänavots, A. 2004. Factors affecting performance of gilts. – Animal Breeding in the Baltics, Tartu, 150…155.

Tänavots, A., Saveli, O., Kaart T. 2001. Sigade tõukombinatsioonide mõju lihaomadustele ja viljakusele Eestis. – APS-i toimetised, 15:117…118.

Tänavots, A., Saveli, O. 2003. Optimum slaughter weight of Estonian pig breeds. – Proceedings of the 9th Baltic Animal Breeding Conference. Sigulda, 29…30 May, 87…91.

Teised teaduspublikatsioonid

Tänavots, A., Saveli, O. 1995. Suurt valget tõugu emiste viljakus ja piimakus. – EPMÜ Loomakasvatusinstituudi teadustööd,

66:150…155.

Tänavots, A., Saveli, O., Mölder, R. 1996. Suurt valget ja eesti peekoni tõugu emiste viljakuse ja piimakuse sõltuvus kuldi tõust. – APS-i toimetised, 2:70…73.

Tänavots, A., Saveli, O., Mölder, R. 1996. Effect of the breed of the boar on fertility and milk yield of Estonian Large White and Estonian Landrace sows. – 2nd Baltic Animal Breeding Conference Kaunas, 76…79.

Tänavots, A., Saveli, O. 1997. Vanuse ja keskkonna mõju emise viljakusele. – APS-i toimetised, 74…75.

Tänavots, A. 1997. Effect of environmental factors and crossbreeding on litter size and litter weights of Estonian Large White sows. – 3rd Baltic Animal Breeding Conference, Riga, 97…99.

Tänavots, A. 1998. Crossbreeding influence on fertility traits of Estonian Large White sows. – 4th Baltic Animal Breeding Conference, Tartu, 120...123.

Tänavots, A., Somelar, E., Saveli, O., Põldvere, A., Kaart, T. 1999. Comparison of Ultrasonic Equipments in Pig Production. – Lithuanian Institute of Animal Science. Collection of Scientific Works. Animal Husbandry, 35, Baisogala, 157...160.

Tänavots, A., Somelar, E., Saveli, O., Eilart, K., Põldvere, A., Kaart, T. 2000. Puhtatõuliste ja ristandsigade lihaomaduste prognoosimine ultraheli aparaatidega. – APS-i toimetised, 12:91…94.

Konverentside teesid

Tänavots, A. 1998. Fertility and Lactation Yield of Large White Sows. – Book of Abstracts of the 49th Annual Meeting of the EAAP. Warsaw, Poland, 24…27 August, 282.

Tänavots, A., Kaart, T. 1999. Comparison of Different Pig Breed Combinations by Using Data from Piglog 105. – Book of Abstracts of the 50th Annual Meeting of the EAAP. Zurich,

Swizerland, 22…26 August, 297.

Tänavots, A., Somelar, E., Saveli, O., Eilart, K., Põldvere, A., Kaart, T. 2000. Pork Quality and PSS. – 2nd Molecular and Biotechnology in Agriguturally Important Organism, Kaunas, Lithuania, 16…17 November, 23.

Somelar, E., Tänavots, A., Saveli, O., Eilart, K., Põldvere, A., Kaart, T. 2000. Prediction of Meat Traits of Different Pig Breed Combinations in Estonia. – 6th Baltic Animal Breeding Conference, Jelgava, 27…28 April, 116…121.

Tänavots, A., Somelar, E., Saveli, O., Eilart, K., Põldvere, A., Kaart, T., Viinalass, H., Värv, S. 2000. Prediction of Meat Quality of Different Pig Breed Combination in Estonia. – Book of Abstracts of the 51th Annual Meeting of the EAAP, The Hague, The Netherland, 21…24 August, 324.

Tänavots, A., Kaart T., Saveli, O. 2001. Factors Affecting Meat Traits and Fertility of Pigs in Estonia. – Book of Abstracts of the 52nd Annual Meeting of the EAAP, Budapest, Hungary, 26…29 August, 300.

Somelar, E., Tänavots, A., Saveli, O. 2001. Meat Quality Research of Pure- and Crossbred Pigs in Estonia. – Book of Abstracts of the 52nd Annual Meeting of the EAAP, Budapest, Hungary, 26…29 August, 300.

Tänavots, A., Kaart, T., Saveli, O. 2002. Heritability of Meat and Fertility Traits in Pigs in Estonia. – Proceedings of the 8th Baltic Animal Breeding and Genetics Conference. Kaunas, 5…8 May, 95.

Tänavots, A., Kaart, T., Saveli, O. 2002. AI in Pig Breeding in Estonia. – Book of Abstracts of the 53nd Annual Meeting of the EAAP, Cairo, Egypt, 1…4 September, 95.

Populaarteaduslikud artiklid

Tänavots, A. 1995. Eesti suurt valget tõugu sigade viljakus. – Tõuinfo,

nov, 12.

Muud publikatsioonid

Tänavots, A. 1997. Eesti suurt valget tõugu emiste viljakus ja piimakus. EPMÜ Loomakasvatusinstituut. Magistriväitekiri, 90.

Tänavots, A. 2002. Factors affecting meatiness traits in Germany. – Alfred Toepfer Stiftung F.V.S., Justus-von-Liebig-Forschungs-stipendien Report, 28 pp.

I. PORK QUALITY AND PORCINE STRESS SYNDROME IN ESTONIA

PROCEEDINGS OF THE LATVIAN ACADEMY OF SCIENCES. Section B, Vol. 55 (2001), No. 5/6 (616/617), pp. 242–246.

PORK QUALITY AND PORCINE STRESS SYNDROME IN ESTONIA

Alo Tänavots, Elmo Somelar, Haldja Viinalass, Sirje Värv, Tanel Kaart, Olev Saveli, Kalju Eilart, and Aarne Põldvere

Institute of Animal Science, Estonian Agricultural University, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, ESTONIA;
e-mail: alo@eau.ee

Communicated by Isaak Rashal

The effect of breed combinations and the HAL gene to pork quality were analysed. In total, 193 pigs (purebred Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Finnish Yorkshire (FY), and crossbred Hampshire (H)♂xELW♀, H♂x(ELW×EL)♀) were investigated. The following traits were recorded using ultrasonic equipment (Piglog 105, A-Scan Plus, and Ultra FOM 100): backfat thickness at last and 11–12th rib and the diameter of loin eye. The lean meat percentage was calculated. Carcass length, weight, and backfat thickness measurements in four points, and pH (24 h after slaughtering) were measured. Loin eye area was measured by planimeter; pH and boiling loss were determined 48 hours after slaughtering. Blood samples were collected from 101 pigs. DNA tests were carried out by restriction analysis (PCR–RFLP – polymerase chain reaction restricted fragment length polymorphism). Higher backfat thickness and a lower lean meat percentage was found in the ELW and FY breeds. EL pigs had significantly longer carcasses than FY and crossbred pigs. EL and H breeds had superior meat quality. DNA tests showed 84.2 % of the tested pigs to be stress negative (NN) and 15.8 % were heterozygous (Nn). HAL homozygous mutant (nn) animals were not found. A significant relationship between testing weight and the presence of HAL gene (P<0.05) was found, when breed effect was not considered.

Key words: *pigs, carcass measurements, pork quality, Porcine Stress Syndrome, HAL gene.*

INTRODUCTION

For many years, the main goal in pig breeding has been to improve growth rate, fertility, feed conversion, and carcass composition. The meat quality has been improved by reduction of pale, soft, and exudative (PSE) meat. Porcine Stress Syndrome (PSS) is a well documented genetic disorder that is transmitted by a single autosomal recessive gene. It causes major economic loses in the pig industry by sudden death of pigs and low quality of pork received after slaughter (PSE meat) (Fujii *et al.*, 1991; Santoro and Faucitano, 1996). This gene has been variously called: the stress gene, halothane gene, and PSS gene. Researchers have shown that the halothane carrier and non-susceptible genotype can affect the growth of pigs, the eating quality of pork, and carcass composition (Murray *et al.*, 1989; Dove *et al.*, 1996). Fujii *et al.* (1991) showed that a point mutation at nucleotide 1843 (cytosine to thymine transition) within the gene for the calcium release channel of skeletal muscle sacroplasmic reticulum, also called the ryanodine receptor gene (RYR1 locus), is responsible for stress-induced malignant hyperthermia.

The halothane test used earlier identifies only those animals that have two copies of the mutant gene. Those with only one copy, but which are still carriers of the gene, cannot be separated from normal animals. The DNA probe has considerably higher accuracy than the halothane testing method. The new method identifies both reactors and those pigs that do not react but are carriers of the mutant gene causing PSS. The DNA method allows very precise manipulation of the halothane gene in selected lines in order to achieve improved growth performance and carcass quality without the risk of increasing stress problems and the associated effects on meat quality.

During the last decade, the Estonian meat market has changed considerably. Consumers have started to demand improved quality of meat and meat products, based on environmental, ethic, and welfare concerns. Whether the acceptable pig carcass is fat or lean depends more on national predilection. As industrialisation develops, the desire for lean meat appears to dominate the definition of carcass quality (Whittemore, 1996). Different methods to estimate meat content and pork quality have been used over time (Kempster and Evans, 1979).

The aim of this study was to estimate the meat quality of live pigs and their carcasses by different equipment, and to investigate the effect of breed combinations and stress susceptibility on the pork quality.

MATERIALS AND METHODS

Pigs. A total of 193 pigs at the age of six months were tested ultrasonically between 1998 and 1999 in the Kehtna Swine Testing Station. The animals had been raised from birth till weaning in 22 different farms over Estonia. All pigs were raised according to the rules of controlled fattening, where two pigs were housed in a pen during the testing period (at 25 to 100 kg) in stable feeding conditions. Five groups of purebred and crossbred pigs were studied – three purebred: Estonian Landrace (EL; n=137), Estonian Large White (ELW; n=38), Finnish Yorkshire (FY; n=7) and two crossbred: Hampshire (H) ♂ x ELW ♀ (H×ELW; n=7), and H ♂ x (ELW×EL) ♀ (H x (ELW×EL); n=4).

Live Animal Measurements. Ultrasonic measurements of backfat thickness and diameter of loin eye were made using a Piglog 105 (SFK Technology A/S, Denmark) and A-Scan Plus (Sonic Industries, Inc., USA). Pigs were tested one day before slaughter. The following traits were recorded: backfat thickness at last (*x1*) and 11–12th (*x3*) rib, 7 cm from the midline (mm), and diameter of the loin eye (*x2*) 7 cm from the midline (mm). Lean meat percentage (*y*) was calculated using the formula: $y = 64.39–0.28x1+0.14x2–0.55x3$ (Anonymous, 1991a).

During ultrasonic testing, weight (93–112 kg), date, and farm of origin were recorded.

Carcass measurements. All pigs were slaughtered on the day after ultrasonic testing of live animals, in the Valga Meat and Canning Factory. Ultrasonic measurements on carcasses were made immediatly after slaughtering, using an Ultra-FOM 100 (SFK Technology A/S, Denmark), at the same points as described above for live animals. Carcass data regarding carcass length, weight, backfat thickness by ruler (at scruff, at 6–7th rib, at middle, and at lumbar), and pH (24 and 48 hours after slaughtering), were collected after slaughter. A portable MP120 pH Meter (Mettler Toledo, Switzerland) was used for measuring the pH. Half of the carcass was cut at last rib to measure pH and to draw the loin eye area onto tracing-paper. Loin eye area was measured by planimeter; and from the same drawings, backfat and diameter of loin eye were measured. 48 hours after slaughtering, pH and boiling loss were measured in the laboratory of Estonian Agricultural University.

The General Linear Model (GLM) procedure (Anonymous, 1991b) was used for analysis of variance. The following statistical model was used:

$Y_{ijkl}=\mu+Wt_{ijkl}+F_i+T_j+S_k+e_{ijkl}$, where Y was dependent variable; μ, general mean; Wt_{ijkl}, effect of pig weight at testing; F_i, effect of farm 1–22; T_j, effect of breed 1–5; S_k, effect of season 1–4; e_{ijkl}, random error. For season, the testing year was divided into four periods: spring (March–May); summer (June–August); fall (September–November); and winter (December–February).

The results are given as least-square means. As a trait, the HAL gene has only two possible values: 1 and 0 (HAL gene carrier or not). As the distribution for HAL is binomial, suitable models to use are logistic regression and generalised linear models with the appropriate link-functions. A common link-function used for binomial models is logit-transformation: $\text{logit}(\pi) = \ln\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right)$, where π is the probability of carrying a HAL gene. The following model was used to analyse the dataset: $\text{logit}(\pi_{ij}) = \eta + T_i + bX_{ij}$, where η was intercept; T_i, breed effect; X_{ij}, weight; and b, regression coefficient.

Genetic investigations. A total of 101 pigs were tested for the presence of the HAL genotype. Genomic DNA was extracted from blood. A PCR reaction mixture with final reaction volume 28 µl contained 10xPCR Reaction Buffer (Pharmacia Biotech), 0.28 µl dNTP (20 mM DNA Polymerisation Mix, Pharmacia Biotech), 2.8 µl of each of the primers (primer 1: 5'-GTG CTG GAT GTC CTG TGT TCC CT-3' and primer 2: 5'-CTG GTG ACA TAG TTG ATG AGG TTT G-3', Brening and Brem, 1992), 0.03 µl Taq DNA Polymerase (5 U·µl^{-1}, Pharmacia Biotech), and 8 µl of template DNA. After 3 min denaturation at 96 °C, DNA was amplified for 40 cycles under the following conditions: denaturation at 94 °C for 30 s, annealing at 68 °C for 30 s, and extension at 72 °C for 30 seconds. The final extention was at 72 °C for 10 minutes. The PCR product (134 bp) was digested with HhaI (Pharmacia Biotech) for 1 h at 37 °C. Digestion of this product by HhaI yields two fragments of 84 and 50 bp for normal animals (NN), three fragments of 134, 84, and 50 bp for heterozygotes (Nn) and only the 134 bp DNA fragment for mutant homozygous (nn) individuals. The DNA fragments were separated on a 3% agarose (NuSieve 3:1) gel and stained with ethidium bromide.

RESULTS

Significantly thinner backfat (9.38–14.71) and a higher lean meat percentage (61.17–61.95 %) were found in a cross of three breeds [H x (ELW×EL)], compared with other breed combinations (Table 1).

Very thick fat was found only in the H x ELW cross when measured with an Ultra-FOM 100 (Figure 1). Backfat thickness of EL pigs differed significantly from that of ELW pigs (using an A-Scan Plus and Ultra-FOM 100).

Thicker backfat for carcasses was observed when measured by ruler at the scruff and thinner in the middle (Figure 2). As in the ultrasonic test, thicker fat was found in ELW pig carcasses when measured by ruler. They had significantly thicker backfat compared with EL and crossbred pig carcasses. Backfat thickness was similar between breeds when measured at 6–7 rib, middle, and lumbar.

Diameter of loin eye (ultrasonic measurement) did not differ significantly between breeds. However, the loin eye diameter was larger by 6–4 mm in H x (ELW×EL) compared to that in ELW. As the diameter of loin eye was not very variable, the lean meat percentage was influenced more by

Table 1

LEAST-SQUARE MEANS OF MEAT TRAITS (MEASURED BY ULTRASONIC EQUIPMENT AND BY RULER) IN DIFFERENT PIG BREED CROSSING COMBINATIONS

Measured by	Trait	EL	ELW	FY	H x ELW	H x ELW/EL
		n=137	n=38	n=7	n=7	n=4
A-Scan Plus	*x1*, mm	16.14^{b}	20.76^{c}	19.85^{bc}	18.10^{bc}	11.15^{a}
	x2, mm	54.21^{a}	55.03^{a}	58.86^{a}	56.65^{a}	53.84^{a}
	x3, mm	14.43^{b}	19.25^{c}	18.69^{bc}	16.19^{bc}	9.38^{a}
	y, %	59.52^{b}	55.69^{c}	56.79^{bc}	58.35^{bc}	63.65^{a}
Piglog 105	*x1*, mm	18.52^{bc}	21.75^{c}	21.07^{bc}	18.00^{b}	11.02^{a}
	x2, mm	47.72^{a}	46.57^{a}	46.11^{a}	47.11^{a}	46.52^{a}
	x3, mm	17.60^{bc}	18.85^{c}	19.63^{bc}	13.81^{ab}	10.36^{a}
	y, %	56.06^{bc}	54.27^{c}	53.91^{bc}	57.85^{ab}	61.95^{a}
Ultra-FOM 100	*x1*, mm	17.32^{ac}	24.02^{b}	23.09^{bc}	23.54^{bc}	14.71^{a}
	x2, mm	50.50^{a}	50.74^{a}	50.69^{a}	45.10^{a}	54.26^{a}
	x3, mm	17.41^{a}	25.79^{bc}	22.03^{ac}	25.30^{bc}	13.94^{a}
	y, %	57.32^{b}	50.88^{c}	53.29^{bc}	52.17^{bc}	61.17^{a}
Ruler	*x1*, mm	13.78^{ab}	18.67^{b}	21.09^{b}	13.88^{ab}	8.59^{a}
	diameter of LE, mm	58.25^{ab}	52.96^{b}	54.47^{ab}	57.26^{ab}	62.36^{a}
	area of LE, cm2	37.99^{a}	33.42^{b}	36.01^{ab}	39.96^{a}	41.97^{a}

x1, backfat thickness at last rib; *x2*, diameter of loin eye, 7 cm from midline; *x3*, backfat thickness at 11–12th rib, 7 cm from midline; *y*, lean meat percentage; LE, loin eye; EL, purebred Estonian Landrace; ELW, purebred Estonian Large White; FY, purebred Finnish Yorkshire; H×ELW, crossbred Hampshire ♂ x Estonian Large White ♀; H x (ELW×EL), crossbred Hampshire ♂ x Estonian Large White / Estonian Landrace ♀; $^{a, b, c}$, level of significances, least squares, within each effect one letter in common indicates no significant differences

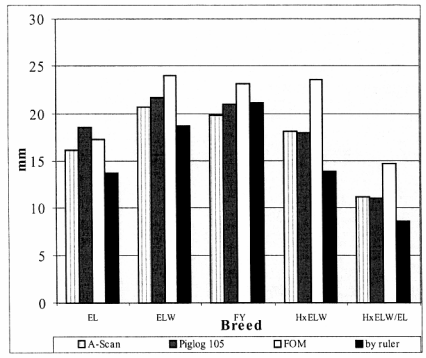


Fig. 1. Backfat thickness (*x1*) measured by ultrasonic equipment and by ruler in different pig combinations. EL, purebred Estonian Landrace; ELW, purebred Estonian Large White; FY, purebred Finnish Yorkshire; H x ELW, crossbred Hampshire ♂ x Estonian Large White ♀; H x ELW/EL, Hampshire ♂ x Estonian Large White / Estonian Landrace ♀.

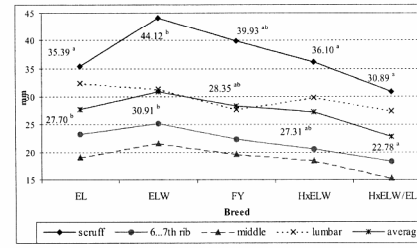


Fig. 2. Carcass backfat thickness measured by ruler. EL, purebred Estonian Landrace; ELW, purebred Estonian Large White; FY, purebred Finnish Yorkshire; H x ELW, crossbred Hampshire ♂ x Estonian Large White ♀; H x (ELW×EL), Hampshire ♂ x Estonian Large White / Estonian Landrace ♀; $^{a, b, c}$, level of significances, least squares, one letter in common indicates no significant differences.

differences between backfat thickness. Carcass weight did not differ between the breeds, varying between 70.21 and 72.40 kg and being lower in the H x (ELW×EL) cross and higher in the FY breed (Table 2). A significantly longer carcass was observed in EL purebred pigs (99.15 cm) and a shorter carcass in FY (93.43 cm). Crossbred pig carcasses were also significantly shorter than those of EL.

No significant differences were found between breed combinations for meat pH and boiling loss. However, 24 hours after slaughtering, meat pH from crossbred pigs was lower than at 48 hours, while in purebred pigs this trait was higher. Meat from crossbred pigs had a slightly higher boiling loss.

Genetic analysis. On the basis of the DNA test, the pigs were assigned into two groups: HAL normal homozygous (NN, n=85) and HAL hetrozygous (Nn, n=16). HAL homozygous mutant (nn) animals were not found among the in-

Table 2

LEAST-SQUARE MEANS OF MEAT TRAITS IN DIFFERENT PIG BREED COMBINATIONS AFTER SLAUGHTER

Trait		EL	ELW	FY	H x ELW	H x (ELW×EL)
Carcass	weight, kg	71.45[a]	71.79[a]	72.40[a]	71.58[a]	70.21[a]
	length, cm	99.15[b]	97.07[ab]	93.43[a]	95.07[a]	94.24[a]
Backfat at scruff (by ruler, mm)		35.39[a]	44.12[b]	39.93[ab]	36.10[a]	30.89[a]
	6...7th rib, mm	23.29[a]	25.15[a]	22.29[a]	20.51[a]	18.23[a]
	middle, mm	19.01[a]	21.54[a]	19.60[a]	18.40[a]	15.32[a]
	lumbar, mm	32.33[a]	31.34[a]	27.71[a]	29.79[a]	27.48[a]
Average		27.70[b]	30.91[b]	28.35[ab]	27.31[ab]	22.78[a]
pH 24		5.56[a]	5.57[a]	5.51[a]	5.57[a]	5.41[a]
pH 48		5.51[a]	5.54[a]	5.35[a]	5.60[a]	5.49[a]
pH difference		0.05	0.03	0.16	-0.03	-0.08
Boiling loss, %		44.46[a]	43.04[a]	43.19[a]	45.12[a]	45.29[a]

EL, purebred Estonian Landrace; ELW, purebred Estonian Large White; FY, purebred Finnish Yorkshire; H×ELW, crossbred Hampshire ♂ x Estonian Large White ♀; H x (ELW×EL), crossbred Hampshire ♂ x (Estonian Large White × Estonian Landrace) ♀; [a, b, c], level of significances, least squares, one letter in common indicates no significant differences.

Table 3

DESCRIPTIVE STATISTICS OF GENETIC ANALYSIS OF DIFFERENT PIG BREEDS

	EL	ELW	FY	H x ELW	H x (ELW×EL)	Total
N of animals	73	20	2	3	3	101
Frequency of HAL gene carriers	0.151	0.25	0	0	0	0.158

EL, purebred Estonian Landrace; ELW, purebred Estonian Large White; FY, purebred Finnish Yorkshire; H×ELW, crossbred Hampshire ♂ x Estonian Large White ♀; H x (ELW×EL), crossbred Hampshire ♂ x (Estonian Large White × Estonian Landrace) ♀

vestigated pigs (Table 3). The frequency of HAL gene carriers was 0.158.

There was significant relationship between testing weight and the HAL gene ($P<0.05$) when breed effect was ignored (Table 4). Investigation of the HAL gene carriers showed that the probability of carrying the HAL gene was lower in heavier pigs of the same age (Figure 3).

Table 4

DIFFERENCE BETWEEN TESTING WEIGHT ACCORDING TO PRESENCE OF THE HAL GENE (0, not carrier, 1, carrier)

	Presence of HAL gene		Total
	0	1	
No. of animals	85	16	101
Average testing weight	100.87	99.06	100.58

DISCUSSION

Many studies have shown that meat traits are hardly influenced by crossbreeding, as they are average or highly heritable (Skarman, 1965; Andersson, 1980). Meat traits are inherited as intermediate in crossbreeds. The Hampshire breed is well known by its thin fat and high lean meat percentage (Whittemore, 1996), and it has a significant influence on crossbred pig meat quality. Thicker backfat of ELW caused thicker backfat in the HxELW cross, compared with the H x (ELW×EL) cross. The thick fat of purebred FY pigs was surprising as it was not significantly different when compared with other purebred pigs.

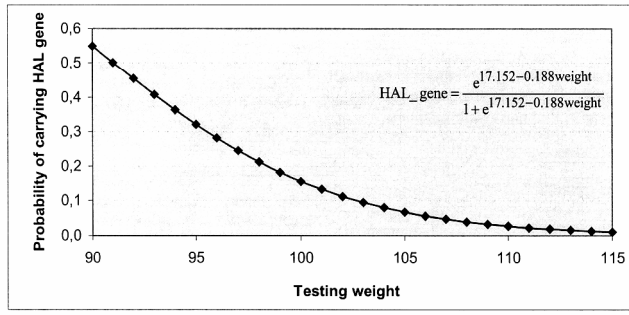


Fig. 3. Probability of carrying the HAL gene according to testing weight (at the same age). e, constant (e=2.718)

Backfat thickness was comparable between two points of ultrasound measurement (using A-Scan, difference 1.16–1.91). Measurements using a Piglog 105 varied between 0.66–4.19 mm in different locations. In contrast to the other equipments, thinner fat in *x1*, than in *x2* was found when using an Ultra-FOM 100, except for three breed crosses.

As the market demands more and more quality lean meat, and since pig selection for breeding now considers these traits, efforts should be made to improve the accuracy and precision of measurement of live pig meat quality. Moreover, the ability of local and imported breeds to produce quality meat by crossing must be estimated. According to the trial results, crossing Estonian sows with Hampshire boar gave thin fat and a high lean meat percentage. From local breeds, the Estonian Landrace breed gave better results for producing fattening pigs.

According to the DNA test, 84.2 % of the tested pigs were stress negative (NN) and 15.8 % were heterozygous (Nn). The HAL homozygous mutant (nn) animals was not found among the investigated pigs. In Finnish Yorkshire and crossbreed groups, animals with a mutant n allele were not found. The frequency of the n allele was 0.075 and 0.125 among the investigated EL and ELW pigs, respectively. According to a previous investigation in Estonia, 77 % of EL pigs in one population were stress negative (NN), 23 % were heterozygous, and the frequency of n was 0.115 (Birkenfeld and Viinalass, 1999).

At present, several breeds are used in Estonia for improving local breeds, including Hampshire and Pietrain breeds which are characterised by a high frequency of the halothane sensitivity gene. It has been shown by Sellier (1998) that the frequency of the HAL gene varies from 0 to 0.97 among the world's breeds, with the highest frequency in the Pietrain breed. To investigate the effect of breed combinations on pork quality, more extensive screening of pigs for PSS is necessary to identify the HAL sensitivity gene carrier boars in order to compose breeding schemes. The main reason why there was no correlation between breed and HAL gene was the different number of animals in pure and crossbred groups.

Received December 4, 2001

ACKNOWLEDGMENTS

The investigations were supported by the Estonian Science Foundation (Grant No. 0171417S99 and Grant No. 3153). The authors wish to express their gratitude to the Kehtna Swine Testing Station and the Valga Meat and Canning Factory.

REFERENCES

Andersson, K. (1980) *Studies on Crossbreeding and Carcass Evaluation in Pigs.* Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. Report 46. 126 pp.

Anonymous (1991a) *Piglog 105 User's Guide.* SFK - Technology, Soborg, Denmark, 14 pp.

Anonymous (1991b) *SAS User's Guide: Statistics.* SAS Inst. Inc., Gary, NC. 305 pp.

Brening, B., Brem, G. (1992) Molecular cloning and analysis of the porcine "halothane" gene. *Archiv für Tierzucht* (Dummerstorf), **35** (1/2), 129–135.

Birkenfeldt, M., Viinalass, H. (1999) Sigade stressisündroom [Porcine stress syndrome]. *Eesti Loomaarstlik Ringvaade,* **25** (1), 7–10 (in Estonian).

Dovc, P., Šalehar, A., Kovac, M., Kastelic, M. (1996) Frequency of the RYR1 n allele and its influence on fattening traits. *Archiv für Tierzucht* (Dummerstorf), **39** (4), 441–446.

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

Kempster, A. J., Evans, D. G. (1979) A comparison of different predictors of the lean content of pig carcasses. 1. Predictors for use in commercial classification and grading. *Animal Production*, **28**, 87–96.

Murray, A. C., Jones, S. D., Sather, A. P. (1989) The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Can. J. Animal Sci.*, **69**, 83–91.

Santoro, P., Faucitano, L. (1996) Stress in pig production. *Pig News and Information,* **17** (2), 49N-52N.

Sellier, P. (1998) Genetics of Meat and Carcass Traits. In: The Genetics of Pig. Rotschild, F. M., Ruvinsky, A. (eds.). CAB International, pp. 463–510.

Skarman, S. (1965) Crossbreeding experiment with swine. *Lantbrukshögskolans Annaler* (Uppsala), **31**, 3–92.

Whittemore, C. (1996) Pig meat and carcass quality. Growth and body composition changes in pigs. In: *The Science and Practice of Pig Production.* Longman Scientific & Technical. Longman Group UK Limited, England, pp. 4–82.

CŪKGAĻAS KVALITĀTE UN STRESA SINDROMS CŪKĀM IGAUNIJĀ

Analizēja cūku šķirņu krustojumu un HAL gēna ietekmi uz cūkgaļas kvalitāti. Kopā pētīja 193 sivēnus no trim šķirnēm: Igaunijas Landrases (EL), Igaunijas Lielās Baltās (ELW) un Somu Jorkšīras (FY), kā arī no diviem Hempšīras šķirnes krustojumiem – (H)♂xELW♀ un H♂x(ELWxEL)♀. Ar ultraskaņas iekārtām (Piglog 105, A-Scan Plus un Ultra FOM 100) reģistrēja muguras zemādas tauku slāņa biezumu pēdējās un 11.–12. ribas līmenī, kā arī muguras garā muskuļa diametru. Aprēķināja liesās gaļas īpatsvaru. 24 stundas pēc nokaušanas mērīja kautķermeņa garumu, svaru, muguras zemādas tauku slāņa biezumu četrās vietās un pH. "Muskuļacs" laukumu izmērīja ar planimetru; vielu zudumu vārīšanās temperatūrā un pH noteica 48 stundas pēc nokaušanas. Asins paraugus ievāca no 101 sivēna. DNS testu veica, izmantojot PCR-RFLP metodi. Biezāks zemādas tauku slānis un zemāks liesās gaļas īpatsvars bija ELW un FY šķirņu cūkām. EL šķirnes cūkām bija statistiski ticami garāks ķermenis nekā, FY un hibrīdām cūkām. EL un H šķirnēm bija labāka gaļas kvalitāte. DNS tests parādīja, ka 84,2 procenti pētīto cūku ir stresa negatīvas (NN) un 15.8 % – heterozigotiska (Nn). HAL homozigotie mutanti (nn) dzīvnieku starpā netika atrasti. Izslēdzot šķirnes efektu, konstatēta būtiska sakarība starp kautsvaru un HAL gēna klātbūtni ($P<0.05$).

II. MEAT QUALITY RESEARCH OF PURE- AND CROSSBRED PIGS IN ESTONIA

MEAT QUALITY RESEARCH OF PURE- AND CROSSBRED PIGS IN ESTONIA

E. Somelar, A. Tänavots, O. Saveli. Institute of Animal Science of Estonian Agricultural University, Tartu, Estonia

Abstract

Characteristics of meat quality are becoming more and more important for pork producers and customers. This work was carried out to study the differences between pig breed combinations and their effect on meat quality. All tests were conducted in Valga Meat and Canning Factory, in Meat and Feed Laboratory of the Estonian Agricultural University. Five groups of pigs were under observation – pure-bred - Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Finnish Yorkshire (FY) and crossbred - Hampshire♂xELW♀ (H♂xELW♀); H/EL/ELW♂xEL♀. 193 pigs were tested. pH24 and pH48 were measured. Chemical composition of meat i.e. dry matter, protein, fat and ash, were determined. Water capacity of meat was determined and cooking loss was found. Loin eye area was measured by planimeter. The largest loin eye area was in crossbred H/EL/ELW♂xEL♀, smaller in purebred ELW. PSE or DFD meat is very closely related with pH; we have to admit, that such meat quality complex was not found. Water binding capacity was the best in crossbred H♂xELW♀ with value 27.04%, the worst in purebred FY with 18.36%. Cooking loss was highest in crossbreeds of H/EL/ELW♂xEL♀ with 45.67%, the lowest in pure-bred ELW with 42.98%. Breed had no significant effect on pH and boiling loss. Breed combinations with EL and H had a better meat quality than other breeds.

Introduction

Pork production has been leading agricultural activity in Estonia for many years. As nowadays customers are more informed, demand for high quality pork has increased rapidly. BSE problems in West-Europe have more and more negative influence to consumption of beef.

This work was conducted to study the differences between pig breed combinations and their effect on meat quality.

Materials and Methods

All tests were carried out in Valga Meat and Canning Factory, in Meat and Feed Laboratory of the Estonian Agricultural University. Five groups of pigs were under observation – purebred - Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Finnish Yorkshire (FY) and crossbred - Hampshire♂xELW♀ (H♂xELW♀); H/EL/ELW♂xEL♀. 193 pigs were tested.

Test animals originated from 22 farms over Estonia. All meatiness traits for carcass were measured by ultrasonic equipment ULTRA FOM 100 in Valga Meat- and Canning Factory. Live pig measurements were taken by ultrasonic equipment Piglog 105 and A-Scan Plus (Tänavots, et. al., 2000). pH24 was measured with portative pH metre Metter-Toledo MP120 in the meat processing company. A test slice of meat from loin eye was also taken to determine pH48, chemical composition of meat, water holding capacity and cooking loss of meat.

To determine chemical composition of meat, test slice was groud in microcutter until homogeneous structure of meat was achieved. Chemical composition of meat, dry matter, protein, fat and ash, was determined in Feeding Department of Estonian Agricultural University.

The dry matter of meat was determined by EC Directive 73/EEC Annex 1 from 5th of December 1972 (Feeding Department of Estonian Agricultural University 2001).

Raw fat was determined by Soxtec equipment (Tecator Application Note AN 23/80). Raw protein was determined by using Kjeltec equipment (Tecator Application Note AN 30/81).

The water holding capacity of meat was determinate by methods of R. Grau and R. Hamm (1957), modified by V. Volovinchkaja and B. Kelmani (1961). The principle of this method is based on determination of water quantity, which will demerge from meat. There was following formula used:

$$B = \frac{(A - XV)}{A}, \text{ where}$$

A - total quantity of water in weighted meat, mg;
X - water content of 1 cm^2 large wet splash (8.4 mg - constant);
V - area of wet splash cm^2.

The water binding capacity was also determined with planimeter by using filter paper. Cooking loss of meat was determined from 20 g meat slice, which was boiled for 45 minutes at 95 °C. The difference between meat slice weight before and after cooking was cooking loss in percentages.

Loin eye area was determined by drawing loin eye shape from carcass to test paper and later on this area was measured with planimeter HAFF No 317 E.

The GLM procedure was used for analysing the data by analysis of variance (SAS Inst. Inc., 1991). The following formula was used:

$$Y_{ijkl} = \mu + W_t + F_i + T_j + S_k + e_{ijkl},$$

where: F - searched character;
μ - average;
W_t - pork weight;
F_i - farm (1...22);
T_j - breed (1...5);
S_k - season (1...4);
e_{ijkl} - residue.

All the results are presented by least square means where essential differences between breeds are shown with different letters like a, b, c (Parring *et al.*, 1997).

Results and Discussion

The largest loin eye area was found in crossbreds H/EL/ELW♂xEL♀ with 41.97 cm^2 (Figure 1) and in crossbreds of H♂ x ELW♀ with value 39.96 cm^2. The smallest loin eye area was in purebred ELW with 33.42 cm^2.

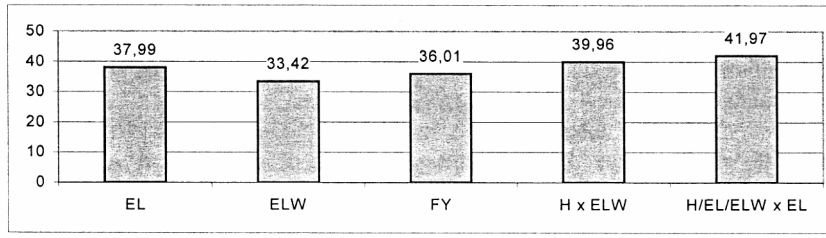


Figure 1. Loin eye area (cm^2)

The pH of meat is showing possible meat quality complexes like DFD (dark, firm, dry) or PSE (pale, soft, exudative). PSE-meat can arise if intra-muscular lactic acid will accumulate into the muscles with in one hour and when temperature of carcass is still high. In some extremal cases of PSE -meat pH can fall 0.02 or even 0.1 unit per minute (Essen-Gustavsson, 1993; Swatland, 1993).

Normal process of glycolyse can stop if pH will be one the level 5.6...5.8. DFD-meat can arise if pH level will not fall as level of glycogen in muscles is too low. In such cases pH will stand on the level 6.8...7.0. Test results of pH24 and pH48 are presented in Table 1.

Table 1. pH24 and pH48 values of pork in different breed combinations

Trait	EL	ELW	FY	H♂ x ELW♀	H/EL/ELW♂ x EL♀
n	137	38	7	7	4
pH 24	5.57^a	5.57^a	5.51^a	5.49^a	5.41^a
pH 48	5.54^a	5.55^a	5.37^a	5.77^a	5.50^a
pH difference	0.05	0.03	0.16	-0.03	-0.08

PSE or DFD meat is very closely related with pH; we have to admit, that such meat quality complex was not found.

The results of cooking loss were showed, that the smallest cooking loss (42.98%) was in purebreds ELW. The biggest cooking loss (45.67%) was found three breed cross H/EL/ELW♂ x EL♀. Cooking loss is a very important factor for meat-processing factories, as the further use of meat will depend on this.

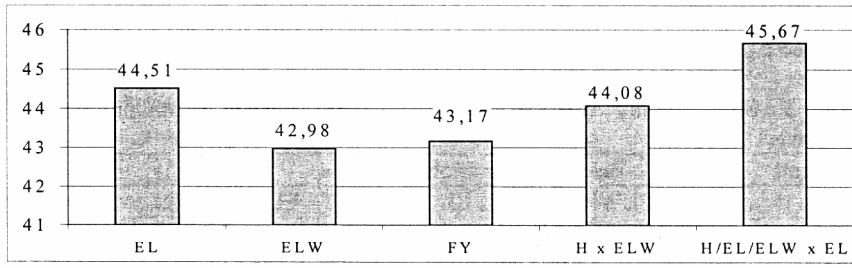


Figure 2. Cooking loss by different breeds

The highest water binding capacity was in crossbreds of H♂ x ELW♀ with 27.04 % and the lowest water binding capacity was in FY with 18.36 %.

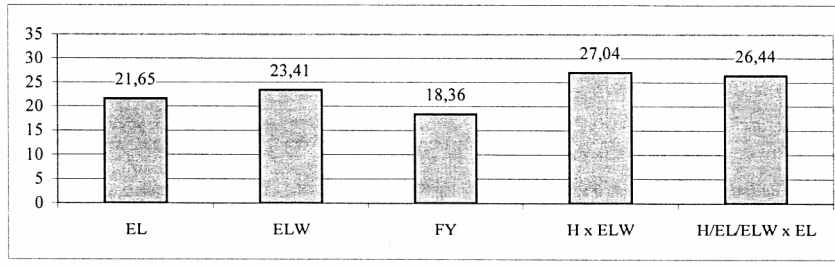


Figure 3. Water binding capacity of tested breeds

Good result in water binding capacity was also obtained in crossbreds of H/EL/ELW♂ x EL♀ with 26.44%.

Table 2. The chemical composition of meat

Trait	Breeds				
	EL	ELW	FY	H♂ x ELW♀	H/EL/ELW♂ x EL♀
n	137	38	7	7	4
Dry matter	25.60	27.69	27.10	26.65	27.41
Protein	22.73	23.22	23.27	22.58	22.99
Fat	1.59	3.22	2.51	2.80	3.15
Ash	1.28	1.25	1.32	1.27	1.28

The content of lean meat showed, that the best protein content was in meat of FY with 23.22% from dry matter. The lowest protein content was observed in meat of crossbreds H♂ x ELW♀ with – 22.58 %. The highest fat content was in

meat of purebred ELW with 3.22 % and the lowest fat content was in meat of purebred EL with 1.59 %.

Table 3. Meat quality characteristics of differed breeds combinations and purebreds

Trait	Breed combinations					F	Pr>F
	H/EL/ELW ♂ x EL ♀	H♂ x ELW ♀	EL	FY	ELW		
pH24	5.405[a]	5.491[ab]	5.567[b]	5.515[ab]	5.571[ab]	1.95	0.0051**
pH48	5.506[a]	5.770[a]	5.542[a]	5.372[a]	5.555[a]	0.68	0.8931
Water binding capacity	26.449[a]	27.042[a]	21.646[a]	18.361[a]	23.407[a]	1.42	0.0891
Cooking loss	45.669[a]	44.075[a]	44.508[a]	43.170[a]	42.983[a]	2.61	0.0001***
Dry matter	27.410[a]	26.651[ab]	25.602[b]	27.098[ab]	27.691[a]	3.75	0.0001***
Protein	22.986[a]	22.584[a]	22.730[a]	23.273[a]	23.219[a]	0.97	0.4264
Fat	3.147[ac]	2.790[abc]	1.594[b]	2.506[abc]	3.221[ac]	2.73	0.0001***
Ash	1.279[a]	1.276[a]	1.277[a]	1.319[a]	1.251[a]	1.47	0.0701

As shown in Table 3 there was no significant effect of pH on meat quality of different purebreds and crossbred, as PSE or DFD meat was not determined. There was significant difference in value of pH24 between H/EL/ELW♂ x EL♀ and EL.

No significant differences in pH48, protein content, water binding capacity, cooking loss and ash content were found. The dry matter content of meat showed that there was a significant difference between breeds of H/EL/ELW♂ x EL♀ and EL versus ELW.

The fat content of meat showed, that there is a significant difference between H/EL/ELW♂ x EL♀ and EL versus ELW.

Summary

From current research work we can conclude that with regard to meat quality (loin eye area, chemical composition of meat) the best results were obtained from crossbred H/EL/ELW♂ x EL♀. Very important was also the fact PSE or DFD meat was not found.

From the point of technological quality of meat like water binding capacity or cooking loss we have to admit that the meat from cross-breeds of H/EL/ELW x EL had highest cooking loss. The smallest cooking loss was in pure-breeds meat of ELW. Good water binding capacity was in meat of H♂ x ELW♀ crossbred and the lowest water binding capacity was in meat of FY.

Our conclusion is that for meat production is best way to use crossing of differences breeds like H/EL/ELW x EL. Pure-breeds are not effective for production of meat and can be used for production of crossbreeds.

References

EC Directive 73/EEC Annex 1 from 5th of December 1972

Essen-Gustavsson, B. 1993. Muscle-fiber characteristics in pigs and relationships to meat-quality parameters - Review. P. 140-159. In: Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors. Edit. E. Puolanne, D. I. Demeyer, M. Ruusunen, and S. Ellis. CAB International.

Grau, R., Hamm, R. Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskles. II Über die Bestimmung der Wasserbindung des Muskles. – Z. Lebensmittel – Untersuchung und Forschung. Bd. 15, S. 446...460, 1975.

HAFF No 317 E http://www.haff.com/planimeter.htm. Last visited 22.03.2001

Hamm, R. In Meat. – Butterworth, London, 1975.

Kempster, A.J., Evans, D.G. 1979. A comparison of different predictors of the lean content of pig carcasses. 1. Predictors for use in commercial classification and grading. Anim. Prod. 28, 87...96.

Parring, A-M., Vähi, M., Käärik, E. 1997. Statistilise andmetöötluse algõpetus. TÜ Matemaatilise statistika instituut. TÜ Kirjastus. pg. 183...254.

Rei, M. 1994. Lihatehnoloogia teaduslikud alused lk 92...94; 118...127.

SAS. 1991. SAS User's guide: Statistics. SAS Inst. Inc., GARY, NC. 305 pp.

Skarman, S. 1965. Crossbreeding Experiment with Swine. Lantbrukshögskolans Annaler. Vol. 31, 3...92.

Swatland, H. J. 1993. Growth physiology and post-mortem metabolism in porcine muscle. P. 115-139. In: Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors. Edit. E. Puolanne, D. I. Demeyer, M. Ruusunen, and S. Ellis. CAB International.

Tecator Application Note AN 23/80; Rapid determination of crude fat in feedstuffs by using the Soxtec System

Tecator Application Note AN 30/81

Tänavots, A., Somelar, E., Saveli, O., Eilart, K., Põldvere, A., Kaart, T. Puhtatõuliste ja ristandsigade lihaomaduste prognoosimine ultraheli aparaatidega. Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised 12. 13.-14. aprill 2000

Volovinskaja, Kelman, 1961 Методические рекомендации по изучению мясной продуктивности, оценке качества туш и мяса. - Москва, 1986.

Whittemore, C. 1996. The Science and Practice of Pig Production. Longman Scientific & Technical. p. 5...82.

Errata: reads – H/EL/ELW♂ x EL♀; should read – H♂ x ELW/EL♀

III. FACTORS AFFECTING MEAT TRAITS AND FERTILITY OF PIGS IN ESTONIA

FACTORS AFFECTING MEAT TRAITS AND FERTILITY OF PIGS IN ESTONIA

A. Tänavots, T. Kaart, O. Saveli. Institute of Animal Science, Estonian Agricultural University, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia

Summary

Local pig breeds have had high fertility during the times. Recently, however, attention has been paid to improve meatiness traits. The aim of this study was to evaluate effect of different factors on meat traits and fertility. Database was collected from 38 farms during 1998...2001. Backfat thickness and loin eye depth were measured in 26,514 pigs with ultrasonic equipment Piglog-105. The following pig breed combinations were under observation: purebred – Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Hampshire (H), Pietrain (P) and crossbreds – EL♂xELW♀, ELW♂xEL♀, P♂xH♀. The following factors were included in general linear model: breed, sex, advisor, season, year, parity, farm. Purebred P and crossbred P♂xH♀ pigs had significantly higher lean meat percentage (62.59% and 61.69%), compared with other breeds. Purebred H meat traits were almost at the same level as in local breeds. From local breeds EL breed with lean meat percentage 59.93% was considered better. High lean meat percentage (60.74%) was observed in ELW♂xEL♀. ELW breed had high fertility (11.27), which did not increase by crossing with EL♂. P breed had high mortality (1.65) from birth till weaning. Meat traits have not been improved during last years, except loin eye depth. High fertility was in parities 6...8 and lower in 1st. To improve meat traits, P and EL breeds should be used, whereas high mortality rate of P breed must be considered.

Introduction

During the times local pig breeds have had high fertility as a result of selection of breeding animals by fertility. Recently, however, more attention has been paid to improve meatiness traits. Advisors actively estimate live pigs meat traits with ultrasonic equipment Piglog-105 in Estonia and more attention has been paid also to improve slaughter pigs' meat quality by crossbreeding. The aim of this study was to evaluate effect of different factors on meat traits and fertility.

Material and Methods

Dataset was completed in Estonian Animal Recording Centre from pigs database, which was collected from 38 farms during 1998...2001 in Estonia. Six advisors from Estonian Pig Breeding Association measured 26,514 pigs' backfat and diameter of loin eye with ultrasonic equipment Piglog-105. The following traits were recorded: backfat thickness at last (x1) and 11...12th (x3) rib, 7 cm

from midline (mm), and diameter of loin eye (x2), 7 cm from midline (mm) (PÕMm RTL, 1998). Lean meat percentage (y) was calculated using the formula (Piglog 105, 1991). Pigs were tested at 65...150 kg live weight, whereas by using regression relationships between the traits being studied and testing weight, the value of traits investigated was corrected to 100 kg testing weight in all animals.

The following pig breed combinations were under observation: purebred – Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Hampshire (H), Pietrain (P) and crossbreds – EL♂xELW♀, ELW♂xEL♀, P♂xH♀. The following factors were included in general linear model: breed, sex, advisor, season, year, parity, farm. The testing year was divided into four parts: spring - March, April, May; summer - June, July, August, fall - September, October, November and winter - December, January, February.

General Linear Model (GLM) was used to analyse dataset by SAS software (SAS Inst. Inc., 1991).

$$\mathbf{Y_{ijklmno}=\mu+T_i+M_j+K_k+S_e+A_m+P_n+F_o+e_{ijkl},}$$

Y= dependent variable;
μ = general mean;
T_i = breed (n=1...7);
M_j = sex (n=1...2);
K_k = advisor (n=1...6);
S_e = season (n=1...4);
A_m = year (n=1...4);
P_n = parity (n=1...13);
F_o = farm (n=1...4);
e_{ijkl} = random residual effect

The results are given as least-square means (Parring et al., 1997). Level of significances expressed conventionally: a, b, c – least square, within each effect with one letter in common do not differ significantly.

Results and Discussion

Hampshire and Pietrain are well known for their excellent meatiness traits, but also for their low fertility. Table 1 shows that purebred Pietrain and crossbred P♂xH♀ pigs had thinner backfat, larger diameter of loin eye and higher lean meat percentage, compared to other combinations. On the other hand, Hampshire, meat traits were almost on the same level as those of local breeds. Estonian Large White had a little higher backfat and significantly lower diameter of loin eye (48.35 mm); therefore, lean meat percentage was also significantly lower (59.42%), compared with Estonian Landrace (59.93%). Klimiene *et al.* (2000) found lean meat percentage between 49.20...51.68 in Lithuanian White in 1996...1998. Crossbreeding between local breeds resulted in slightly lower backfat and significantly higher diameter of loin eye than purebreds.

Significantly higher fertility was found in purebred Estonian Large White pigs and their crosses with Estonian Landrace boar, but on the other hand high fertility caused also high mortality from birth till weaning.

Table 1. Meat traits and fertility traits of pig breed combinations

Traits	EP	ESV	H	P	EPxESV	ESVxEP	PxH
n	8910	14303	185	87	2040	966	23
x1 (mm)	13.83[a]	13.92[a]	14.18[a]	11.29[b]	13.38	12.90	11.41[b]
x2 (mm)	49.69[a]	48.35	50.40[ab]	53.55[c]	50.26[b]	50.22[b]	51.82[bc]
x3 (mm)	13.70[a]	14.18[b]	13.88[ab]	11.15	13.64[a]	12.83[c]	12.37[c]
y (%)	59.93[a]	59.42	59.80[a]	62.59[b]	60.13	60.74	61.69[b]
No. of piglets at birth	10.25[a]	11.27[b]	9.00[c]	9.83[ad]	11.28[b]	10.24[a]	9.02[cd]
No. of piglets at weaning	9.99[a]	10.35[b]	8.60[c]	8.18[c]	10.38[b]	10.05[a]	8.73[c]
Difference	0.26	0.92	0.4	1.65	0.90	0.19	0.29

In 1997 the author found (Tänavots, 1997) heterosis effect on fertility in crossing, but in this study, fertility of the purebred pigs was about same level as their crosses. Hampshire and its cross with Pietrain had low fertility, compared with other breeds. Purebred Pietrain had very high mortality from birth till weaning (1.65 piglets).

Difference between sexes showed significantly lower backfat and higher lean meat percentage in male pigs (Table 2).

Table 2. Sex influence on meat traits

Traits	Female	Male
n	20462	6052
x1 (mm)	13.69	12.29
x2 (mm)	50.65[a]	50.58[a]
x3 (mm)	13.67	12.54
y (%)	60.11	61.12

Testing season showed significantly lower lean meat percentage (60.50%) in autumn and higher (60.74%) in spring (Table 3).

Table 3. Meat traits depending on testing season

Traits	Winter	Spring	Summer	Fall
n=	6933	4800	6071	8710
x1 (mm)	12.93[a]	12.90[a]	13.11	13.02
x2 (mm)	50.30	50.62[a]	50.99	50.55[a]
x3 (mm)	13.12[a]	12.94	13.11[a]	13.26
y (%)	60.59[a]	60.74	60.62[a]	60.50

Thus, better periods for fattening are autumn and winter and the worst are spring and summer.

During the years, backfat thickness was not considerably changed (Figure 1).

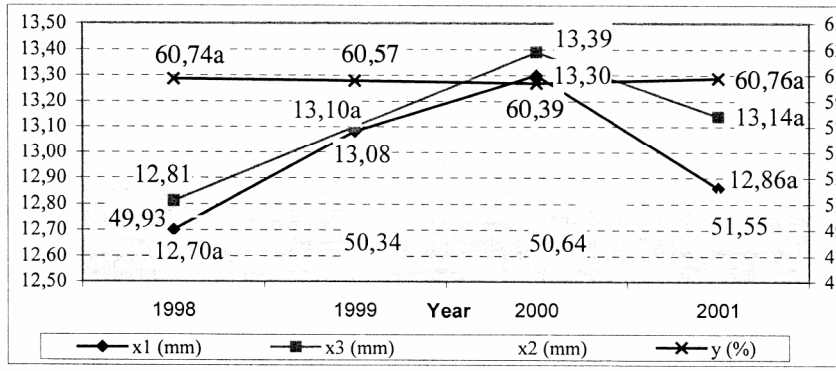


Figure 1. Trend of meat traits in 1998...2001

Trend for backfat thickness was increasing from 1998 to 2000, and decreased at the beginning of this year, whereas difference between two measuring points is higher than in other years. Diameter of loin eye was increasing during the years, from 49.93 mm in 1998 to 51.55 mm in 2001, but lean meat percentage is today on the same level as in 1998.

Significantly lower fertility was in first parity, which increased till parities 6...8 and decreased in parities 9...13 to the same level as in parities 2...5 (Figure 2)

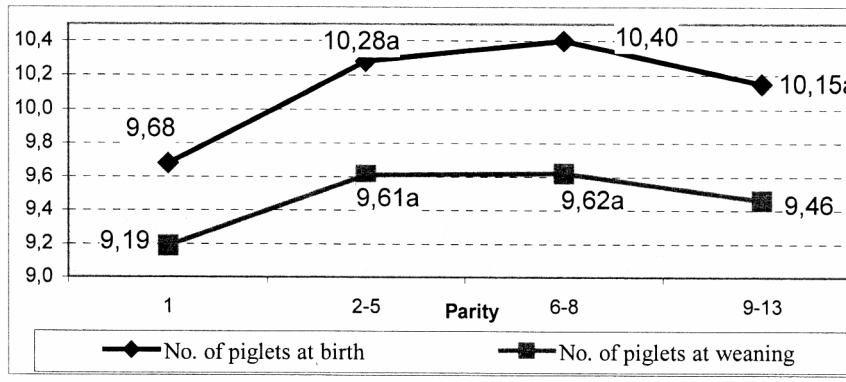


Figure 2. Fertility according to different parities

High fertility is related to high fertility, being in 6...8 parities 0.78 piglets and lower in 1st parity (0.49 piglets).

Finally, it should be noted, that the best local breed to produce fattening pigs was Estonian Landrace. Crossing between local breeds improved meat traits slightly, but fertility was on the same level as in purebreds. From imported breeds, Pietrain breed should be preferred to improve meatiness traits because its meat traits were better than in Hampshire breed. Estonian Large White from local breeds and Pietrain from imported breeds had higher fertility, but it should be taken into consideration, that Estonian Large White had high mortality and that of Pietrain was extremely high. Therefore, to select these breeds, farmers should have good conditions to rear piglets. Farmers should also consider, that litter size will increase till 8th parity, after which it will decrease.

References

Klimiene, A., Klimas, R. 2000. Phenotypic evaluation of pig leanness. Book of Abstracts of the 51st Annual Meeting of the EAAP. The Hague, The Netherlands, 21-24 August. p. 323

Parring, A-M., Vähi, M., Käärik, E. 1997. Statistilise andmetöötluse algõpetus. TÜ Mat. stat. inst. TÜ Kirjastus. p. 183...254.

Piglog 105. 1991. Piglog 105 User's Guide. Soborg, Denmark: SFK - Technology, 14 pp

PÕMm RTL. 1998. Põllumajandusministri 15. veebruari 1996. a määruse nr 5 «Tõuaretuseeskirjade kinnitamine» ja 8. märtsi 1996. a määruse nr 8 «Tõuaretusühingule tegevusloa andmise eeskirja kinnitamine» muutmine, 321-324, 1327

SAS. 1991. SAS User's guide: Statistics. SAS Inst. Inc., GARY, NC. 305 pp.

Tänavots, A. 1997. Suurt valget tõugu emiste viljakus ja piimakus. Magistritöö. Tartu 90 lk.

IV. HERITABILITY AND CORRELATION OF MEAT AND FERTILITY TRAITS IN PIGS IN ESTONIA

HERITABILITY AND CORRELATION OF MEAT AND FERTILITY TRAITS IN PIGS IN ESTONIA

Alo Tänavots, Tanel Kaart* & Olev Saveli
Institute of Animal Science, Estonian Agricultural University, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia
E-mail: alo@eau.ee

Abstract. In Estonian pig breeding the importance of fertility traits has decreased during the years, whereas meat traits have become higher. To get better meat quality and maintain good fertility of Estonian pigs, breeders should take heritability and relationships between the traits into account. Therefore, it is of utmost importance to study heritability of the traits considered in selection. Data of 6601 sows and 1015 boars with 10 411 litters, obtained from database of Animal Recording Centre from 1999 to 2001, was used to analyze heritability of litter size and meat traits. The following breed combinations were investigated: Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Hampshire (H), Piatrain (Pi), EL♂xELW♀, ELW♂xEL♀ and Pi♂xH♀. Meat traits were measured by ultrasonic equipment Piglog 105. Average heritability of backfat and lean meat percentage was high, being h^2=0.68 and h^2=0.66 respectively, on the other hand, the heritability of loin eye diameter was lower (h^2=0.30). Among breeds heritability differed largely. Heritability of lean meat percentage was higher in EL and Pi breeds (h^2=0.73 and h^2=0.62), which are both well known for their good meat quality. Lower heritability of lean meat percentage was found in ELxELW and ELWxEL crossbred breeds (h^2=0.49 and h^2=0.54). Average heritability of litter size at birth was h^2=0.08, being lower in ELxELW (h^2=0) and EL (h^2=0.03), higher in ELW (h^2=0.09) and ELWxEL (h^2=0.12). These results show highly significant effect of a boar a litter size and of a sow on meat traits. Correlations between meat traits and fertility were generally low.

Keywords: pigmeat, fertility, ultrasonic, heritabilities, correlations, breed differences.

ESTIJOS KIAULIŲ MĖSINGUMO IR VISLUMO POŽYMIŲ KORELIACIJA BEI PAVELDIMUMAS

Santrauka. Pastaraisiais metais, veisiant kiaules Estijoje, mažiau kreipiama dėmesio į vislumo požymius. Vis svarbesnis tampa mėsingumas. Norint gauti geresnės kokybės mėsą ir išlaikyti gerą Estijos kiaulių vislumą, veisėjai turėtų atsižvelgti į naudingų požymių ir paveldimumo tarpusavio ryšį. Todėl, vykdant selekciją, labai svarbu įvertinti su selekcija susijusių požymių paveldimumą. 6601 kiaulės ir 1015 kuilių su 10 411 vadų duomenys, gauti iš Gyvulių registravimo centro duomenų bazės 1999–2001 m. laikotarpiu, buvo panaudoti vados dydžio ir mėsos savybių paveldimumo analizei. Tirti tokie veislių deriniai: Estijos landrasų, (EL), Estijos didžiųjų baltųjų (ELW), Hempšyrų (H), Pjetrenų (Pi), EL♂xELW♀, ELW♂xEL♀ and Pi♂xH♀. Mėsos savybės tirtos ultragarso aparatūra *Piglog* 105. Paaiškėjo, kad vidutinis nugaros lašinių ir liesos mėsos paveldimumas yra didelis – atitinkamai h^2=0,68 ir h^2=0,66, o nugarinės skersmens paveldimumas – mažesnis (h^2=0,30). Atskirų veislių paveldimumo požymiai labai skyrėsi. Liesos mėsos paveldimumas didesnis EL ir Pi veislių (h^2=0,73 ir h^2=0,62), kurios pasižymi gera mėsos kokybe. Mažesnis liesos mėsos paveldimumas nustatytas ELxELW ir ELWxEL sukryžmintų veislių (h^2=0,49 ir h^2=0,54). Vidutinis vados dydžio paveldimumas paršiavimosi metu buvo h^2=0,08: ELxELW ir EL – mažesnis (h^2=0 ir h^2=0,03), ELW ir ELWxEL – didesnis (h^2=0,09 ir h^2=0,12). Šie rezultatai rodo, kad kuilių įtaka svarbi vados dydžiui, o kiaulių – mėsos požymiams. Mėsingumo ir vislumo požymių koreliacija buvo maža.

Raktažodžiai: kiauliena, vislumas, ultragarsas, paveldimumas, koreliacija, tarpveisliniai skirtumai.

Introduction. The importance of fertility traits has decreased during the years, whereas meat traits have become higher in Estonian pig breeding. Local pig breeds have had high fertility as a result of selection of breeding animals by fertility. Advisors have actively estimated live pigs' meat traits with ultrasonic equipment Piglog-105 in Estonia and more attention has been also paid to improve slaughter pigs' meat quality by crossbreeding. Therefore, great success has been achieved during last years (Tänavots, 1998; Tänavots *et al.*, 2001). To get better meat quality and maintain good fertility of Estonian pigs, breeders should take heritability and relationships between the traits into account. Therefore, it is of utmost importance to study heritability of the traits considered in selection.

Material and Methods. Analysed data comprised 6601 sows and 1015 boars with 10 411 litters from 39 farms throughout Estonia (obtained from database of Animal Recording Centre from 1999 to 2001). Completed dataset included breed, farm, parity, insemination method, season from and year of birth, litter size at birth and at weaning, which was collected by PC program DB-Planer. Meat traits were measured by ultrasonic equipment Piglog 105. Recorded meat traits were: backfat thickness at last (x1) and 11...12th (x3) rib, 7 cm from midline (mm), and diameter of loin eye (x2), 7 cm from midline (mm) (PÕMm RTL, 1998). Lean meat percentage (y) was calculated using the formula (Piglog 105, 1991).

The following breed (litter) combinations were investigated: Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Hampshire (H), Piatrain (Pi), EL♂xELW♀, ELW♂xEL♀ and Pi♂xH♀. The testing

year was divided into four parts: spring - March, April, May; summer - June, July, August, fall - September, October, November and winter - December, January, February.

Heritability coefficients were estimated by sire model, where boar (n=1...1015), birth season (n=1...4), farm (n=1...38), birth year (n=1...3), insemination method (n=1...2), breed (n=1...7) were taken into account (SAS Inst. Inc., 1991).

The results are given as least-square means (Parring *et al.*, 1997). Level of significances is expressed conventionally: *** - P<0.001, ** - P<0.01, * - P<0.05, # - P<0.1.

Results and Discussion. Average heritability of backfat and lean meat percentage was high, being h^2=0.68 and h^2=0.66 respectively (Table 1), on the other hand the heritability of loin eye diameter was lower (h^2=0.30).

Table 1. **Heritability of meat traits**

Breed	n	Backfat	Diameter of loin eye	Average lean meat %
EL	3428	0.77	0.20	0.73
ELW	4654	0.60	0.34	0.59
H	37	NE	NE	NE
Pi	69	0.69	0.16	0.62
EL♂xELW♀	1515	0.55	0.19	0.49
ELW♂xEL♀	682	0.79	0.28	0.54
Pi♂xH♀	26	NE	NE	NE
Average	10 411	0.68	0.30	0.66

NE – not estimated

Backfat thickness was better inherited in purebred EL (h^2=0.77) and crossbred ELWxEL (h^2=0.79) breeds. Average backfat heritability was exceeded also by Pi (h^2=0.69). Contemporary, low heritability of backfat thickness (h^2=0.36) in Large White pigs was found by Johnson, *et. al.*, 2000. Diameter of loin eye had low heritability, being the highest (h^2=0.34) in ELW pigs. Among breeds heritability of meat traits differed largely. The highest heritability of lean meat percentage was observed in EL and Pi breeds (h^2=0.73 and h^2=0.62), which are both well known for their good meat quality. Lower heritability of lean meat percentage was found in ELxELW and ELWxEL crossbred breeds (h^2=0.49 and h^2=0.54).

Average heritability of litter size at birth was h^2=0.08, being lower in ELxELW (h^2=0) and EL (h^2=0.03), higher in ELW (h^2=0.09) and ELWxEL (h^2=0.12) (Table 2).

Heritability of litter size differed largely among breeds, being h^2=0...0.12 at birth and h^2=0.03...0.27 at weaning. Thorough studies have found heritability for litter size about h^2=0.11 (Hill & Webb, 1982; Johansson, 1981; Haley *et al.*, 1988; Lamberson *et al.*, 1991) (Table 3).

Table 2. **Heritability of fertility traits**

Breed	n	Litter size at birth	Litter size at weaning
EL	3428	0.03	0.13
ELW	4654	0.09	0.13
H	37	NE	NE
Pi	69	NE	NE
EL♂xELW♀	1515	0	0.03
ELW♂xEL♀	682	0.12	0.27
Pi♂xH♀	26	NE	NE
Average	10 411	0.08	0.14

NE – not estimated

Table 3. **Overview of heritability of litter size**

Author	Litter size		
	born alive	at the age of 3 weeks	at the age of 8 weeks
Urban *et al.* (1966)	0.08	-	0,13
Legault (1970)	0.07[1] 0.11[2]	0.01 0.09	- -
Strang ja King (1970)			
Large White	0.07[2]	0.07	0.09
Strang ja Smith (1979)			
Large White	0.04[1]	0.03	0.05
Landrace	0.09[2]	0.10	0.06
	0.07[1]	-0.02	0.00
Johansson (1981)			
1. litter	0.18[1]	0.16	-
2. litter	0.15[1]	0.15	-
Hill and Webb (1982)	0.12	-	-
Haley *et al.* (1988)	0.09	-	-
Lamberson *et al.* (1991)	0.07	-	-
Rydhmer(1993)	0.13	-	-

[1] – half sibs analysis
[2] - daughter - mother analysis

These results show highly significant effect of a boar on litter size and of a sow on meat traits.

Table 4. **Correlations between meat and fertility traits (above breed's average & below Estonian Landrace)**

Traits	Backfat thickness	Diameter of loin eye	Lean meat %	Litter size at birth	Litter size at weaning
Backfat thickness		-0.176***	-0.943***	-0.002	-0.029
Diameter of loin eye	-0.217***		0.477***	0.017**	0.018**
Lean meat %	-0.932***	0.537***		0.005	0.030***
Litter size at birth	-0.029**	0.032**	0.035***		0.696***
Litter size at weaning	-0.021	0.018**	0.030***	0.696***	

Table 5. **Correlations between meat and fertility traits (above Estonian Large White & below Hampshire)**

Traits	Backfat thickness	Diameter of loin eye	Lean meat %	Litter size at birth	Litter size at weaning
Backfat thickness		-0.200***	-0.953***	-0.019*	-0.084***
Diameter of loin eye	0.117		0.474***	0.011	0.036***
Lean meat %	-0.931***	0.236**		0.017*	0.084***
Litter size at birth	-0.068	-0.106	0.003		0.696***
Litter size at weaning	-0.021	-0.062	-0.028	0.823***	

Table 6. **Correlations between meat and fertility traits (above Pietrain & below ELxELW)**

Traits	Backfat thickness	Diameter of loin eye	Lean meat %	Litter size at birth	Litter size at weaning
Backfat thickness		-0.180**	-0.912***	0.084	0.023
Diameter of loin eye	-0.034*		0.545***	-0.075	0.055
Lean meat %	-0.946***	0.338***		-0.092	0.006
Litter size at birth	0.018	-0.024	-0.026#		0.678***
Litter size at weaning	0.023	-0.031*	-0.033*	0.536***	

Table 7. **Correlations between meat and fertility traits (above ELWxEL & below PxH)**

Traits	Backfat thickness	Diameter of loin eye	Lean meat %	Litter size at birth	Litter size at weaning
Backfat thickness		-0.100***	-0.907***	-0.011	-0.023
Diameter of loin eye	-0.009		0.488***	0.027	0.069**
Lean meat %	-0.887***	0.440***		0.017	0.048
Litter size at birth	-0.101	-0.077	0.088		0.511***
Litter size at weaning	-0.068	0.048	0.119	0.712***	

Correlations between meat traits and fertility were generally low. High and significant correlation was found between backfat thickness and lean meat percentage (r=-0.943; P<0.001); lean meat percentage and diameter of loin eye (r=0.477; P<0.001); litter size at birth and at weaning (r=0.696; P<0.001). There were only slight differences among breeds.

To select pigs for breeding, more attention should be given to meat traits in ELW pigs and to fertility traits in EL pigs, as heritability of these traits is lower. To improve slaughter pigs' meat quality, it is important to take into account meat traits of EL sows. To improve fertility, information about litter size of ELW boars should be considered.

References

1. Haley C.S., Avalos E., Smith C. Selection for litter size in the pig. Animal Breeding Abstracts. 1988. 56, 318 - 332.
2. Hill W.G., Webb A.J. In control of pig reproduction.In Cole, D.J.A.(ed), Foxcroft. London: Butterworths.1982. pp. 541 – 564.
3. Johansson K. Some notes concerning the genetic possibilities of improving sow fertility. Livestock Production Science. 1981. 8, 431 - 447.
4. Johnson Z., Chewning J.; Nugent R. III, Johnson ZB (ed.), Kellogg D.W. 2000. Genetic parameters for production traits and measures of residual feed intake in Large White swine. Arkansas Animal Science Department report 1999: Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station. 2000. No. 470, pp. 41...46, 4 ref.
5. Lamberson, W.R., Johnson, R.K., Zimmerman, D.R., Long, T.E. 1991. Direct responses to selection for increased litter size, decreased age at puberty, or random selection following selection for ovulation rate in swine. Animal Science, 69, 3129…3143.
6. Legault, C., 1970. A statistical and genetical study of the litter performance of Large White sows. Direct effect of the boar, heritability, repeatability, correlation. Ann. Génét. Sél. Anim. 2:209…227.
7. Parring, A-M., Vähi, M., Käärik, E. 1997. Statistilise andmetöötluse algõpetus. TÜ Mat. stat. inst. TÜ Kirjastus. p. 183...254.
8. Piglog 105. 1991. Piglog 105 User's Guide. Soborg, Denmark: SFK - Technology, 14 pp
9. PÕMm RTL. 1998. Põllumajandusministri 15. veebruari 1996. a määruse nr 5 «Tõuaretuseeskirjade kinnitamine» ja 8. märtsi 1996. a määruse nr 8 «Tõuaretusühingule tegevusloa andmise eeskirja kinnitamine» muutmine, 321-324, 1327
10. Rydhmer, L. 1993. Pig reproductive genetics and correlations between reproduction and production traits. Swedish University of Agricultural Sciences, Dep. of Animal Breeding and Genetics, Dep. of Obstetrics and Gynaecology. Uppsala. Publication No. 106. Dissertation.
11. SAS. 1991. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., GARY, NC. 305 pp.
12. Strang, G.S., King, J.W.B. 1970. Litter productivity in Large White pigs. 2. Heritability and repeatability estimates. Animal Production. 12, 235...243.
13. Strang, G.S., Smith, C. 1979. A note on the heritability of litter traits in pigs. Animal Production. 28:403…406.
14. Tänavots, A., Saveli O., Kaart T. 2001. Factors Affecting Meat Traits and Fertility of Pigs in Estonia. Book of Abstracts of the 52nd Annual Meeting of the EAAP, Budapest, Hungary, 26 -29 August p. 300.
15. Tänavots, A. 1998. Crossbreeding influence on fertility traits of Estonian Large White sows. 4th Baltic Animal Breeding Conference, Tartu. pp. 120...123.
16. Urban, W.R., Jr., Shelby, C.E., Chapman, A.B., Whatley, J.A., Garwood, V.A. 1966. Genetic and environmental aspects of litter size in swine. Animal Sciences. 25:1148…1153.

Acknowledgment: Estonian Science Foundation grant no. 0171417s99, Animal Recording Centre

2002 09 11

V. ARTIFICIAL INSEMINATION IN PIG BREEDING IN ESTONIA

ARTIFICIAL INSEMINATION IN PIG BREEDING IN ESTONIA

Alo Tänavots, Tanel Kaart* & Olev Saveli
Institute of Animal Science, Estonian Agricultural University, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia
E-mail: alo@eau.ee

Abstract. The role of a male breeding animal is highly significant in livestock breeding, particularly in pig production due to a very rapid turnover rate of pigs. Application of artificial insemination (AI) is increasing from year to year: in 1997 6 % of the total number of pigs were inseminated artificially, whereas in 2001 the percentage was high (46.5 %). Data of 6601 sows and 1015 boars with 10 411 litters, obtained from database of Animal Recording Centre from 1999 to 2001, was used to analyze heritability of litter size and effect of mating method on fertility traits. The following breed combinations were investigated: Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Hampshire (H), Piatrain (Pi), EL♂xELW♀, ELW♂xEL♀ and Pi♂xH♀. 9.80 piglets per litter were born by using AI, which was significantly lower (-0.44) than in case of natural mating. Significantly smaller litter size was observed in purebred EL (-0.39) and ELW (-0.62) breeds by using AI (P<0.001). H and Pi♂xH♀ combinations had larger litters at birth when AI was used. Natural mating showed superiority over parities, giving significantly larger litters from 1st to 6th parities. A rapid increase in application of AI shows that farmers have calculated advantages of AI and found that even in case of a smaller litter size, they do not lose their profit, as they can use better genetic material.
Keywords: artificial insemination, natural mating, litter size, breeds, parities.

DIRBTINIO KIAULIŲ APVAISINIMO TAIKYMAS ESTIJOS VEISLININKYSTĖS ŪKIUOSE

Santrauka. Gyvulininkystėje, ypač kiaulininkystėje, kur kiaulių produkcijos apyvarta itin didelė, labai svarbūs yra patinai. Kasmet vis dažniau taikomas dirbtinis apvaisinimas (DA): 1976 m. 6 % visų kiaulių buvo dirbtinai apsėklintos, o 2001 m – kur kas daugiau (46,5 %). 6601 kiaulės ir 1015 kuilių su 10 411 vadomis duomenys, gauti iš Gyvulių registravimo centro duomenų bazės 1999–2001 m. laikotarpiu, buvo panaudoti vados dydžio paveldimumo bei kergimo metodų poveikio vislumo savybėms analizei. Tirti tokie veislių deriniai: Estijos landrasų (EL), Estijos didžiųjų baltųjų (ELW), Hempšyrų (H), Pjetrenų (Pi), EL♂xELW♀, ELW♂xEL♀ and Pi♂xH♀. Dirbtinai apvaisintų kiaulių vadose buvo po 9,8 paršelio, t.y. gerokai (-0,44) mažiau negu natūraliai sukergtų kiaulių vadose. Gerokai mažesnės buvo ir grynaveislių EL (-0,39) bei ELW (-0,62) veislių dirbtinai apvaisintų kiaulių vados (p<0,001).

H ir Pi♂xH♀ derinių natūraliai sukergtų kiaulių vados buvo didesnės. Vertinant apsiparšiavimų skaičių, natūralus kergimas buvo pranašesnis it nuo 1 iki 6 apsiparšiavimo davė žymiai didesnį vados skaičių. Dirbtinio apvaisinimo rezultatai rodo, kad ūkininkai įvertino jo privalumus ir suprato, kad dėl mažesnių vadų jie nepraranda pelno, nes gali pasinaudoti geresne genetine medžiaga.
Raktažodžiai: dirbtinis apvaisinimas, natūralus kergimas, vados dydis, veislės, paršiavimasis.

Introduction. The role of a male breeding animal is highly significant in livestock breeding, particularly in pig production due to very rapid turnover rate of pigs. Application of artificial insemination (AI) is increasing from year to year in Estonia: in 1997 6% of the total number of pigs were inseminated artificially, whereas in 2001 the percentage was higher (46.5%). The pioneer of the AI introduction was Kehtna AI Station, where 3068 sows were inseminated artificially in 1981. Today, there are four AI stations in Estonia, whereas the largest, Tartu AI station, produced about 26 000 sperm doses last year. Currently, there are 40 boars in the Tartu AI Station (16 Estonian Large White, 11 Estonian Landrace, 9 Pietrain and 4 Pietrain x Hampshire crossbred boars). Average breeding value of the boars is 120 points, being higher (155 points) in Norwegian Landrace Farm 4398. Farmers could also achieve nucleus farm breeding improvement also on their own farm, by using superior boar semen. Last year some Norwegian Landrace boar semen was imported and its offspring have a good body condition. More and more Pietrain boars are used to produce slaughter pigs. Farmers have a possibility to use Pietrain x Hampshire crossbred boars also (Rätsep, 2001).

Sows' fertility depends on many various factors (Clark & Leman, 1986), and in the previous studies the authors of the present paper found the influence of breed, parity, season and year on the fertility in purebred and crossbred pigs in Estonia (Tänavots, A. 1998[a], Tänavots, A. 1998[b], Tänavots *et. al.*, 2001). Factors influencing sow fertility also include mating type. Several studies have shown significant effect of this factor (Ral *et al.*, 1978; King *et al.*, 1998), however, Flowers & Alhusen (1992) did not find any difference.

The objective of this retrospective study was to investigate heritability of litter size and the effect of mating type [natural mating (NM) vs. artificial insemination (AI)] on fertility traits.

Material and Methods. The analysed data comprised 6601 sows and 1015 boars with 10 411 litters from 39 farms throughout Estonia (obtained from database of Animal Recording Centre from 1999 to 2001). Completed dataset included breed, insemination method, farm, parity, season of birth and year of birth, which was collected by PC program DB-Planer. The following breed (litter)

combinations were investigated: Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Hampshire (H), Piatrain (Pi), EL♂xELW♀, ELW♂xEL♀ and Pi♂xH♀. The testing year was divided into four parts: spring - March, April, May; summer - June, July, August, fall - September, October, November and winter - December, January, February.

General Linear Model (GLM) was used to analyse dataset by SAS software (SAS Inst. Inc., 1991).

$$Y_{ijkemnl}=\mu+T_i+M_j+K_k+S_e+A_m+P_n+e_{ijkemnl},$$

Y= dependent variable;
K_k = boar (n=1...1015);
μ = general mean;
S_e = birth season (n=1...4);
T_i = farm (n=1...38);
A_m = birth year (n=1...3);
M_j = insemination method (n=1...2);
P_n = breed (n=1...7);
$e_{ijkemnl}$ = random residual effect

The results are given as least-square means (Parring *et al.*, 1997). Level of significances expressed conventionally: *** - P<0.001, ** - P<0.01, * - P<0.05, # - P<0.1.

Results and Discussion. The average ratio of litters obtained through NM to litters obtained through AI was about 53% NM:47% AI (Figure 1). Distribution of breed groups is shown in Table 1.

From total 10 411 litters, 9.80 piglets per litter were born by using AI, which was significantly lower (-0.44) than in case of natural mating. Similar results were obtained by Tummaruk *et. al.* (2000). In their trials NM resulted in larger litters (0.2; P<0.001), compared with AI. By using AI a significantly smaller litter size was observed in purebred EL (-0.39) and ELW (-0.62) breeds (P<0.001) and a little larger litters had H and Pi♂xH♀ combinations. As EL and ELW are the main breeds used in Estonia; they have a considerable influence on total variation. In Swedish study, larger litters had also purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire by using NM (Tummaruk *et. al.*, 2000). There is no explanation, why there are no differences in litter size between mating methods while crossing white breeds.

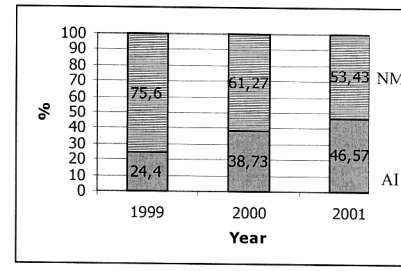


Figure 1. **Development of AI usage from 1999 to 2001**

As the effect of litter reduction caused by AI is considered not to be significant on crossbreeding, it is suggested to use AI to produce slaughter pigs to achieve gain from better genetic material collected into AI stations.

Natural mating showed superiority among parities, giving significantly larger litters from 1st to 6th parities, whereas for the higher parities no significant difference was found. Compared with Tummaruk *et. al.* (2000) study, using AI resulted in a significantly smaller litter size of 1, 2 and 3 parities.

The difference between NM and AI varied with a piglet breed and parity number.

A rapid increase in application of AI shows that farmers have calculated advantages of AI and found that even in case of smaller litter size, they do not lose their profit, as they can use better genetic material.

Table 1. **Usage of AI in percentages, distributed by breeds**

Traits	EL	ELW	H	Pi	ELxELW	ELWxEL	PixH
n	3428	4654	37	69	1515	682	26
AI	36.73	22.26	16.22	21.74	49.83	75.95	76.92
NM	63.27	77.74	83.78	78.26	50.17	24.05	23.08

Table 2. **Differences between artificial insemination (AI) and natural mating (NM) among breeds**

Traits	n	AI	NM	Difference	Significance
Total	10 411	9.80	10.25	-0.44	***
EL	3428	10.46	10.85	-0.39	***
ELW	4654	10.63	11.25	-0.62	***
H	37	10.19	9.12	1.07	n.s.
Pi	69	8.10	9.37	-1.27	n.s.
EL♂xELW♀	1515	10.52	10.64	-0.12	n.s.
ELW♂xEL♀	682	10.51	10.88	-0.38	n.s.
Pi♂xH♀	26	11.49	9.39	2.10	n.s.

Table 3. **Differences between artificial insemination (AI) and natural mating (NM) among parities**

Parities	n	AI	NM	Difference	Significance
1	1774	9.01	9.40	-0.39	*
2	1928	9.83	10.09	-0.26	#
3	1940	10.31	10.56	-0.25	#
4	1607	10.71	11.12	-0.41	**
5	1240	10.42	11.18	-0.76	***
6	795	10.58	11.04	-0.45	*
7	489	10.86	11.01	-0.15	n.s.
8	323	11.06	11.30	-0.24	n.s.
9	174	10.89	11.29	-0.40	n.s.
10...15	141	10.58	10.96	-0.38	n.s.

References

1. Clark, L. K., Leman, A.D. 1986. Factors that influence litter size in pigs. Pig News Information. 7, p. 303...310.

2. Flower, W.L. & Alhusen, H.D. 1992. Reproductive performance and estimates of labor requirements associated w ith combinations of artificial insemination and natural service in swine. Journal of Animal Science. 70, p. 615...621.

3. King, V.L., Koketsu, Y., Reeves, D., Xue, J.L. & Dial, G.D. 1998. Management factors associated with swine breeding -herd productivity in United States. Prev. Vet. Med. 35, p. 255...264.

4. Parring, A-M., Vähi, M., Käärik, E. 1997. Statistilise andmetöötluse algõpetus. TÜ Mat. stat. inst. TÜ Kirjastus. p. 183...254.

5. Rätsep, M. 2001. Kunstliku seemenduse kasutamine Eesti seafarmides kasvab järje kindlalt. Tõuloomakasvatus No. 4, p. 18...21.

6. Ral, G., Andersson, K. & Kihlberg, M. 1978. Differences in litter size arising between artificially inseminated and naturally mated pigs in everyday production. Swedish Journal of Agriculture, Res. 8, p. 21...24.

7. SAS. 1991. SAS User's guide: Statistics. SAS Inst. Inc., GARY, NC. 305 pp.

8. Tummaruk, P., Lundeheim, N., Einarsson, S., Dalin, A.M. 2000. Reproductive performance of purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire sows: II. effect of mating type, weaning -to-first-service interval and lactation length. Acta Agriculturae Scandinavica. Section A, Animal Science. 50:3, p. 217...224.

9. Tänavots, A. 1998[a]. Crossbreeding influence on fertility traits of Estonian Large White sows. 4th Baltic Animal Breeding Confer ence, Tartu. p. 120...123.

10. Tänavots, A. 1998[b]. Fertility and Lactation Yield of Large White Sows. Book of Abstracts of the 49th Annual Meeting of the EAAP. Warsaw, Poland, 24-27 August. p. 282.

11. Tänavots, A., Saveli O., Kaart, T. 2001. Factors Affecting Meat Traits and Fertility of Pigs in Estonia. Book of Abstracts of the 52nd Annual Meeting of the EAAP, Budapest, Hungary, 26 -29 August 2001. p. 300.

Acknowledgment: Estonian Science Foundation grant no. 0171417s99, Animal Recording Centre

2002 09 11

VI. FACTORS AFFECTING MEATINESS TRAITS IN GERMANY

ALFRED TOEPFER STIFTUNG F. V. S.

Justus-von-Liebig-Forschungsstipendien

8 May-7 September 2002

R E P O R T

Factors affecting meat quality in Germany

M.Sc. ALO TÄNAVOTS

Supervisors:
Dr. habil Rainer Röhe
Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Ernst Kalm

Institute of Animal Breeding and Husbandry
Christian Albrecht University, Kiel
2002

Introduction

The first research to quantify muscle and fatty tissue on live animals by ultrasonics was carried out J.J. Wild in 1950. The first results of using ultrasound in pigs were published in the late 50s (Claus, 1957; Hazel and Kline, 1959; Price et al., 1960; Stouffer et al. 1961). To meet the consumer demands for high quality products, ultrasonic technology was introduced to slaughterhouses to estimate the value of carcasses; and up to now, payment for slaughter pigs is mainly based on this. Fat-O-Meter (FOM) (SFK Technology, Denmark), replaced in larger plants by more advanced technique – AutoFom, was most common equipment in German slaughterhouses to estimate carcass value.

Material and Methods

Equipments. The Fat-O-Meter (SFK Technology, Denmark) is a hand-held optical probe, which measures difference in light reflectance of fat and lean tissue. The probe is inserted between the 3rd and 4th last rib into the hot carcass, which moves on the rail. Light is emitted from the probe and the reflectance of this light is measured at every .5 mm as the probe moves through the backfat and loin muscle. According to these measurements, lean meat percentage is calculated by formula (SFK Technology[a]).

The AutoFom (SFK Technology, Denmark) is an on-line ultrasound scanner, which uses 16 individual transducers embedded into U-shape frame to make three-dimensional scanning of pig carcass after slaughtering. The equipment measures carcass at more than 3000 points and will provide information on the lean meat distribution by predicting the lean cuts in kilos from the ham, loin, shoulder and belly (SFK Technology[b]). The advantage of this technology, compared to FOM, is its ability to measure whole-body composition without a human operator.

FOM and AutoFOM dataset I description. FOM and AutoFOM data comprising 971 and 426 pig carcass test measurements, respectively, were completed in slaughterhouse. FOM dataset covered carcass data of pigs, born between 1998...2000, and AutoFOM dataset comprised carcass data of pigs born in 2001. The Pietrain breed with NN, Nn and nn genotype was entered into study. Halotane genotype of pigs has not been recorded. The pigs were slaughtered at the average age of 187 days (147...274 d), when FOM was used for testing, and at the age of 184 days (155...211 d) by testing with Autofom.

Following traits were measured by FOM equipment after slaughtering: fat thickness, depth of the loin eye and reflection. Lean meat percentage of the carcasses was found by formula. Measurements recorded by AutoFOM were: average fat thickness, belly lean meat percentage and weights of the ham, chop, shoulder, belly (valuable cuts of carcass). Additionally carcass weight, birth and slaughter date were recorded. According to these data, slaughter age and daily gain for carcasses were calculated. Daily gain of the cuts of carcasses were found to get the precise information on growth rate. Daily gain calculations were based on the weight of carcasses.

The birth year was divided into four parts: winter = December, January, February; spring = March, April, May; summer = June, July, August; and fall = September, October, November.

Statistical analyses. A least square analysis of variance using GLM of SAS (SAS, 1999) was used to evaluate carcass measurements for sources of variation. The model included the fixed effects of birth year-season, slaughter day and the random effect of weight.

$\mathbf{Y_{ijkl}=\mu+T_i+M_j+K_k+e_{ijkl}}$, where

Y= dependent variable;

μ = general mean;

T_i = birth year*season (n_{FOM}=1…12; $n_{AutoFOM}$=1…4);

M_j = slaughter day (n_{FOM} =1…23 ; $n_{AutoFOM}$=1…10);
K_k = slaughter weight;
e_{ijkl} = random residual effect

The carcass weight has a significant effect on all traits measured. To calculate least-square means for slaughter weight and carcass, ham, shoulder, chop, belly average daily gains, slaughter weight were excluded.

Pearson product-moment correlation (PROC CORR) coefficients were used to analyse relationships between carcass measurements (SAS, 1999).

Heritability coefficients were estimated by sire model, using MIXED procedure of SAS (SAS, 1999), where sires with less than 10 progenies were excluded. A total of 30 sires had 930 observations, after a correction made, in FOM dataset. 12 sires with 413 observations were used to calculate heritability for traits, measured by AutoFOM.

AutoFOM dataset II description. Data from 3257 pigs, including 1632 gilts and 1625 barrows, reared on three farms were recorded from 1999 to 2002. To produce fattening pigs, the following combinations were used: sow line Camborough 23 (PIC 3-line hybrid) with 248 sows, and boar lines PIC-408 (homozygote stress resistant Pietrain) with 9 boars and PIC-416 (two line Pietrain and one line Hampshire combination) with 36 boars. The pigs were slaughtered at the age of 203 days with an average weight of 96 kg. Carcass weight is the best factor to predict weights of the cuts and is highly influenced by management. After slaughtering the carcasses were measured by real time ultrasound equipment AutoFOM and the following traits were recorded: belly lean meat %, ham weight, chop weight, shoulder weight, belly weight, fat area, loin eye area and carcass weight. Chop, ham, shoulder are the most valuable cuts of carcass, whereas belly is less valuable. Additionally were recorded date of birth, date of slaughtering, sow, boar ID, boar's MC4R status and calculated age at slaughter, average daily gains of carcass, ham, chop, shoulder and belly. Daily gain calculations were based on the weight of carcasses.

Melanocortin-4 receptor (MC4R) is associated with backfat thickness, growth, and feed intake in different genetic lines of pigs (Kim et al., 2000). This, missense mutation, induces the pigs eat more, grow faster and grow fatter (Rothschild, 2000). Due to missing data, the number of observations was lower for fat area, loin eye area and MC4R status traits. Status of MC4R is indicated as following: 11 – homozygous for allele 1 (Asp298), 12 – heterozygous (Asp298Asn), 22 - homozygous for allele 2 (Asn298).

The birth year was divided into four parts: winter = December, January, February; spring = March, April, May; summer = June, July, August; and fall = September, October, November.

Statistical analyses. The following sources of variations were recorded: birth year-season, sex (gilts and barrows), farm (coded), line (PIC-408 and PIC-416) and MC4R status [homozygote recessive (11), heterozygote (12) and homozygote dominant (22)].

The general linear model (GLM) was used to analyse data (SAS, 1999):

$\mathbf{Y_{ijkmnop}=\mu+F_i+X_j+L+SD_m+B_n+W_o+e_{ijkmnop}}$, where

$Y_{ijkmnop}$	–	dependent variable
F_i	–	farm (n=1…3)
X_j	–	sex (n=1…2)
L_k	–	line (n=1…2)
SD_m	–	slaughter day (n=1…31)
B_n	–	birth year-season (n=1…12)
W_o	–	carcass weight
$e_{ijkmnop}$	–	random residual effect

To calculate differences between MC4R genotype meatiness traits, mixed linear model was used (SAS, 1999), where boar, sow and litter effects were included as random.

$\mathbf{Y_{ijklmnop}=\mu+F_i+X_j+PT_k+S_l+SD_m+B_n+W_o+a_{ijklmnop}+b_{ijklmnop}+c_{ijklmnop}+e_{ijklmnop}}$, where

$Y_{ijklmnop}$	–	dependent variable
F_i	–	farm (n=1…3)
X_j	–	sex (n=1…2)
PT_k	–	MC4R status (n=1…3)
S_l	–	line (n=1…2)
SD_m	–	slaughter day (n=1…31)
B_n	–	birth year-season (n=1…12)
W_o	–	carcass weight
$a_{ijklmnop}$	–	boar random effect
$b_{ijklmnop}$	–	sow random effect
$c_{ijklmnop}$	–	litter random effect
$e_{ijkmnop}$	–	random residual effect

The results are given as least-square means. To calculate least-square means for slaughter weight and carcass, ham, shoulder, chop, belly average daily gains, slaughter weight were excluded.

Pearson product-moment correlation (PROC CORR) coefficients were used to analyse relationships between carcass measurements (SAS, 1999).

Heritability coefficients were estimated by sire model, using MIXED procedure of SAS (SAS, 1999), where sires, with less than 10 progenies were excluded.

$\mathbf{Y_{ijlmnop}=\mu+F_i+X_j+S_l+SD_m+B_n+W_o+a_{ijlmnop}+b_{ijlmnop}+c_{ijlmnop}+e_{ijlmnop}}$, where

$Y_{ijklmnop}$	–	dependent variable
F_i	–	farm (n=1…3)
X_j	–	sex (n=1…2)
S_l	–	line (n=1…2)
SD_m	–	slaughter day (n=1…31)
B_n	–	birth year-season (n=1…12)
W_o	–	carcass weight

$a_{ijklmnop}$ – boar random effect
$b_{ijklmnop}$ – sow random effect
$c_{ijklmnop}$ – litter random effect
$e_{ijkmnop}$ – random residual effect

After correction a total of 36 sires with 3225 offspring were used to calculate heritability for meatiness traits measured.

Results

Means, standard deviations and ranges for carcass traits are presented in Tables 1 and 2. The average carcass weights were 92.28 kg (76.70...106.50 kg) and 93.19 kg (65.6...117.30 kg) for FOM and AutoFOM, respectively.

Table 1. Means, standard deviations and minimum and maximum FOM data values (n=971)

Traits	**Mean**	**Std. Dev.**	**Min.**	**Max.**
Carcass weight, kg	92.28	6.14	76.70	106.50
Age at slaughter, day	187	12.17	142	247
Carcass lean, %	56.75	2.48	50.00	62.80
Backfat thickness, mm	15.79	2.67	9.7	23.30
Depth of loin eye, mm	60.82	5.40	45.20	75.50
Reflection	25.65	2.97	17	33
Average daily carcass gain, g/day	495	43.04	361	731

The most valuable cuts accounted for 34.68% of carcass weight (Table 2), whereby more than half of them was ham with 18.75% from carcass weight. Large part of the carcass formed the weight of belly (15.92%).

Table 2. Means, standard deviations and minimum and maximum AutoFOM data values (n=426)

Traits	**Mean**	**Std. Dev.**	**Min.**	**Max.**
Carcass weight, kg	93.19	7.67	65.60	117.30
Age at slaughter, day	184	1.61	155	211
Backfat thickness, mm	16.19	3.15	8.60	25.90
Weight, kg				
Ham	17.47	10.66	11.58	22.98
Chop	6.75	.70	4.10	9.24
Shoulder	8.10	.70	5.80	10.26
Belly	14.84	1.41	1.54	18.90
Belly lean meat %	51.28	4.63	35.80	66.70
Daily gain, g/day				
Average carcass	508	47.46	364	626
Ham	95.38	9.91	64.33	125.30
Chop	36.87	4.08	22.78	48.92
Shoulder	44.20	4.25	32.18	55.78
Belly	81.04	8.67	55.64	105.00

FOM results of variance analysis, least-square means and standard errors of the carcass traits by birth year-season are listed in Table 3.

The highest lean meat percentages were found in all birth seasons of 1999 by FOM (Figure 1).

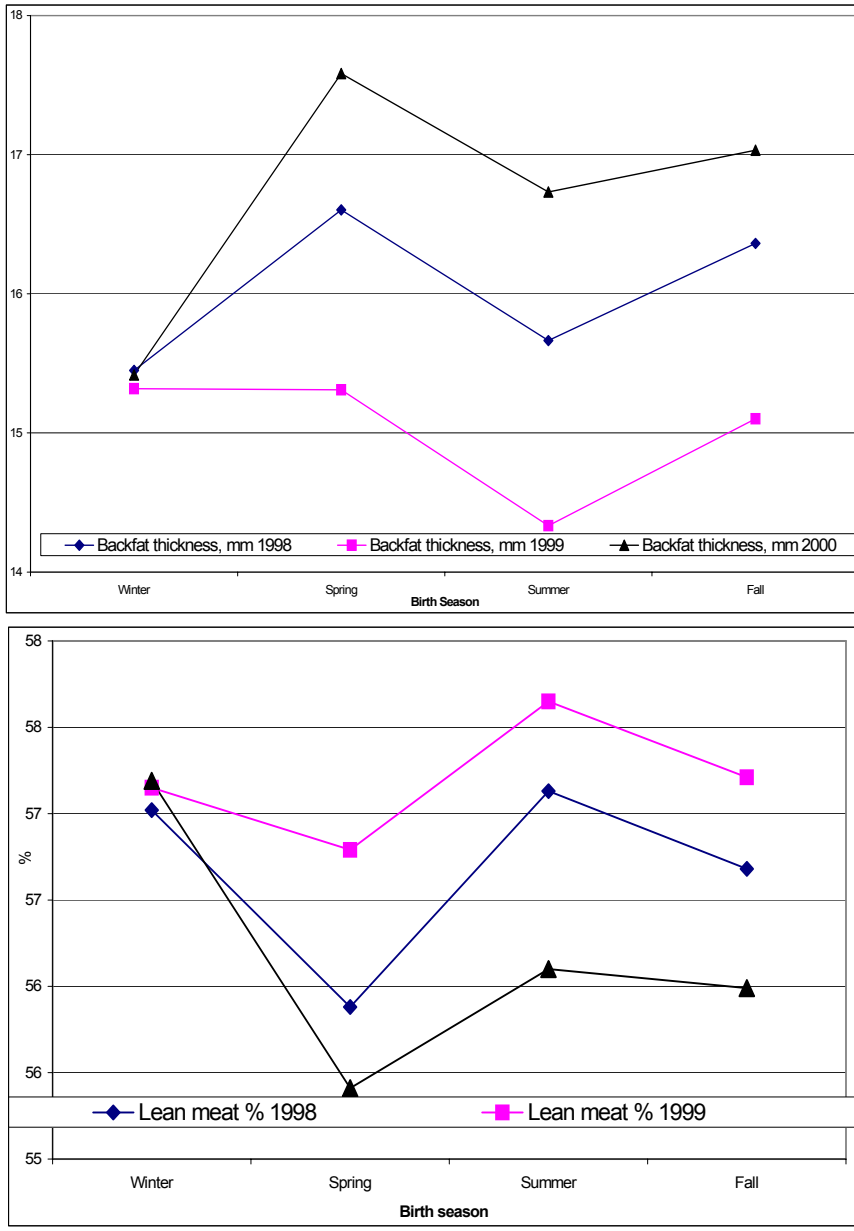


Figure 1. Year-season effect on lean meat percentage and fat thickness measured by FOM

Table 3. Year-season effect on meatiness traits measured by FOM

Traits	**Birth year/season**											
	1998				**1999**				**2000**			
	Winter	**Spring**	**Summer**	**Fall**	**Winter**	**Spring**	**Summer**	**Fall**	**Winter**	**Spring**	**Summer**	**Fall**
n	128	28	117	21	152	1205	114	90	3	109	72	12
Carcass lean, %	57.02 abc	55.88 ac	57.13 ab	56.68 abc	57.15 ab	56.79 ab	57.65 bd	57.21 bd	57.19 adc	55.41 c	56.10 adc	55.99 adc
Backfat thickness, mm	15.45 acg	16.60 abgi	15.66 acg	16.36 acdg	15.32 aeg	15.31 af	14.33 beh	15.10 cefhj	15.42 ahk	17.58 dik	16.73 gk	17.03 ajk
Depth of loin eye, mm	60.05 ae	60.33 ace	62.36 bcd	63.11 bcd	61.01 ad	58.81 e	59.74 ae	60.83 ad	61.42 ade	61.47 ad	61.56 ad	62.25 ade
Reflection	23.04 a	24.05 ac	26.73 b	25.79 be	26.88 b	25.91 de	23.88 c	23.54 ac	33.30 f	26.07 be	27.07 be	27.27 be
Age at slaughter, day	192.26 a	186.38 bd	191.15 ab	190.37 ab	187.97 ab	173.65 c	180.57 df	178.78 f	179.49 abcf	202.83 e	190.51ab	175.46 cf
Carcass weight, kg	92.15 ab	93.98 a	90.55 b	91.91 ab	90.60 ab	91.25 ab	92.44 ab	91.99 ab	89.13 ab	93.78 ab	93.61 ab	92.28 ab
Average daily carcass gain, g/day	482 af	504 bc	475 af	485 abf	481 abf	526 cd	513 cde	515 cde	502 adf	462 f	494 abe	530 cd

a, d, c, d, e, f, g, h, i, j, k – means in the same row with different superscripts differ (P<.05)

The only exeption was winter, when lean meat percentages had reached about the same level in 1998 (57.02%), 1999 (57.15%) and 2000 (57.19%). Good results in winter 2000 might have been obtained due to small number of observations during this period. Higher lean meat percentage was measured in pigs born in summer and lower in those born in spring. Lean meat percentage and fat thickness had strong negative correlation (r=-.904; P<.001), therefore differences between year-seasons were on the same level (Table 4). Thus, fatter pigs were born in spring (Figure 1). Kovalenko et al. (1989) found a comparable relation between backfat thickness and lean meat percentage (r=.60...0.90).

Table 4. Phenotypic correlations between traits measured by FOM (n=971)

Traits	Average daily carcass gain, g/day	Carcass weight, kg	Reflection	Depth of loin eye, mm	Backfat thickness, mm	Carcass lean, %
Age at slaughter, days	-.643***	.137***	.021	.049	.069*	-.037
Carcass lean, %	-.076*	-.125***	.002	.449***	-.904***	
Backfat thickness, mm	.202***	.321***	.001	-.067*		
Depth of loin eye, mm	.236***	.358***	.015			
Reflection	-.079*	-.087**				
Carcass weight, kg	.664***					

Levels of significance expressed conventionally: *** - P<.001, ** - P<.01, * - P<.05.

As fat thickness decreased in spring, summer and fall of 1999, compared with 1998, then fat thickness increased over the level on the same period of 1998. Additionally, it was found that longer fattening age resulted in lower lean meat percentage and higher fat thickness in 1998 and 1999. For birth year 2000 such kind of relationship was not observed. Weak correlation between age at slaughtering and lean meat percentage (r=-.037; n.s.) and fat thickness (r=.069; P<.05) was calculated. Depth of the loin eye showed medium relationship between lean meat percentage (r=.449; P<.001) and was negatively related with backfat thickness (r=-.067; P<.05).

Significantly lower depth of the loin eye was found in winter (60.05 mm) and spring (60.33 mm), compared with summer (62.36 mm)

and fall (63.11 mm) in 1998. In all, the lowest depth of the loin eye (58.81 mm) was found in spring 1999. On the contrary, measurements taken from pigs born in 2000 were more uniformly distributed. Reflection value was more or less on the same level in all year-season classes, except for winter 2000. This could be caused also by small number of observations during this period. This variable had a very weak and non-significant relation with other carcass traits (r=.001... .021; n.s.). Chen and Jiang (1993) noted that reflection value was a poor predictor of meat quality.

Carcass weight differed between year-season on a large scale, from 89.13 kg in birth season winter 2000 to 93.98 kg in spring 1998. From all seasons differed only fall, when pigs born during this period were slaughtered at the same weight (91.91...92.28 kg). Carcass weight had significant, but low correlation with slaughter age (r=.137; P<.001).

Age at slaughtering had lower correlation with slaughter weight (r=.137; P<.001) than expected. Slaughtering age was quite evenly distributed in 1998...1999, being a little lower in spring. On the contrary, the seasonal differences were more irregular in pigs born in 2000, when pigs were kept much longer till slaughtering in spring (203 d) and other seasons were comparable with other years. Such differences in carcass weight and age might have been caused by price changes on the market, when producers keep the pigs longer to get higher price. Although carcass weight had positive relation with depth of the loin eye (r=.321; P<.001), it was also, at the same level, positively correlated with backfat thickness (r=.358; P<.001). Therefore, pig producers should take into account, that there is low, but significant negative correlation between carcass weight and lean meat percentage (r=-.125; P<.001). However, much lower correlation can be observed between lean meat percentage and slaughtering age (r=-.037; n.s.).

As far as average carcass daily gain was calculated by using carcass weight and age at slaughtering, the largest distribution of this trait was also among pigs born in 2000.

Heritabilities. Highest heritability was found at the age of slaughtering (h^2=.62), which characterises the maturity of slaughter pigs (Table 5).

Table 5. Estimated heritabilities and standard errors of traits recorded by FOM

Traits	**h^2**	**sh^2**
n_{total} / n_{sire}	930 / 30	
Carcass lean, %	.27*	.14
Backfat thickness, mm	.22*	.13
Depth of loin eye, mm	.39*	.16
Reflection	.32*	.15
Age at slaughter, day	.62*	.30
Average daily carcass gain, g/day	.40	.36

* Carcass weight was included into model.

Medium heritability showed depth of the loin eye (h^2=.42), which gave a good possibility to swine producers to make quick changes in this trait. A little lower heritability was calculated for daily carcass gain (h^2=.39). Similar result (h^2=.34±.07) was noted by Benthin and Triebler (1986).

AutoFOM I dataset. Table 6 describes seasonal-associated differences of AutoFOM measurements in 2001. Pigs born in spring and fall were slaughtered at much older age (198 and 195 days, respectively). However, pigs born in winter and summer were slaughtered about 20 days younger (Figure 2). Slaughter age did not show close relationship with any of recorded traits (Table 7).

Table 6. Year-season effect on meatiness traits measured by AutoFOM

Traits	**2001**			
	Winter	**Spring**	**Summer**	**Fall**
n	14	47	220	145
Age at slaughter, day	172a	198b	174a	195b
Backfat thickness, mm	15.95ab	14.74b	17.23a	14.93b
Weight, kg				
Ham	17.92a	17.83a	17.23a	17.77a
Chop	7.01ab	6.96b	6.61a	6.89ab
Shoulder	8.23a	8.17a	8.01a	8.19a
Belly	14.73a	14.67a	14.97a	14.63a
Belly lean meat %	51.79ab	53.46b	50.40a	52.45ab
Carcass weight, kg	95.95a	94.26a	90.79a	95.17a
Daily gain, g/day				
Carcass	564a	477b	521ac	490bc
Ham	107.50a	91.17b	96.95b	93.03b
Chop	42.24a	35.67b	37.08b	36.18b
Shoulder	49.60a	41.74b	44.99c	42.94bc
Belly	89.38a	75.14b	83.70a	76.93b

a, d, c – means in the same row with different superscripts differ (P<.05)

Backfat thickness showed quite high variation between birth year-season combinations, being thicker (17.23 mm) in pigs born in summer. Although belly weight did not differ significantly between seasons, there was a high significant correlation between backfat depth and belly weight

(r=.644; P<.001), and more close relationship between backfat thickness and belly lean meat percentage (r=-.853; P<.001).

The carcass weight and weight of valuable cuts were quite equally distributed between birth seasons, being a little lower only in summer, except belly weight, which increased in pigs born in summer (Figure 2). A high significant correlation was found among all traits (r=.493...0.851; P<.001) and with carcass weight (r=.692...0.912; P<.001).

The gains of carcass and valuable cuts were influenced by highly varied slaughter age.

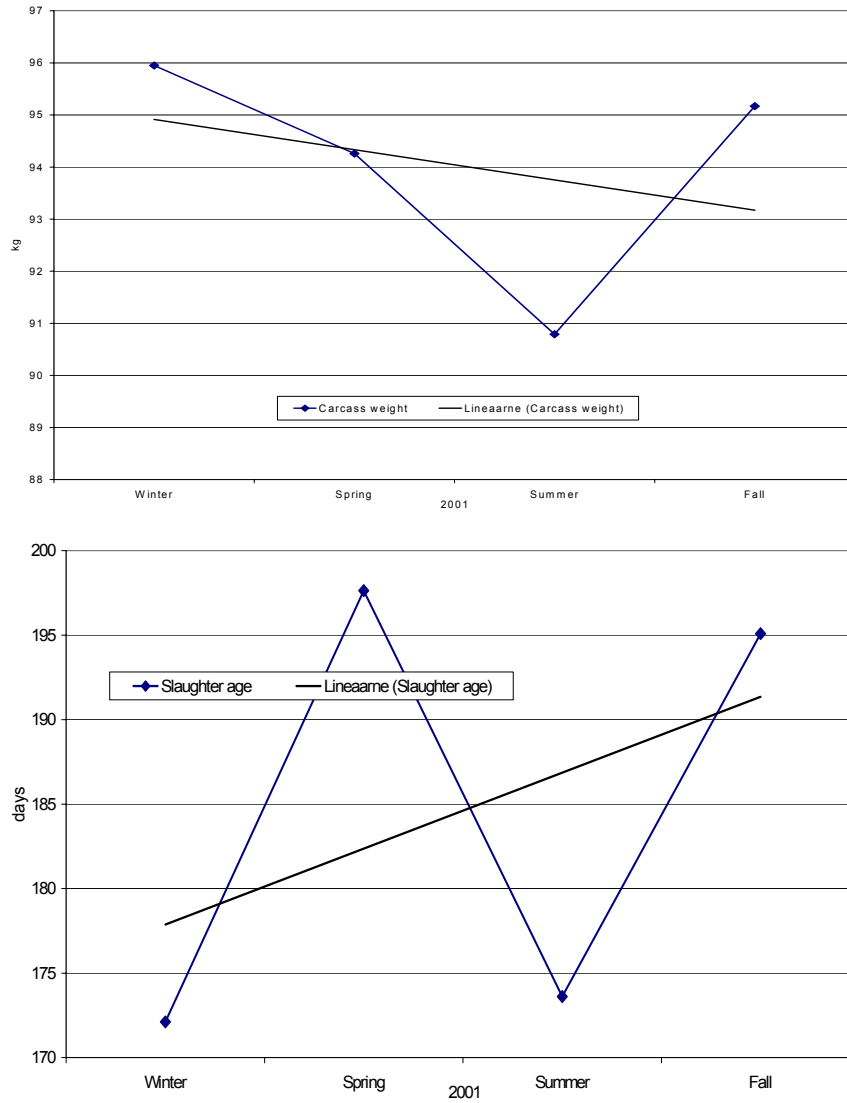


Figure 2. Season effect on slaughter age and carcass weight measured by AutoFom in 2001

Table 7. Phenotypic correlations between traits measured by AutoFOM (n=426)

Traits	Belly daily gain	Shoulder daily gain	Chop daily gain	Ham daily gain	Daily carcass gain	Age at slaughter	Belly lean meat %	Belly weight	Shoulder weight	Chop weight	Ham weight	Backfat thickness
Carcass weight	.719 ***	.654 ***	.636 ***	.543 ***	.782 ***	.148 **	-.215 ***	.912 ***	.837 ***	.778 ***	.692 ***	.459 ***
Backfat thickness	.629 ***	.162 ***	.136 **	-.078	.473 ***	-.112 *	-.853 ***	.644 ***	.105 *	.085 #	-.154 **	
Ham weight	.353 ***	.650 ***	.708 ***	.828 ***	.513 ***	.144 **	.450 ***	.493 ***	.829 ***	.851 ***		
Chop weight	.493 ***	.580 ***	.849 ***	.693 ***	.590 ***	.141 **	.237 ***	.651 ***	.750 ***			
Shoulder weight	.489 ***	.797 ***	.606 ***	.664 ***	.633	.155 **	.144 **	.655 ***				
Belly weight	.837 ***	.535 ***	.557 ***	.402 ***	.748 ***	.076	-.439 **					
Belly lean meat %	-.456 ***	.053	.155 **	.341 ***	-.268 ***	.124 *						
Age at slaughter	-.479 ***	-.471 ***	-.401 ***	-.433 ***	-.498 ***							
Daily carcass gain	.932 ***	.868 ***	.809 ***	.747 ***								
Ham daily gain	.590 ***	.857 ***	.872 ***									
Chop daily gain	.709 ***	.785 ***										
Shoulder daily gain	.728 ***											

Levels of significance are expressed conventionally: *** - P<.001, ** - P<.01, * - P<.05, # - P<.10

Heritabilities. Tholen et al. (2001) found, that heritability of AutoFOM carcass cuts of station-tested purebred Pietrain pigs did not exceed .10. Heritabilities of the valuable cuts were on the same level (h^2=.00...0.10) in the current research (Table 8).

Table 8. Estimated heritabilities and standard errors of traits recorded by AutoFOM

Traits	$h^2_{progeny>10}$	sh^2
n/n_{sire}	413/12	
Backfat thickness, mm	.20*	.19*
Belly lean meat %	.08*	.11*
Weight, kg		
Ham	.10*	.13*
Chop	.03*	.08*
Shoulder	.00*	.00*
Belly	.00*	.00*
Age at slaughter, day	.79	.10
Daily gain, g/day		
Carcass	.67	.60
Ham	.13	.53
Chop	.14	.55
Shoulder	.22	.55
Belly	.21	.55

* Effect of carcass weight included into model.

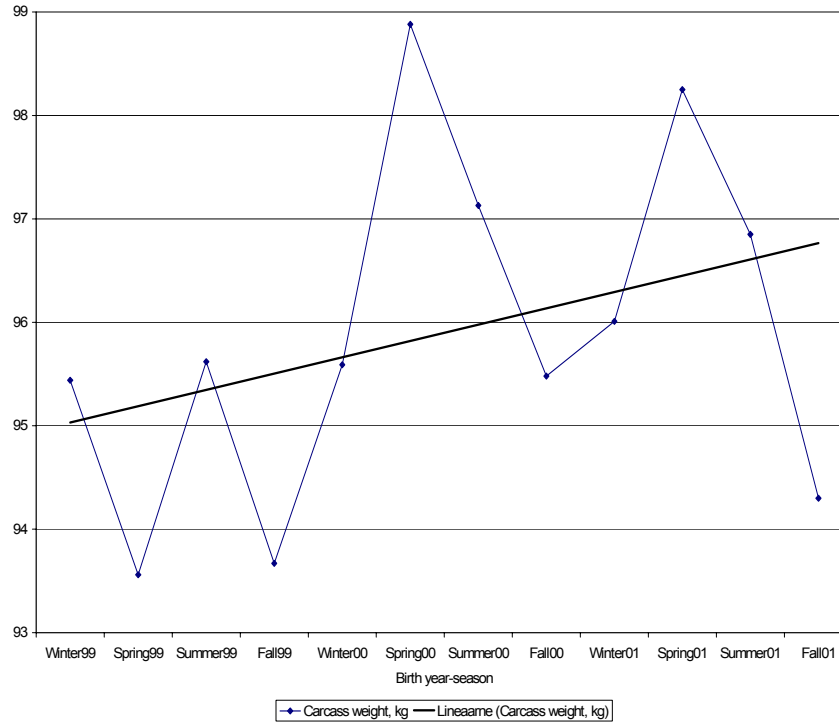
Low heritability showed also belly lean meat percentage h^2=.08. Heritabilities of the daily gains of the valuable cuts varied from h^2=.13...0.21. Therefore, no maximum benefit can be achieved, when only data of valuable cuts is used for improving Pietrain boars. On the contrary, slaughter age and daily carcass gain were highly heritable (h^2=.67 and h^2=.79, respectively) and provide the possibility of equalising the age of achieving maturity of fattening pigs. Heritability of fat thickness (h^2=.20) was at about the same level as found by using the FOM data.

AutoFOM II dataset. Table 9 shows the carcass traits measured with AutoFOM device. The weight of the valuable cuts was on the same level in comparison with the results obtained by Höreth and Branscheid (2000) and Tholen (2001). Valuable cuts formed half of the carcass (50.26%), whereas ham percentage was 18.59% and least valuable cut, belly, covered 15.89%.

Table 9. Means, standard deviations, minimum and maximum AutoFOM data values (n=3257)

Variable	**Unit**	**Mean**	**Std. Dev.**	**Min**	**Max**
Belly lean meat %	%	49.59	5.17	25.30	61.47
Age at slaughter	day	203	19.08	146.00	298
Ham weight	kg	17.79	1.64	11.96	23.34
Chop weight	kg	6.91	0.69	4.42	9.34
Shoulder weight	kg	8.19	0.65	4.88	9.99
Belly weight	kg	15.21	1.31	9.86	21.38
Fat area	cm^2	17.95	3.61	9.30	34.86
Loin eye area	cm^2	64.12	5.69	31.12	80.38
Carcass weight	kg	95.72	6.66	69.40	119.80
Average carcass daily gain	g/day	476	52.00	273	712
Ham daily gain	g/day	88.45	11.50	47.46	138.88
Chop daily gain	g/day	34.34	4.70	18.75	54.13
Shoulder daily gain	g/day	40.69	4.77	23.35	59.73
Belly daily gain	g/day	75.55	9.03	41.68	113.15

Year-season effect. One way to decrease expenses in pig production is to shorten the fattening time. Pigs born in winter 1999 till fall 2000 had quite equal slaughter age, 209 to 214 days (Table 10). However, great differences between slaughter age were found in year 2001 (Figure 3), when significantly shorter slaughter age was observed in winter (199 d) and fall (202 d), while in spring (206 d) and summer (211 d) it was the same range as in 1999…2000. Although slaughter age had weak relationship with carcass weight (r=.067), the carcass weight was also quite equally distributed from winter 1999 till winter 2000, in the range of 93.56…95.62 kg (Figure 3). High differences between carcass weight between spring 2000 and fall 2001 are obviously influenced by price changes on the meat market. Pigs born in spring 2000 and 2001 had much heavier carcasses (98.88 and 98.25 kg, respectively). Although, regarding slaughter age and carcass weight range, there is a trend of decrease in slaughter age and increase in carcass weight.



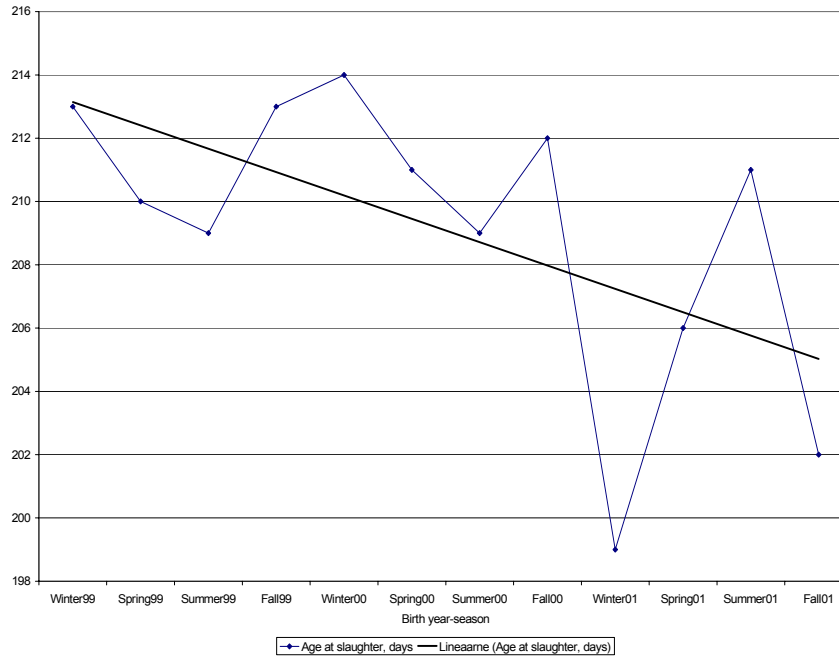


Figure 3. Year-season effect on slaughter age and carcass weight (II dataset)

Weight of the ham had a medium positive relationship with carcass weight (r=.628), but was nonsignificantly correlated with slaughter age (Table 11). Therefore, ham weight was quite equal between year-seasons, except for pigs born in fall 2000, whose ham was significantly heavier (18.03 kg).

Other valuable cuts, chop and shoulder weights had trend of increase and had only a little bias from it (Figure 4).

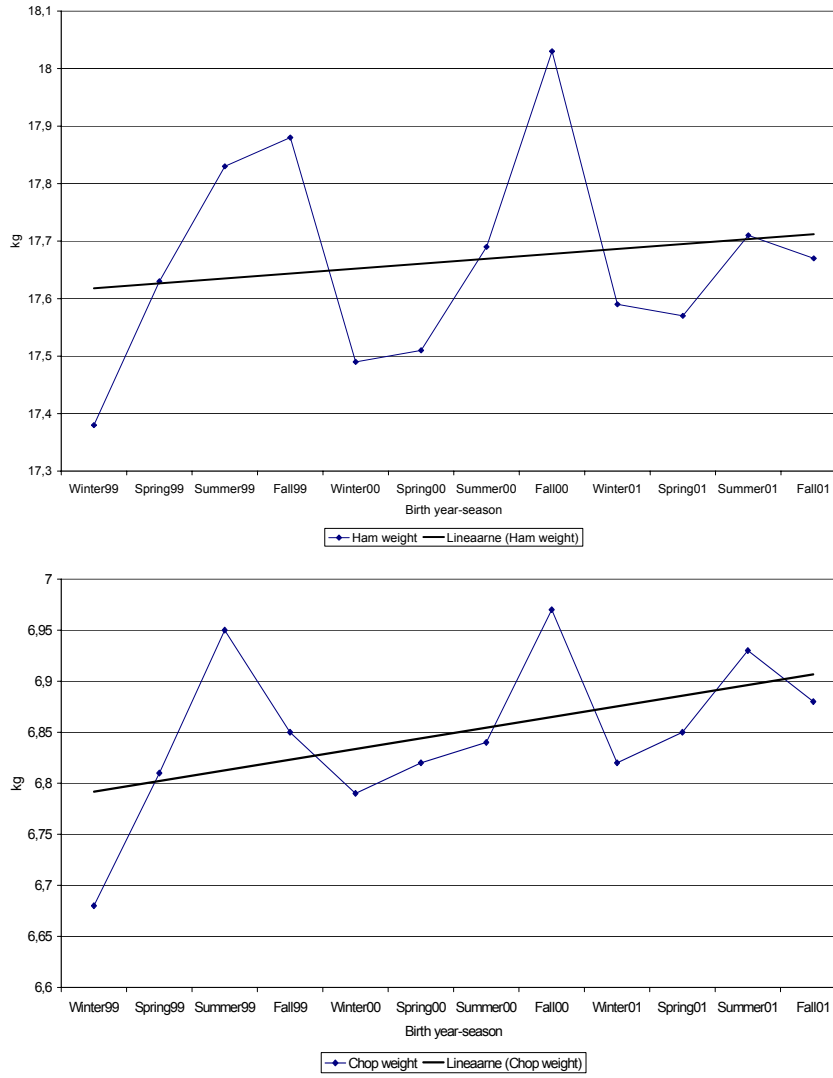
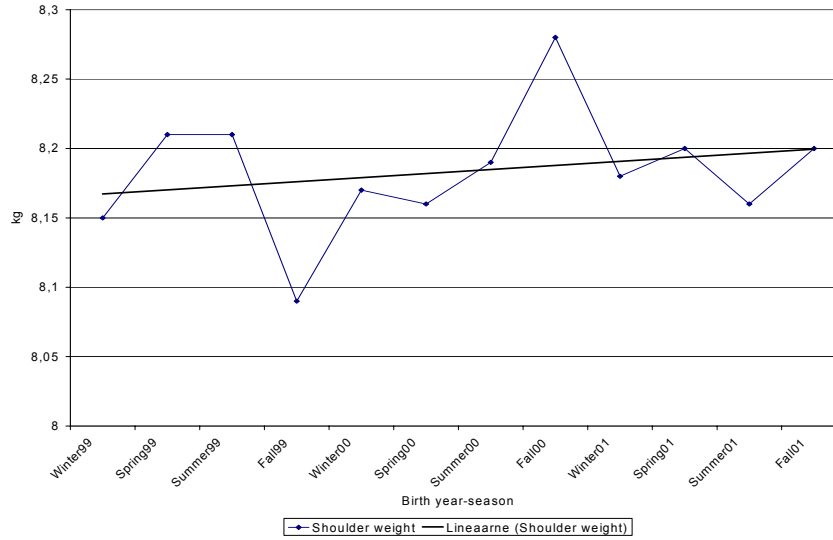


Figure 4a. Year-season effect on carcass cuts weight measured by AutoFOM



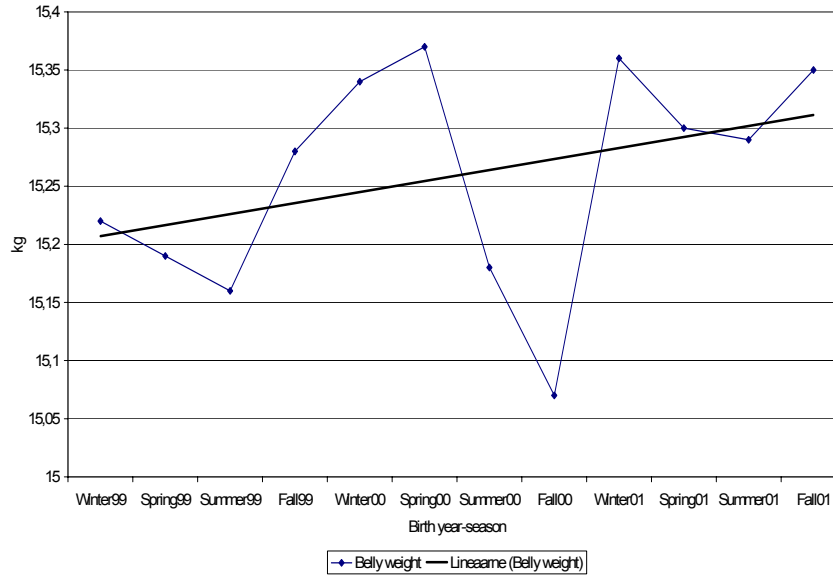


Figure 4b. Year-season effect on carcass cuts weight measured by AutoFOM

Calculated correlation between belly weight and belly lean meat percentage was medium negative (r=-.469) and ranged to a large scale between birth year-seasons. Lower belly weight and higher belly lean meat percentage were found in pigs born in fall 2000 (15.07 kg and 5.67%, respectively).

Table 10. Year-season effect on meatiness traits measured by AutoFOM

Traits	Birth year-season											
	1999				2000				2001			
	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall
n	92	145	497	274	311	458	350	440	103	284	175	128
n (Fat area, Loin eye area)	-	-	-	-	146	450	350	440	103	284	175	128
Belly lean meat %	48.38 ae	48.79 ace	49.84 bdf	48.69 ae	48.39 ae	48.18 e	49.60 fc	50.67 b	48.17 ae	49.14 adf	49.82 bcf	49.40 adf
Age at slaughter, day	213 ad	210 ac	209 bcg	213 ad	214 d	211 agf	209b cf	212 ad	199 e	206 h	211 agf	202 eh
Ham weight, kg	17.38 a	17.63 ab	17.83 bcd	17.88 ae	17.49 ae	17.51 ae	17.69 ace	18.03 d	17.59 ace	17.57 ae	17.71 be	17.67 ace
Chop weight, kg	6.68 a	6.81 ac	6.95 bd	6.85 ceg	6.79 aef	6.82 cfh	6.84 cfhi	6.97 bj	6.82 aefhi	6.85 cfi	6.93 bgij	6.88 cdfj
Shoulder weight, kg	8.15 ac	8.21 ab	8.21 a	8.09 c	8.17 a	8.16 ac	8.19 a	8.28 b	8.18 ac	8.20 a	8.16 ac	8.20 ab
Belly weight, kg	15.22 acfg	15.19 abfg	15.16 dfi	15.28 ae	15.34 ce	15.37 e	15.18 adh	15.07 bi	15.36 ce	15.30 eg	15.29 egh	15.35 ce
Fat area, cm^2	-	-	-	-	18.69 ae	19.39 b	17.79 cd	17.33 d	19.46 be	18.45 a	18.05 ac	18.11 ac
Loin eye area, cm^2	-	-	-	-	61.39a	63.03bd	62.85bd	64.40c	64.01bc	62.02ade	63.56bc	63.41bce
Carcass weight, kg	95.44 acdf	93.56 c	95.62 dg	93.67 c	95.59 adg	98.88 b	97.13 ef	95.48 adg	96.01 adfg	98.25 be	96.85 adf	94.30 cg
Average carcass daily gain, g/day	453 ade	451 ae	463 dfgh	445 e	451 ae	475 b	46 8bf	455 ag	492 c	485 c	466 bd	472 bh
Ham daily gain, g/day	82.29 a	83.15 a	86.22 b	81.70 a	82.48 a	86.67 b	86.31 b	85.75 b	90.41 c	88.73 cd	86.17 b	87.29 bd
Chop daily gain, g/day	31.62 a	31.98 a	33.60 bd	31.80 a	32.04 a	33.91 d	33.47 bd	33.14 b	35.08 c	34.77 c	33.80 bd	33.93 bdc
Shoulder daily gain, g/day	38.56 adfg	38.70 dg	39.68 eh	37.63 f	38.50 g	40.39 b	39.99 beh	39.37 adh	41.95 c	41.41 ci	39.65 adeb	40.45 bei
Belly daily gain, g/day	72.04 adf	71.38 d	73.27 ef	70.93 ad	72.27 adf	76.39 gh	74.36 be	71.57 ad	78.88 c	77.73 cg	74.46b e	75.61 bh

a, d, c, d, e, f, g, h, i – means in the same row with different superscripts differ (P<.05)

Table 11. Phenotypic correlations between traits measured by AutoFOM (n=3257)

Traits	Belly daily gain, g/day	Shoulder daily gain, g/day	Chop daily gain, g/day	Ham daily gain , g/day	Average carcass daily gain, g/day	Age at slaughter, day	Loin eye area, cm^2	Fat area, cm^2	Shoulder weight, kg	Belly lean meat %	Belly weight, kg	Chop weight, kg	Ham weight, kg
Carcass weight, kg	.577	.464	.446	.384	.559	.067	.222	.367	.790	-.200	.899	.698	.628
Ham weight, kg	.253	.547	.621	.711	.403	-.015ns	.631	-.361	.804	.541	.346	.853	
Chop weight, kg	.358	.521	.743	.623	.465	-.038*	.678	-.193	.739	.403	.469		
Belly weight, kg	.653	.302	.283	.187	.498	.062	.079	.608	.545	-.492			
Belly lean meat %	-.293	.233	.344	.436	-.061	-.066	.489	-.904	.257				
Shoulder, kg	.346	.628	.497	.528	.451	.044*	.377	-.112					
Fat area, cm^2	.363	-.123	-.178	-.285	.161	.055*	-.260						
Loin eye area, cm^2	.186	.372	.576	.538	.277	-.175							
Age at slaughter, day	-.705	-.740	-.687	-.704	-.780								
Average carcass daily gain, g/day	.947	.909	.855	.830									
Ham daily gain , g/day	.670	.907	.924										
Chop daily gain, g/day	.725	.871											
Shoulder daily gain, g/day	.778												

ns - not significant; * - P<.05, all others - P<.001

Fat area had also close relationship with previous traits, where correlation with belly weight was r=.608 and with belly lean meat percentage r=-.904, and had therefore much lower value in fall 2000 (17.33 cm^2). However, area of loin eye had only weak correlation with belly weight, but medium positive relationship with other valuable cuts, and negative with fat area (r=-.260). Area of loin eye was larger in pigs born in fall 2000 and winter 2001, decreasing in spring 2001 and increasing afterwards to the previous level.

Average carcass and valuable cuts daily gain show increasing trend, although they may differ to a large extent between birth year-seasons.

Sex effect. Several studies have indicated that gilt carcasses had significantly larger valuable cuts and lower percentage of fat than barrow carcasses (Schwörer et al., 1995; Bruwe et al., 1991; Choi et al., 2000). Similar results were found in the current work, where ham was 820 g, chop 230 g, and shoulder 210 g heavier and belly weight was 340 g lower in gilt carcasses, compared with barrow ones (Table 12).

Table 12. Sex effect on meatiness traits measured by AutoFOM

Traits	**Units**	**Sex**		**Significance**
		Barrow	**Gilt**	
n		1625	1632	
$n_{(Fat\ area,\ Loin\ eye\ area)}$		1038	1038	
Belly lean meat %	%	47.29	50.89	***
Age at slaughter	day	208	211	***
Ham weight	kg	17.23	18.05	***
Chop weight	kg	6.73	6.96	***
Shoulder weight	kg	8.08	8.29	***
Belly weight	kg	15.43	15.09	***
Fat area	cm^2	19.65	17.17	***
Loin eye area	cm^2	62.04	64.13	***
Carcass weight	kg	96.22	95.58	**
Average carcass daily gain	g/day	470	459	***
Ham daily gain	g/day	84.54	86.65	***
Chop daily gain	g/day	33.07	33.45	**
Shoulder daily gain	g/day	39.61	39.77	ns
Belly daily gain	g/day	75.79	72.36	***

Levels of significance are expressed conventionally: *** - P<.001, ** - P<.01, ns – not significant

Gilt carcasses had also significantly larger area of loin eye and

smaller fat area. Although gilt's slaughter age was three days longer, their carcass weight was 640 g lighter (P<.01). Thus, gilts' average carcass daily gain was 11 g lower. However, average daily gain of most valuable cuts, ham and chop, was significantly higher (2.11 g (P<.001) and .38 g (P<.01), respectively) and average daily gain of belly was lower (3.43 g (P<.001)).

Farm effect. Differences between farms were highly significant, whereas Farm 3 showed much better results than others (Table 13). Although pigs originating from Farm 3 had shorter fattening age and lighter carcasses, they had significantly heavier valuable cuts, except shoulder, which was on the same level as that of the pigs from Farm 2. Traits used to predict fat percentage, belly weight and fat area were on a lower level than on those of the pigs from farms.

Table 13. Farm effect on meatiness traits measured by AutoFOM

Traits	**Unit**	**Farm**		
		1	**2**	**3**
n		824	256	2177
n n (Fat area, Loin eye area)		546	185	1345
Belly lean meat %	%	47.49a	48.97b	5.81c
Age at slaughter	day	212a	221b	194c
Ham weight	kg	17.31a	17.56b	18.04c
Chop weight	kg	6.74a	6.81a	7.00b
Shoulder weight	kg	8.06a	8.22b	8.27b
Belly weight	kg	15.39a	15.27b	15.11c
Fat area	cm^2	19.62a	18.53b	17.07c
Loin eye area	cm^2	61.83a	62.12a	65.30b
Carcass weight	kg	95.36a	97.55b	94.78a
Average carcass daily gain	g/day	453a	448a	492b
Ham daily gain	g/day	81.90a	82.03a	92.86b
Chop daily gain	g/day	31.88a	31.91a	35.99b
Shoulder daily gain	g/day	38.17a	38.39a	42.51b
Belly daily gain	g/day	72.96a	71.70a	77.56b

a, d, c – means in the same row with different superscripts differ (P<.05)

Pigs from Farm 2 had considerably higher slaughter age and heavier carcasses, whereas, weight of the valuable cuts was on the same

level or little higher, than in the pigs from Farm 1. However, average daily gains of carcass and valuable cuts did not differ significantly.

Line effect. Two lines were used to produce fattening pigs in current research. Line PIC-408 had significantly shorter fattening time (6 d), but there was no remarkable difference in carcass weight (Table 14). Despite younger slaughter age, these pigs had much heavier ham (+190 g) and chop (+100 g), higher belly lean meat percentage (+1.02 %) and smaller area of fat (-.56 cm^2) than the pigs produced by using PIC-416 line boars. Due to this, average daily gains of carcass and valuable cuts were significantly higher in PIC-408 line.

Table 14. Line effect on meatiness traits measured by AutoFOM

Traits	**Unit**	**Line**		**Significance**
		PIC-408	**PIC-416**	
n		615	2642	
n (Fat area, Loin eye area)		615	1461	
Belly lean meat %	%	49.60	48.58	**
Age at slaughter	day	206	212	***
Ham weight	kg	17.73	17.54	*
Chop weight	kg	6.90	6.80	**
Shoulder weight	kg	8.21	8.16	#
Belly weight	kg	15.23	15.29	#
Fat area	cm^2	18.13	18.69	*
Loin eye area	cm^2	63.15	63.01	ns
Carcass weight	kg	95.78	96.02	ns
Average carcass daily gain	g/day	472	457	***
Ham daily gain	g/day	87.43	83.76	***
Chop daily gain	g/day	34.04	32.48	***
Shoulder daily gain	g/day	40.43	38.95	***
Belly daily gain	g/day	75.05	73.10	**

Levels of significance are expressed conventionally: *** - P<.001, ** - P<.01, * - P<.05, # - P<.10, ns – not significant

MC4R status effect. Although many investigators have found significant differences between MC4R genotypes in backfat and growth rate (Kim et al., 2000; Emnett et al., 2001), there was no significant

difference between genotypes in the current study (Table 15). Nevertheless, progeny from boars allele 2 had slightly larger backfat area than pigs homozygous for allele 1; whereas, heterozygous pigs had the largest backfat area (18.41 cm^2). However, progeny from boars homozygous for allele 2 grew a little bit faster, due to their higher average carcass daily gain (+9 g) and shorter fattening time.

Table 15. MC4R genotype effect on meatiness traits measured by AutoFOM (P>0.05)

Traits	**Units**	**MC4R status**		
		11	**12**	**22**
n		315	1163	426
n (Fat area, Loin eye area)		252	966	342
Belly lean meat %	%	49.51	49.60	49.68
Age at slaughter,	days	211	209	208
Ham weight	kg	17.78	17.91	17.88
Chop weight	kg	6.96	6.99	6.96
Shoulder weight	kg	8.29	8.28	8.30
Belly weight	kg	15.36	15.38	15.30
Fat area	cm^2	18.28	18.41	18.32
Loin eye area	cm^2	63.26	64.64	62.93
Carcass weight	kg	96.88	96.79	95.75
Average carcass daily gain	g/day	460	469	469
Ham daily gain	g/day	84.97	86.89	87.35
Chop daily gain	g/day	33.23	33.95	34.12
Shoulder daily gain	g/day	39.55	40.23	40.43
Belly daily gain	g/day	73.25	74.75	74.30

A comparison of the estimated effects, associated with different MC4R genotypes, showed that the nonsignificant trend in this study was in the same direction on growth, fatness and daily gain, compared with the data reported by Kim *et al*. (2000), though they found a significant trend. Opposite results, regarding fatness traits were obtained by Park *et al.* (2002). In this study, higher fatness traits were found in heterozygous

pigs. The previously reported association may not be a direct effect of the Asp298Asn mutation but rather the result of linkage disequilibrium. Also, the effect of the mutation may be too small to be detected, as only father's genotype was known.

As these traits are quite equal in pigs heterozygous and homozygous for allele 2 genotype, it can be concluded, that MC4R genes may have coeffect.

Heritabilities. Compared to previous research, heritabilities of valuable cuts found in this study were considerably higher (Table 16). This finding corresponds to the results of Tholen et al. (2001) study, where purebred Pietrain pigs had much lower heritability than their crossbred progenies.

The highest heritabilities of valuable cuts showed ham weight (h^2=.44), followed by chop and shoulder weight, and the lowest heritability was calculated for belly weight (h^2=.16). However, higher heritability was observed in belly lean meat percentage (h^2=.50). It offers good possibilities for improving ham and belly weight through selection. Fat and loin eye area were quite equally heritable (h^2=.22 and h^2=.20 respectively).

Table 16. Estimated heritabilities and standard errors of traits recorded by AutoFOM

Traits	**Units**	$\mathbf{h^2_{Progeny>10}}$
n		3225
$n_{(sire)}$		36
Belly lean meat %	%	.50
Age at slaughter	day	.40
Ham weight	kg	.44
Chop weight	kg	.33
Shoulder weight	kg	.23
Belly weight	kg	.16
Fat area	cm^2	.22
Loin eye area	cm^2	.20
Average carcass daily gain	g/day	.26
Ham daily gain	g/day	.30
Chop daily gain	g/day	.23
Shoulder daily gain	g/day	.25
Belly daily gain	g/day	.24

The highest heritability of average daily gain showed carcass

(h^2=.67), however, regarding valuable cuts this value was (h^2=.13...0.22).

Conclusions

There are large differences between birth year-seasons for meatiness traits, which should be considered in pig production. The most likely reason for such kind of variation could be price changes on the meat market, where producers fatten pigs longer in the low market price conditions.

Although gilts' fattening time is longer, they produce heavier valuable cuts.

As the results obtained from Farm 3 show, the differences between farms could be highly significant on meatiness traits.

Line PIC-408 Pietrain stress resistant boars' progeny showed superiority on meatiness traits, compared with line PIC-416.

Even if progeny from boars with MC4R gene was not significantly different from normal, the trend of the slaughter age, growth rate and fat area was the same as described by Kim et al. (2000). Therefore, future studies are required to investigate this area more throughly.

Due to low heritability of AutoFOM carcass cuts of Pietrain pigs, breeders should also consider using other characteristics for genetic ranking of boars. This study showed, that heritability was much higher, when white dam line was used.

References

Benthin, J., Triebler, G. 1986. Zuchterische Erkenntnisse aus Untersuchungen von Stichprobentesttieren unter Berucksichtigung von Merkmalen der Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universistät zu Berlin, Mathematisch Naturwissenschaftliche Reihe. 35, 4:388...396.

Bruwe, G.G., Heinze, P.H., Zondagh, I.B., Naude, R.T. 1991. The development of a new classification system for pig carcasses in the RSA. Porcus., 6:27...31.

Chen, Y.S., Jiang, Y.N. 1993. Studies on the FOM system in carcass grading and pork quality prediction. J. Chinese-Soc. Anim. Sci. 22: 3, 301-308.

Choi, Y.I., Kim, Y.T., Lee, C.L., Han, I.K. 200. Carcass and pork quality characteristics by sex and marketing day. Korean Journal of Animal Science., 42:933...940

Claus, A. 1957. The measurement of natural interfaces in the pig's body with ultrasound. Fleischwirtschaft 9:552...557.

Emnett, R., Moeller, S., Irvin, K., Rothschild, M., Plastow, G., Goodwin, R. 2001. An investigation into the genetic controls of pork quality: I. Association studies with leptin receptor, melanocortin-4 receptor, melanocortin-5 receptor, and peroxisome proliferator activated receptor-gamma. Special Circular Ohio Agricultural Research and Development Center. 185:65...7.

Hazel L.N., Kline, E.A. 1959. Ultrasonic measurements of fatness in swine. J. Anim. Sci. 18:815...819.

Höreth, R., Branscheid, W. 2000. New pricing systems to commercial value determining by AutoFom system. Mitteilungsblatt der BAFF. 147:551...560.

Kim, K.S., Larsen, N., Short, T., Plastow, G., Rothschild. 2000. A missense variation of the melanocortin 4 receptor (MC4R) gene is associated with fatness, growth and feed intake traits. Mammal. Genom. 11:131...135.

Kovalenko, V.P., Yaremenko, V.I., Ryasnoi, V.I. 1989. Breeding Duroc pigs. Zootekhniya. 6:26-28.

Park, H.B., Carlborg, Ö., Marklund, S., Andersson, L. 2002. Melanocortin-4 receptor (MC4R) genotypes have no major effect aon fatness in a Large White x Wild Boar intercross. Animal Genetics. 33:155…157.

Price, J.F., Pearson, A.M., Emerson, J.A. 1996. Measurement of the cross sectional area of loin eye muscle in live swine by ultrasonic reflections. J. Anim. Sci. 19:786...792.

Rothschild, M. F. 200. Advances in pig molecular genetics, gene mapping, and genomics. X Reunion Nacional de Mejora Genetica Animal, Caldes de Montbui, June 8-9. (http://www.etsia.upv.es/acteon/Comuni.htm)

SAS. 1999. SAS OnlineDoc V8. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Visited 01.07.2002. http://www.sfu.ca/sasdoc/sashtml/onldoc.htm

Schwörer, D., Lorenz, D., Rebsamen, A. 1995. Einfluss des Muskel- und Fettgewebeansatzes auf die Fettqualitat des Ruckenspecks beim Schwein. Kleinviehzuchter. 43:1234...1244.

SFK Technology[a]. Fat-O-Meater. Visited 01.07.2002. http://www.sfktech.com/products/measuring.fom.html

SFK Technology[b]. AutoFOM – fully automatic carcass grading for pork abattoirs. Leaflet. 7 pg.

Stouffer, J.R., Wallentine, M.V., Wellington, G.H., Diekmann. 1961. Development and application of ultrasonic methods for measuring fat thickness and rib-eye area in cattle and hogs. J. Anim. Sci. 20:759...767.

Tholen, E., Brandt, H., Henne, H., Stork, H., Schellander, F.J. 2001. Genetische Fundierung von AutoFOM-Merkmalen. Archiv für Tierzucht, 44 167...179.

Wild, J.J. 195. The use of ultrasonic pulses for the measurement of biological tissues and the detection of tissue density changes. Surgery 27:183...188.

VII. OPTIMUM SLAUGHTER WEIGHT OF ESTONIAN PIG BREEDS

OPTIMUM SLAUGHTER WEIGHT OF ESTONIAN PIG BREEDS

A. Tänavots, O. Saveli
Estonian Agricultural University, Institute of Animal Science, Tartu, Estonia

Introduction

The optimum slaughter weight for pigs depends on the point of view. It is usually assumed, that producers would like to market lighter animals, as the last pound of muscle gain is extremely expensive. On the other hand meat producers are interested in optimum level of lean mass, but also prefer a heavier animal to lower the cost per kilogram of processed meat. Hog manure – its components i.e. nitrogen and phosphorus –is unwanted on environmental aspect in large quantities. Thus, preferred is lighter slaughter weight. Younger (lighter) animals produce smaller quantity of manure during their lifetime.

Efficient pig meat production includes a combination of fast lean growth and low fat deposition. Several investigations have shown, that pig breeds differ in fat amounts and fat distribution (Wood and Cameron, 1994; Kolstad et al., 1996; Schinckel et al., 1996). Moreover, there is also genetic variation within breeds (De Vries and Van der Wal, 1993; Schwörer et al., 1999). Most of the existing knowledge about meat quality of live pigs is mainly provided through studies using ultrasound, which have limited possibilities of quantifying tissue growth, but is informative as selection criteria for fat and lean growth (Cameron and Curran, 1994).

The aim of this work is to find out meat traits growth curve according to weight classes in different breed combinations and sexes.

Material and Methods

Data analysed comprised 18756 sows and 3226 boars from 39 farms throughout Estonia; obtained from database of Animal Recording Centre in 1999...2002. Completed dataset included breed, sex, birth and testing date weight, backfat thickness, area of loin eye and lean meat percentage, which was collected by PC program DB-Planer.

Table 1.

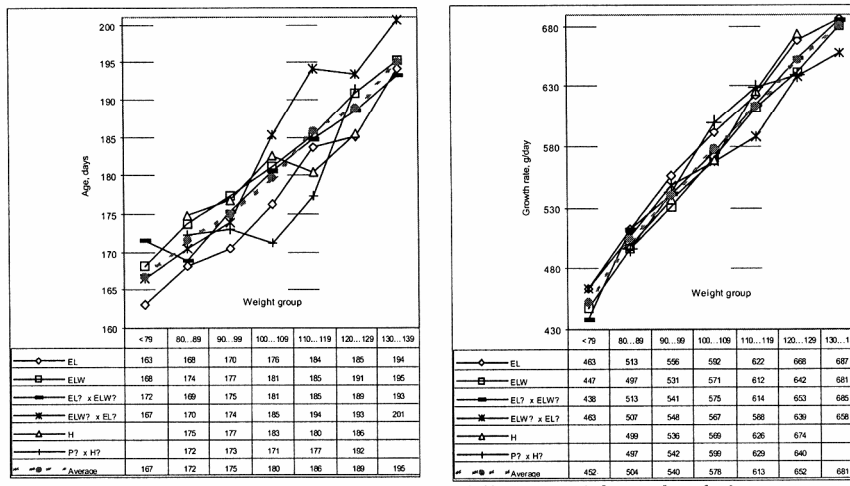
Characterization of analyzed dataset (n = 21982)

Traits	Average	Std. Dev	Minimum	Maximum
X1	13,68	2,85	6,00	27,00
X2	51,38	5,64	34,00	69,00
X3	13,80	2,71	6,00	25,00
Y	60,16	2,43	49,66	68,24
Age at test	178,12	14,62	150,00	210,00
Growth rate	562	59,02	400	786

Meat traits were measured by ultrasonic equipment Piglog 105. Meat traits recorded were: backfat thickness at last (X1) and 11...12th (X3) rib, 7 cm from midline (mm), and diameter of loin eye (X2), 7 cm from midline (mm). Lean meat percentage (Y) was calculated using the formula (Piglog 105, 1991). Age at test and growth rate was calculated according to recorded data. Testing weight was divided into seven groups: lighter or equal than 79, 80...89, 90...99, 100...109, 110...119, 120...129, 130...139 kg.

The following breed combinations were investigated: Estonian Landrace (EL), Estonian Large White (ELW), Hampshire (H), Pietrain (Pi), EL↵xELWĄ, ELW↵xELĄ and Pi↵xHĄ.

SORT procedure (SAS, 1991) was used to analyze the dataset.



	<79	80...89	90...99	100...109	110...119	120...129	130...139
EL	163	168	170	176	184	185	194
ELW	168	174	177	181	185	191	195
EL? x ELW?	172	169	175	181	185	189	193
ELW? x EL?	167	170	174	185	194	193	201
H		175	177	183	180	186	
P? x H?		172	173	171	177	192	
Average	167	172	175	180	186	189	195

	<79	80...89	90...99	100...109	110...119	120...129	130...139
EL	463	513	556	592	622	668	687
ELW	447	497	531	571	612	642	681
EL? x ELW?	438	513	541	575	614	653	685
ELW? x EL?	463	507	548	567	588	639	658
H		499	536	569	626	674	
P? x H?		497	542	599	629	640	
Average	452	504	540	578	613	652	681

Figure 1. **Breed effect on meatiness traits of different weight scale of pigs**

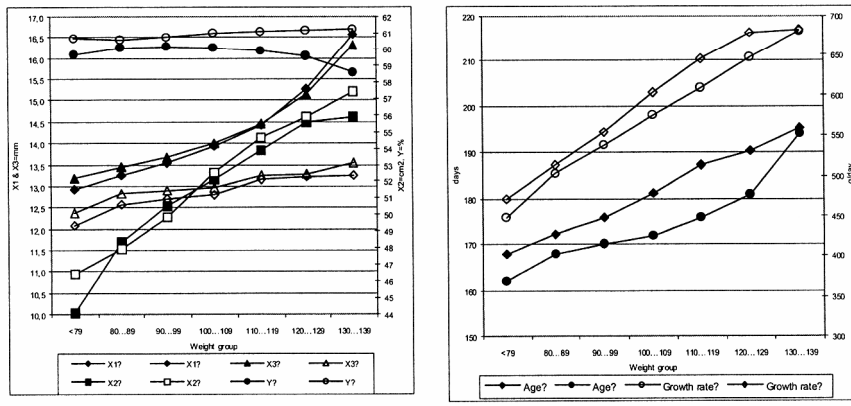


Figure 2. **Sex effect on meatiness traits of different weight scale of pigs**

Results and Discussion

All pigs spend more and more days to grow 10 kg on each weight group up to 110...119 kg, while growth time begin to decrease (Figure 1). Webster (1985) found, that during unrestricted growth, the proportion of fat in the body increases as an animal approaches maturity. Figure 2 shows that higher fat deposition will begin at 110...119 kg in sows, however being more equal through the groups in boars.

Purebred EL grows much faster and steadily than ELW or their crosses, whereby ELW x EL pigs begin to grow much slower at 90...99 kg. "Colour" breeds develop very unevenly; therefore farmers should take under consideration the feeding and keeping conditions of pigs. As growth rate was calculated on the basis of weight and age, the results are distributed more equally between breeds. Sows, investigated, were much fatter and intensive fat gain began at 110...119 kg (Figure 2), compared with boars, as boars' fat deposition was much equal and slower in all weight classes. However, development of the loin eye was quite equal between both sexes. Sows achieved maximum lean meat content at 90...99 kg, after what leanness began to decrease, but boars' lean % started to increase little at this point.

Breed and sex differences in meatiness traits are shown in Tables 2 and 3. Lean meat % increased slowly through the all weight groups in EL sows, but optimal slaughter weight was between 90...99 kg, as effect of increase of leanness was not worth to keep pigs longer.

However, ELW sows obtain their optimum slaughter weight earlier (at 80...89 kg), where average lean meat percentage is 60.07%. Although, highest lean meat % in "white breed" crosses was in group up to 79 kg, it is not recommended to slaughter so light animals.

As "colour" breeds are used mainly as breeding animals, modest results of these animals should raise the question about their effectiveness in our conditions.

References

Cameron, N.D. and Curran, M.K., 1994. Selection for components of efficient lean growth rate in pigs 2. Selection pressure applied and direct response in a Landrace herd. Animal Production 59: 263...269.

de Vries, A.G. and van der Wal, P.G., 1993. Breeding for pork quality. In: Poulanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunene, M. and Ellis, S. (Eds.), Pork quality: Genetic and metabolic factors. CAB International, Wallingford, UK, pp. 58...72.

Kolstad, K., Jopsen, N. B. and Vangen, O., 1996. Breed and sex differences in fat distribution and mobilisation in growing pigs fed at maintenance. Livest. Prod. Sci., 47, 33...41.

Piglog 105. 1991. Piglog 105 User's Guide. Soborg, Denmark: SFK - Technology, 14 pp

Schinckel, A.P. and de Lange, C.F.M., 1996. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. Journal of Animal Science 74: 2021...2036.

Schwörer, D., Hofer, A., Loren, D and Rebsamen, A., 1999. Selection progress of intramuscular fat in Swiss pig production. 50th Meeting of the European Association

Table 2.

Breed and sex effect on meatiness traits of different weight scale of "white" pigs

Traits	Weight group						
	...79	80...89	90...99	100...109	110...119	120...129	130...139
Estonian Landrace sows							
n	32	667	1705	2110	958	159	27
X1	13,03	13,62	13,60	13,65	13,89	14,13	14,22
X2	45,19	48,26	50,57	51,57	53,50	56,06	58,04
X3	13,34	13,59	13,41	13,67	13,92	14,22	14,11
Y	59,73	59,86	60,29	60,27	60,34	60,46	60,77
Age	164,00	169,41	172,03	178,09	186,13	187,67	194,00
Growth rate	461	510	552	586	614	659	687
Estonian Landrace boars							
n	12	159	428	409	182	56	3
X1	13,00	12,94	12,85	12,93	13,18	13,55	13,00
X2	46,08	47,70	50,19	52,97	54,93	55,48	57,00
X3	13,08	13,03	13,05	13,07	13,36	13,57	13,33
Y	60,01	60,28	60,64	61,00	61,04	60,90	61,40
Age	160,67	162,38	164,00	166,79	170,41	177,52	195,33
Growth rate	471	528	575	622	666	693	681
Estonian Large White sows							
n	63	1502	3198	2516	903	187	43
X1	13,22	13,07	13,59	14,26	15,11	15,79	17,16
X2	42,87	48,06	50,06	52,44	54,49	55,37	57,26
X3	13,56	13,43	13,86	14,35	14,98	15,46	16,93
Y	59,23	60,07	59,97	59,85	59,55	59,22	58,29
Age	169,13	174,25	178,27	182,39	186,17	192,30	195,58
Growth rate	443	496	529	567	608	637	681
Estonian Large White boars							
n	12	292	756	585	198	44	8
X1	11,17	12,57	12,66	12,73	13,22	12,77	13,38
X2	46,75	47,85	49,51	52,05	54,29	56,32	57,50
X3	11,67	12,85	12,90	12,96	13,22	12,77	13,63
Y	61,39	60,50	60,68	60,99	61,02	61,67	61,20
Age	163,08	170,50	173,35	175,29	181,05	184,68	193,63
Growth rate	470	505	541	591	627	662	682
EL♂x ELW♀ sows							
n	10	343	984	986	461	143	41
X1	11,20	13,55	13,54	14,31	15,49	16,59	18,17
X2	48,10	50,17	51,93	53,26	54,45	55,17	54,88
X3	10,80	13,59	13,85	14,49	15,64	16,67	17,76
Y	62,05	60,15	60,25	59,87	59,08	58,30	57,22
Age	171,60	168,78	175,26	180,53	184,83	188,56	193,27
Growth rate	438	513	541	575	614	653	685
ELW♂ x EL♀ sows							
n	2	86	320	699	439	93	18
X1	11,50	12,69	12,90	13,04	13,17	14,10	15,17
X2	43,00	47,77	50,92	50,91	52,47	55,55	51,78
X3	11,50	12,81	13,07	13,25	13,31	13,82	14,83
Y	60,87	60,48	60,72	60,58	60,73	60,62	59,23
Age	166,50	170,49	173,92	185,32	194,10	193,46	200,56
Growth rate	463	507	548	567	588	639	658

Table 3.

Breed and sex effect on meatiness traits of different weight scale of "colour" pigs

Traits	Weight group						
	...79	80...89	90...99	100...109	110...119	120...129	130...139
Hampshire sows							
n		14	17	19	11	-	-
X1	-	11,36	12,41	13,63	13,91	-	-
X2	-	49,21	55,12	54,68	58,73	-	-
X3	-	11,64	12,12	13,53	13,91	-	-
Y	-	61,70	61,97	60,79	61,07	-	-
Age	-	175,86	180,88	185,21	180,45	-	-
Growth rate	-	495	524	561	629	-	-
Hampshire boars							
n	-	5	9	3	3	2	-
X1	-	9,60	12,33	11,33	12,67	14,50	-
X2	-	50,60	50,33	55,67	55,00	56,50	-
X3	-	9,00	11,44	10,67	12,33	16,00	-
Y	-	63,84	61,69	63,14	61,76	59,44	-
Age	-	171,60	169,00	166,00	180,33	185,50	-
Growth rate	-	509	559	619	617	674	-
Pietrain♂ x H♀ boars							
n	-	12	22	18	6	2	-
X1	-	9,00	10,64	11,72	10,50	12,00	-
X2	-	52,83	53,36	56,17	57,17	56,00	-
X3	-	10,83	11,32	11,44	11,83	14,50	-
Y	-	63,31	62,66	62,68	62,95	60,90	-
Age	-	172,25	173,05	171,17	177,33	191,50	-
Growth rate	-	497	542	599	629	640	-

for Animal production, Commission on Pig Production, Session 4.6, Zürich, Switzerland. 4 pp.

SAS. 1991. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., GARY, NC. 305 pp.

Webster, A. J. F., 1985. Differences in the energetic efficiency of animal growth. In Current concepts of animal growth, Volume 1. Journal of Animal Science 61 (Suppl.2): 92...103.

Wood, J.D. and Cameron, N.D., 1994. Genetics of quality in pigs. Proc. of the 5th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Session 27, Guelph, Canada, 458...464.

Acknowledgment: **Estonian Animal Recording Centre**

VIII. FACTORS AFFECTING PERFORMANCE OF GILTS

FACTORS AFFECTING PERFORMANCE OF GILTS

A. Tänavots. Estonian Agricultural University, Institute of Animal Science, 51014 Tartu, Estonia. alo@eau.ee

Introduction

The number of piglets in litter is an important trait to achieve economic success. Different breeds vary by litter size; breeders must carefully select breeds to realize heterosis. To select breeding gilts, it is important to consider all information a breeder has because the characteristic data about gilts are limited.

The aim of the research was to analyse different factors affecting the litter size of gilts.

Material and Methods

2389 gilts were raised in 41 farms over Estonia at 1998 to 2003. The gilts average litter size at birth was 10.45 piglets and length of pregnancy 115.78 days. The gilts were inseminated at 180 to 290 days of age. Paterson (1989) recommended management strategy, by witch gilts are mated at about 200 days of age with a body weight of >100 kg.

Table 1. Characterization of the analyzed dataset (n = 2389)

Traits	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.
Piglets born alive, no.	10.45	1.83	5.00	14.00
Mating age, days	233.62	23.79	180.00	290.00
Gestation length, days	115.78	1.69	110.00	122.00
Live weight at test, kg	100.55	8.95	85.00	125.00
Gilt X1, mm	13.36	2.48	7.00	20.00
Gilt X2, mm	52.92	5.25	39.00	69.00
Gilt X3, mm	13.45	2.28	7.00	21.00
Gilt Y, %	60.66	2.09	54.08	68.24

Dataset was obtained from of Animal Recording Centre and included breed, sex, birth and testing date, weight, backfat thickness, area of loin eye and lean meat percentage, insemination and fertility data on gilts and their parents which was collected by PC program DB-Planer.

Gestation length was divided into three classes - 110…114, 115…117 and 118…122 days.

Meat traits were measured by ultrasonic equipment Piglog 105. Meat traits recorded were: backfat thickness at last (X1) and 11...12th (X3) rib, 7 cm from midline (mm), and diameter of loin eye (X2), 7 cm from midline (mm). Lean meat percentage (Y) was calculated using the formula (Piglog 105, 1991).

Calculating the effect of breed combination and gestation length on litter size of gilts, the following general linear model (GLM) was used (SAS, 1991):

$$\mathbf{Y_{ijkem}=\mu+T_i+M_j+K_k+S_e+A_m+P_n+e_{ijkem},}$$

Y= dependent variable;
μ = general mean;
T_i = breed combination (n=1...5);
M_j = insemination year (n=1...6);
K_k = insemination season (n=1...4);
S_e = gestation length classes (n=1...3);
e_{ijkem} = random residual effect

Calculating the effect of insemination traits and gilt breed on gestation length, the following GLM model was used:

$$\mathbf{Y_{ijkem}=\mu+T_i+M_j+K_k+S_e+A_m+P_n+e_{ijkem},}$$

Y= dependent variable;
μ = general mean;
T_i = gilt breed (n=1...3);
M_j = insemination year (n=1...6);
K_k = insemination season (n=1...4);
S_e = insemination method (n=1...2);
e_{ijkem} = random residual effect

Calculating the effect of breed and technician on meat traits of live gilts, the following GLM model was used:

$$\mathbf{Y_{ijklemn}=\mu+T_i+M_j+K_k+S_e+A_m+P_n+e_{ijklemn},}$$

Y= dependent variable;
μ = general mean;
T_i = gilt breed (n=1...3);
M_j = technician (n=1...7);
K_k = test year (n=1...6);
S_e = test season (n=1...4);
F_l = farm (1...41);
W_m = weight at test;
$e_{ijklemn}$ = random residual effect

The results are given as least-square means (Parring *et al.*, 1997). Level of significances expressed conventionally: *** - P<0.001, ** - P<0.01, * - P<0.05, # - P<0.1. a, b, c … – least square, within each effect with one letter in common do not differ significantly.

Results and Discussion

Usually farmers feed gilts intensively to prepare them for lactation period. According to the results, this could slightly decrease the litter size on the first parity as backfat thickness and number of live piglets in litter are negatively correlated (Table 2). Rozeboom's (1996) results agreed with these results, where body composition at first mating did not affect litter size of primiparous sows. As expected, meat traits were significantly correlated. Gilts with thin backfat had somewhat larger loin eye. Cleveland (1988) concluded, that selection for lean growth should have little effect on litter size, but may have beneficial effect on carcass traits.

Table 2. Phenotypic correlations between meat and fertility traits

Traits	Gilt Y	Gilt X3	Gilt X2	Gilt X1
Piglets born alive	0.041*	-0.036#	-0.005	-0.064**
Gilt X1	-0.827***	0.725***	-0.165***	
Gilt X2	0.511**	-0.172***		
Gilt X3	-0.904***			

Due to heterosis effect, achieved through crossbreeding, significantly larger litters were found on EL and ELW gilts crossed with white boars (Tabe 3). Number of piglets in purebred litters of EL and ELW gilts was about same – 10.43 and 10.36 respectively. Significantly smaller litters were found in purebred P gilts.

Gestation length does not affect litter size significantly, although somewhat larger litters were found on gestation length 115...117 days.

Gestation length was highly influenced by insemination method, being longer in artificial insemination (Table 4). Significant breed effect was calculated on gestation length as well. Pietran gilts had shorter gestation period (115.03 days) than white breeds, whose gestation was shorter in Estonian Landrace breed (115.66 days). Gilts, inseminated in fall, had much longer gestation, than those inseminated in other seasons and shortest gestation was found in spring and summer.

Table 3. Effect of breed combination and gestation length on litter size of gilts

Traits	n	piglets born alive, no.
Piglets breed		
EL	656	10.43a
ELW	1150	10.36a
P	39	8.99c
EL♀ x ELW♂	404	10.69b
ELW♀ x EL♂	140	10.76b
Gestation length, days		
110…114	511	10.19a
115…117	1538	10.32a
118…122	340	10.22a

Table 4. Effect of insemination traits and gilt breed on gestation length

Traits	n	Gestation length, days
Insemination method		
Artificial	560	115.94a
Natural	1829	115.22b
Gilt breed		
EL	797	115.66a
ELW	1553	116.04b
P	39	115.03c
Insemination season		
Winter	699	115.62a
Spring	671	115.34b
Summer	487	115.47ab
Fall	532	115.89c
Insemination year		
1998	67	114.82a
1999	474	115.41b
2000	559	115.65c
2001	618	115.69cd
2002	548	115.87de
2003	123	116.03e

Gestation length increased from 114.82 days in 1998 to 116.03 days in 2003. One reason for this could be wider use of artificial insemination of pigs.

Pietran and Estonian Landrace gilts, whose lean meat percentage was over 6% had superior meat quality (Table 5).

Table 5. Breed effect on meat traits of gilts

Traits	Gilt breed		
	EL	ELW	Pi
n	797	1553	39
X1, mm	13.36a	13.83b	13.85a
X2, mm	50.70a	50.16a	56.81b
X3, mm	13.16a	14.02b	13.51ab
Y, %	60.51a	59.83b	61.04a

Landrace pigs had thinner fat, but showed modest results in diameter of loin eye, compared with Pietrain gilts who were a little fatter, but with large loin eye. The worst results were shown by Estonian Large white breed. Superiority of Landrace breed was found also by Tummaruk *et al.* (2000).

Lean meat percentage, measured by different technicians, differed about 4% (Table 6).

Table 6. Technician effect on meat traits of gilts

Traits	Technician						
	A	B	C	D	E	F	G
n	776	488	373	582	143	18	9
X1, mm	13.66abc	12.02ac	15.49bd	13.34ab	14.10cd	11.88ac	15.25abc
X2, mm	55.03a	53.57ac	50.99ad	55.29a	53.88bcd	48.32bd	50.82bcd
X3, mm	13.74abc	11.40ac	16.05b	13.63abc	13.85ab	11.19c	15.10b
Y,%	60.71a	62.26a	58.36b	60.90a	60.37ab	61.67ac	58.93bc

Technician F measured the thinnest backfat and the smallest diameter of loin eye. Fatter were the gilts with technician C and loin eye was larger with technicians A and D.

Conclusions

Meat traits (backfat thickness and diameter of loin eye) do not affect litter size of gilts and they are not closely related to each other.

Large difference between white and colour breeds on litter size, whereas crossing white breeds give larger litters in the first parity.

Insemination method and gilt breed affect gestation length highly. Gestation length increases year by year.

Differences between colour meat type breeds and white breeds will decrease.

Acknowledgements

The authors acknowledge to the Animal Recording Center and the Target Project (0422102s02).

References

Cleveland, E.R., Johnson, R.K., Cunningham, P.J. 1988. Correlated response of carcass and reproductive traits to selection for rate of lean growth in swine. J. of Animal Sci. 66 (6):1371...1377.

Piglog 105. 1991. Piglog 105 User's Guide. Soborg, Denmark: SFK - Technology, 14 pp

Rozebom, D.W., Pettigrew, J.E., Moser, R.L., Cornelius, S.G., El-Kandelgy, S.M. 1996. Influence of gilt age and body composition at irst breeding on sow reproductive performance and longevity. J. of Animal Sci. 74(1):138...150

Paterson, A.M. 1989. Age at mating and productivity of gilts. Manipulating pig production II. Proceedings of the Biennial Conference of the Australasian Pig Science Association, Albury, NSW on November 27-29, 1989. 310...314

SAS. 1991. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., GARY, NC. 305 pp.

Tummaruk, P., Lundeheim, N., Einarsson, S., Dalin, A.M. 2000. Factors influencing age at first mating in purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire gilts. Animal Reproducton Science. 63 (3/4):241...253.